UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Estimación de caudales mensuales de la subcuenca Charanal a través de modelos hidrológicos

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Oscar Augusto Gamero Correa
Diego Ernesto Sipion Barrientos

Asesor(es):
Dra. Ing. Adriadna del Socorro Chávez Jiménez

Piura, agosto de 2022

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Agradecemos principalmente a Dios por permitirnos dar un paso más hacia el ámbito profesional.
A nuestros padres por darnos ese apoyo incondicional durante el desarrollo del trabajo de investigación.
A nuestra asesora por la dedicación, confianza, paciencia, experiencia y el valioso tiempo brindado.

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Resumen

La limitación y escasez de información hidrométrica es un problema frecuente que se presenta al momento gestionar el recurso hídrico de una zona. Conocer esta información, nos permitirá cubrir las necesidades ingenieriles que surjan en zona de estudio; esto ha incentivado a muchos profesionales a desarrollar diferentes modelos hidrológicos que a partir de la precipitación nos permita generar información hidrométrica sintética. En el caso la subcuenca Charanal, es importante conocer su aporte hídrico para la ejecución de diferentes obras hidráulicas en beneficio de la población aledaña.

La presente investigación se centra en la generación de caudales mensuales de la subcuenca Charanal mediante el uso de modelos lluvia-escorrentía, para ello se identificó y recopiló la información (meteorológica, hidrológica y fisiográfica) de la subcuenca que requiere cada modelo. Ingresada la información, se calibran los parámetros de cada modelo generando series de caudales, las cuales estarán sujetas a una validación para corroborar el correcto funcionamiento.

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Tabla de contenido

Introducción **17**

Capítulo 1 Generalidades **19**

1.1 Antecedentes 19

1.2 Justificación 20

1.3 Objetivos 21

1.3.1 Objetivos generales 21

1.3.2 Objetivos específicos 21

Capítulo 2 Marco Teórico **23**

2.1 Cuencas hidrográficas 23

2.1.1 Definición 23

2.1.2 Delimitación de la cuenca 23

2.1.3 Parámetros fisiográficos 26

2.1.3.2 Parámetros asociados a la forma de la cuenca 27

2.1.3.3 Parámetros asociados al relieve de la cuenca 29

2.1.3.4 Parámetros asociados a la red de drenaje de la cuenca 32

2.2 Elementos climatológicos 34

2.2.1 Precipitación 34

2.2.2 Temperatura 35

2.2.3 Humedad relativa 35

2.2.4 Viento 35

2.2.5 Evaporación 36

2.2.6 Evapotranspiración 36

2.2.7 Nubosidad 38

2.3 Relleno de datos faltantes 38

2.3.1 Método del U.S. National Weather Service 38

2.3.2 Método del promedio aritmético 38

2.3.3 Método razón de valores normales 39

2.3.4 Método de la regresión lineal 39

2.4 Análisis de consistencia 39
2.4.1 Curva doble acumulada (CDA) 40
2.5 Métodos para la obtención de valores medios 41
2.5.1 La media aritmética 41
2.5.2 Polígono de Thiessen 41
2.5.3 Metodo de la isoyetas 42
2.5.4 Método Kriging 43
2.6 Producto PISCO 43
Capítulo 3 Modelación hidrológica 47
3.1 Definición y fundamento teórico 47
3.2 Clasificación de los modelos hidrológicos 47
3.3 Modelos hidrológicos a escala mensual 51
3.3.1 Modelo Lutz Scholz 51
3.3.2 Modelo GR2m 60
3.3.3 Modelo Temez 64
3.3.4 Modelo abc 69
3.4 Metodología para el uso de los modelos hidrológicos 71
3.5 Calibración y validación de los modelos hidrológicos 72
3.5.1 Eficiencia de Nash y Sutcliffe (NSE) 72
3.5.2 Raíz del error cuadrático medio (RMSE) 73
3.5.3 Desviación estándar de las observaciones (RSR) 73
3.5.4 Coeficiente de determinación (R^2) 74
Capítulo 4 Descripción de la subcuenca Charanal 75
4.1 Ubicación Geográfica 75
4.2 Características de la zona 76
4.2.1 Topografía 76
4.2.2 Demografía 78
4.2.3 Clima 80
4.2.4 Economía 80
4.3 Uso actual de la tierra 81
4.3.1 Zona para uso agrícola 81
4.3.2 Zona de forestación y vegetación 82
4.4 Peligros de la zona 84

Capítulo 5 Análisis de parámetros de la subcuenca Charanal 85
5.1 Resultados de parámetros fisiográficos 85
5.2. Análisis de los parámetros hidrométricos 92
5.3. Análisis de parámetros meteorológicos 94
5.3.1 Recopilación de datos 95
5.3.2 Procesamiento de información 96
5.3.3 Determinación de los valores medios 98
Capítulo 6 Generación de caudales mensuales mediante los modelos hidrológicos 107
6.1. Modelo Lutz Scholz 108
6.1.1. Calibración 108
6.1.2. Validación 114
6.2. Modelo GR2m 115
6.2.1. Calibración 115
6.2.2. Validación 116
6.3. Modelo Témez 117
6.3.1. Calibración 117
6.3.2. Validación 118
6.4. Modelo ABC 118
6.4.1. Calibración 118
6.4.2. Validación 119
Capítulo 7 Análisis de resultados de los modelos hidrológicos 121
7.1 Calibración y validación de modelos hidrológicos 121
7.1.1 Modelo Lutz Scholz 121
7.1.2 Modelo GR2m 123
7.1.3 Modelo Témez 125
7.1.4. Modelo ABC 127
7.2 Medidas de bondad de ajuste 131
7.3 Determinación de caudales mensuales para la subcuenca Charanal 132
Conclusiones 135
Recomendaciones 137
Referencias bibliográficas 139
Apéndice 145
Apéndice A. Análisis de información Climatológica 147

Apéndice B. Consistencia de datos 206
Apéndice C. Evapotranspiración Thornthwaite 357
Apéndice D. Caudales mensuales de la subcuenca Charanal 365

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de la cuenca según su superficie 26
Tabla 2. Clasificación de la cuenca de acuerdo a su factor de forma 28
Tabla 3. Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad 28
Tabla 4. Elementos climatológicos 34
Tabla 5. Juego de coeficientes para el polinomio 54
Tabla 6. Límite superior para la PE 54
Tabla 7. Coeficientes de agotamiento 56
Tabla 8. Coeficientes de abastecimiento (%) 58
Tabla 9. Rango de valores para los parámetros del modelo Témez 68
Tabla 10. Niveles de ajuste estadístico - NSE 73
Tabla 11. Niveles de ajuste estadístico - RSR 73
Tabla 12. Niveles de ajuste estadístico - R y R^2 74
Tabla 13. Clases de pendientes 76
Tabla 14. Piura: Población censada, según provincia, 2017 78
Tabla 15. Provincia de Morropón y Ayabaca: Población censada y tasa de crecimiento anual, según distritos, 2017 79
Tabla 16. Áreas de los distritos que forman parte de la subcuenca Charanal 79
Tabla 17. Características fisiográficas de la subcuenca Charanal 86
Tabla 18. Longitud de curvas de nivel entre las cotas de 200 y 3000 m.s.n.m. 87
Tabla 19. Distribución altimétrica de la subcuenca del río Charanal 90
Tabla 20. Caudales mensuales aforados de la estación hidrométrica San Pedro (1981-1992) 94
Tabla 21. Estaciones meteorológicas consideradas para la subcuenca Charanal 95
Tabla 22. Relleno de información de precipitación mensual (mm) para la H. Bigote 97
Tabla 23. Precipitación media de la subcuenca San Pedro 1981-2020 100
Tabla 24. Temperatura media mínima de la subcuenca San Pedro 1981-2020 101

Tabla 25. Temperatura media máxima de la subcuenca San Pedro 1981-2020..... 103
Tabla 26. Temperatura media de la subcuenca San Pedro 1981-2020 104
Tabla 27. Valores de ETo (mm/mes) por el método de Thronthwaite 105
Tabla 28. Aportación para un año promedio 108
Tabla 29. Precipitación Efectiva mediante la formulación de la FAO en mm/mes 109
Tabla 30. Determinación de la retención mensual (mm/mes) 111
Tabla 31. Determinación de los coeficientes de abastecimiento 111
Tabla 32. Determinación relación de descarga del mes actual y del mes anterior 111
Tabla 33. Variables dependientes (Y), independientes (X1 y X2) 112
Tabla 34. Números aleatorios 113
Tabla 35. Caudales mensuales generados - Calibración – Lutz Scholz (m^3/s)..... 114
Tabla 36. Caudales mensuales generados - Validación (m^3/s) 115
Tabla 37. Variables de entrada al modelo GR2m para la calibración 115
Tabla 38. Valores optimizados de la calibración GR2m 115
Tabla 39. Caudales mensuales generados - Calibración – GR2m (m^3/s)..... 116
Tabla 40. Variables de entrada al modelo GR2m para la validación 116
Tabla 41. Caudales mensuales generados - Validación – GR2m (m^3/s)..... 117
Tabla 42. Parámetros del modelo Témez calibrados 117
Tabla 43. Caudales mensuales generados - Calibración – Témez (m^3/s)..... 118
Tabla 44. Caudales mensuales generados – Validación - Témez(m^3/s)..... 118
Tabla 45. Parámetros del modelo ABC calibrados 119
Tabla 46. Caudales mensuales generados - Calibración – Témez (m^3/s)..... 119
Tabla 47. Caudales mensuales generados - Validación – ABC (m^3/s) 120
Tabla 48. Resultado de las medidas de bondad de ajuste – calibracion 131
Tabla 49. Resultado de las medidas de bondad de ajuste – validación..... 131

Lista de figuras

Figura 1. Capa ráster del MDE-Alos Palsar 24
Figura 2. Dirección de drenaje de la subcuenca 25
Figura 3. Capa ráster de la delimitación de la subcuenca Charanal 25
Figura 4. Longitud del cauce principal 27
Figura 5. Características de las curvas hipsométricas 30
Figura 6. Método de pendientes compensadas 32
Figura 7. Orden de las corrientes de una cuenca 32
Figura 8. Trazado de polígono de Thiessen 42
Figura 9. Red de estaciones nacionales utilizadas para la elaboración de PISCOp con porcentajes de datos por estación considerando el período 1981-2016. 45
Figura 10. Distribución espacial de estaciones de Tmax y Tmin disponibles (684, anaranjado) y usadas (178, negro) para la construcción de PISCOt v1. 1. 46
Figura 11. Ejemplificación grafica de los modelos determinísticos (A) Modelos Agregados y (B) Modelos Distribuidos 49
Figura 12. Clasificación de modelos hidrológicos abstractos según la aleatoriedad, espacio y tiempo 50
Figura 13. Estructuración del modelo hidrológico GR2m 61
Figura 14. Esquema del modelo Temez 65
Figura 15. Ubicación geográfica de la subcuenca Charanal 75
Figura 16. Rango de elevaciones de la subcuenca Charanal 77
Figura 17. Distribución del uso del suelo subcuenca Charanal 83
Figura 18. Cauce principal de la subcuenca Charanal 87
Figura 19. Orden de corrientes de la subcuenca Charanal 89
Figura 20. Curva hipsométrica de la subcuenca Charanal 91
Figura 21. Distribución altimétrica de la subcuenca Charanal (km^2) 91
Figura 22. Histograma de frecuencias altimétricas 92

Figura 23. Ubicación geográfica de la subcuenca de recepción San Pedro 93

Figura 24. Pluviograma promedio mensual entre las precipitaciones de Charanal y San Pedro 94

Figura 25. Estaciones meteorológicas 95

Figura 26. Regresión lineal para el relleno de datos faltantes de precipitación mensual (mm) - Estación H. Bigote 96

Figura 27. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Enero – Zona Baja 98

Figura 28. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregido– Enero–Zona Baja 98

Figura 29. Procesamiento para la obtención de valores medios de precipitación en el software Hydraccess para la subcuenca San Pedro. 99

Figura 30. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de calibración Lutz Scholz 121

Figura 31. Línea de tendencia caudal generado vs observado proceso de calibración Lutz Scholz 122

Figura 32. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de validación Lutz Scholz 122

Figura 33. Línea de tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de validación Lutz Scholz 123

Figura 34. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de calibración GR2m 123

Figura 35. Línea de tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de calibración GR2m 124

Figura 36. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de validación GR2m 124

Figura 37. Línea de tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de validación GR2m 125

Figura 38. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de calibración Témez 126

Figura 39. Línea de tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de calibración Témez 126

Figura 40. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de validación Témez 127

Figura 41. Línea tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de validación Temez 127

Figura 42. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de calibración ABC.. 128

Figura 43. Línea de tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de calibración ABC 128

Figura 44. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de validación ABC ... 129

Figura 45. Línea tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de validación ABC ... 129

Figura 46. Hidrograma promedio mensual entre caudal observado y generado por los modelos- Calibración ... 130

Figura 47. Hidrograma promedio mensual entre caudal observado y generado por los modelos- Validación ... 131

Figura 48. Curva de persistencia de los caudales generados por los modelos hidrológicos 133

Figura 49. Comportamiento de los caudales mensuales del modelo GR2m para cuenta de recepción y subcuenca Charanal 1981 – 2020 ... 134

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Introducción

Los modelos hidrológicos se presentan como una herramienta necesaria para simular y entender la variedad de procesos y mecanismos físicos que engloba el ciclo hidrológico, a fin de poder realizar pronósticos confiables que sirvan como base para gestionar la demanda del recurso hídrico y plantear soluciones de ingeniería que atiendan problemas determinados.

En esta tesis nos centraremos en un tipo específico de esos modelos, los denominados modelos conceptuales de balance hídrico o de lluvia-escorrentía, que simulan de forma agregada la respuesta hidrológica de una cuenca -sus caudales generados- a partir de las precipitaciones producidas (Cabezas, 2016). Estos modelos al ser multiparamétricos presentaran una alta interdependencia paramétrica, esto quiere decir que el comportamiento de los parámetros es conjunto, y además al ser la hidrología una ciencia sujeta a un alto grado de incertidumbre los resultados que se estimaran estarán condicionados a la falta de fuentes de información, mediciones deficientes, aleatoriedad climatológica, intervención humana y muchos otros factores más. Estas condiciones hacen que la simulación sea inherente a la realización de pruebas de calibración y validación que comprueben las hipótesis iniciales sobre el comportamiento determinado de un entorno físico.

Circunscribiéndonos a la realidad peruana, donde la red de información hidrometeorológica es insuficiente y aún se encuentra en proceso de desarrollo, principalmente en las cuencas alto-andinas, es de carácter importante incidir en el uso de modelos hidrológicos simplificados de pocas variables y adecuarlos a estos escenarios (Cruz & Romero, 2018).

Por tal motivo se realizó la modelación en la cuenca del río Charanal, donde se seleccionó y analizó información pluviométrica e hidrométrica, para la cual se recurrió a estaciones hidrometereológicas ubicadas dentro y cerca de la cuenca de estudio, de tal manera que permita la determinación de los parámetros climatológicos de entrada que servirán para simulación de los modelos y por ende la estimación de los caudales mensuales de la cuenca

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Capítulo 1

Generalidades

1.1 Antecedentes

En esta investigación se plantea el requerimiento del cálculo de caudales mensuales en la subcuenca Charanal, la cual se encuentra ubicada en la provincia de Morropón, distrito de Chulucanas. Este estudio tiene en cuenta información fisiográfica (forma de la cuenca, área, vegetación) y meteorológica (temperatura, velocidad del viento, etc.) en base a estos parámetros se simularán diferentes modelos hidrológicos lluvia-escorrentía.

Con el pasar del tiempo se han presentado y perfeccionado estudios de aplicación usando los modelos hidrológicos en diferentes cuencas y subcuencas, con la intención de generar información que algunas veces es escasa.

Buguña (2019) pone en evidencia el uso de diferentes modelos hidrológicos lluvia-escorrentía, con la finalidad de establecer comparativas de resultados y así determinar qué modelo se ajusta mejor a las características de la subcuenca. Dentro del estudio el autor empleo 4 modelos hidrográficos (Lutz Scholz, abc, GR2m y Temez) de cuales GR2m fue el modelo cuyos datos presentaron un buen índice de eficiencia.

Rodriguez C. y Rodriguez V. (2020) quienes realizaron la comparativa entre dos modelos hidrológicos para la estimación de caudales medios, siendo el primer modelo GR2M de escala mensual y el segundo GR4J de escala diaria. Dentro del estudio los autores señalan que el modelo GR2M cuando presenta casos de altas precipitaciones se sobre simula los caudales. Además, al utilizar los parámetros de las variables de calibración el coeficiente de NASH disminuye considerablemente de 0.51 a 0.19 impidiendo llegar a simular los picos de la precipitación. Por otro lado, el GR4J presenta el mismo caso del modelo GR2M. Al momento de realizar la validación el coeficiente de NASH disminuye de 0.52 hasta 0.16. Los autores recomiendan que, si bien ambos modelos podrían lograr una buena calibración y llegar a representar las condiciones hidrológicas de la cuenca Subachoque, sería pertinente realizar estudios aplicando diferentes modelos hidrológicos a los ya evaluados con el fin de encontrar el que me ajuste al comportamiento del estudio de la cuenca.

En este sentido, para el uso de los modelos hidrológicos y la estimación de caudales, se necesita información estadística histórica de evapotranspiración, niveles de escorrentía superficial, precipitaciones y crecientes de la subcuenca, dichas variables que usualmente se ven en la práctica de estos métodos hidrológicos que tienen gran relevancia para las evaluaciones asociadas con la disponibilidad y diseño hidrológico de embalses para abastecimiento.

1.2 Justificación

Hoy en día, se ve la necesidad de realizar estudios hidrológicos año tras año en las cuencas altas de la sierra del Perú con el fin de obtener una base de datos que subsane la carencia de estaciones hidrométricas, deficiencia de las redes de estaciones meteorológicas y la dificultad con los trabajos de observación, monitoreo y toma de datos Esta carencia complica la gestión adecuada de los recursos hídricos en las subcuencas y microcuencas, es por ello que con el fin de hacer frente a esta situación desventajosa se han formulado modelos hidrológicos que simulan los fenómenos que ocurren en la realidad. Algunos de estos modelos hidrológicos no pueden reproducir todos los procesos que ocurren en la naturaleza debido a un alto grado de incertidumbre por la gran cantidad de variables y manejo de información que presentan (Cruz & Romero, 2018).

Piura se ha visto afectada en los últimos años por anomalías climáticas extraordinarias, como el FEN y el Niño Costero que se han manifestado con una mayor frecuencia. El 27 de marzo del 2017 a causa del Niño Costero, el río Piura registró un caudal máximo de 3,800 m^3/s (INDECI,2017), dejando como resultado una serie de inundaciones y desbordes dentro de la región. Este incremento de caudal se debe a las frecuentes precipitaciones que se produjeron en la cuenca alta del río Piura, las cuales son captadas por subcuencas y a través de escorrentía derivan hacia el río Piura. Este fenómeno afecto de manera considerable a la población (viviendas, agricultura) debido a la activación de quebradas secas que ocasionaron desbordes, arrastre de sedimentos que provocaron la colmatación de los ríos y la perdida de herramientas de medición ubicadas en puntos específicos, impidiendo recopilación de datos (Diario RPP,2017).

El informe realizado por ANA (2014), menciona que la cuenca del río Piura cuenta con 9 subcuencas tributarias ubicados en la margen derecha de la cuenca del río Piura siendo: Chignia, Huarmaca, Pata–Pusmalca, Bigote, Corral del Medio, La Gallega, Charanal, Yapatera, San Francisco- Carneros, las cuales son los mayores aportantes hídricos. Dentro de las subcuencas mencionadas, se ha seleccionado como caso de estudio la subcuenca Charanal para la estimación de sus caudales mensuales, debido a la limitada información que en la actualidad posee, se optara por usar diversos modelos hidrológicos con la finalidad de estimar los caudales mensuales y de esta manera poder abordar proyectos ingenieriles en la zona.

1.3 Objetivos

A raíz de la falta de datos en la zona de estudio, se tiene como objetivo principal determinar los caudales mensuales de la subcuenca río Charanal a partir de diversos modelos hidrológicos de precipitación-escorrentía, eligiendo al final del análisis el que más ajuste el estudio, con la finalidad de adicionar información que sirva como beneficio para las gestiones hídricas.

1.3.1 Objetivos generales

Estimación de caudales a escala mensual dentro de la cuenca del río Charanal, haciendo uso de diferentes modelos hidrológicos lluvia-escorrentía.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisiográficos usando como herramienta de apoyo el software qGIS versión 3.22.6.
- Seleccionar los registros meteorológicos que comprende la subcuenca Charanal y que permitan su caracterización climática.
- Plantear posibles modelos hidrológicos que guarden relación con las variables que disponga la zona de estudio (precipitación, temperatura, etc.).
- Realizar una comparación detallada de cada modelo hidrológico y determinar a través del grado de confiabilidad y aceptación cuál de ellos es el que mejor se ajusta.

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1 Cuencas hidrográficas

2.1.1 Definición

Parra (2009) define una cuenca es una superficie natural captadora de toda el agua producida por el escurrimiento de lluvia, deshielo, acuíferos, etc. Se forma a partir de unir puntos superficiales en dirección del flujo por un sistema de corriente hasta el punto de descarga más bajo o de salida única (que usualmente sería un río, lago o un océano). Estas son delimitadas por una línea divisoria de agua. La extensión de la cuenca hidrográfica es independiente de las fronteras políticas y administrativas internas de un país o de fronteras internacionales (Aguirre, 2011).

2.1.2 Delimitación de la cuenca

2.1.2.1 Delimitación manual. Aguirre et al. (2003) menciona que para la delimitación manual se tiene en cuenta reglas prácticas para llevar a cabo una buena elaboración del trazado, el bosquejo elaborado se realiza de la siguiente manera:

1. Reconocer el sentido de flujo y la red de drenaje en el esbozo muy general.
2. A partir de las curvas de nivel verificar que la divisoria debe cortar perpendicularmente a estas, pasando estrictamente por las cotas de mayor nivel topográfico.
3. A medida que la divisoria sigue el rumbo aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel en su parte convexa.
4. De la misma manera cuando el rumbo de la divisoria decrezca cortara a las curvas de nivel en su parte cóncava.
5. Finalmente, la divisoria nunca pasara por una quebrada o río, ya sea visible o no en el mapa, a excepción en el punto de salida.

2.1.2.2 Delimitación digital. Para delimitar una cuenca hidrográfica de forma precisa se ha hecho uso del software libre qGIS versión 3.22.6, el cual permite la visualización, edición, análisis de datos ráster y vectoriales a partir de modelos digitales de elevación (MED). Se debe tener en cuenta que para un buen entendimiento y desarrollo del software es necesario disponer de conocimientos básicos en la rama de hidrología.

Para delimitar la cuenca se describe a continuación una serie de pasos:

- Paso 1.- Abrir qGIS e importar la capa ráster del MED, para el caso de estudio se utilizará un MED Alos Palsar de código "AP_10547_FBS_F7080_RT1". Fue elaborado por la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA) la cual recogió información detallada de la superficie de la tierra entre el periodo del 2006 a 2011. Dentro de la página web https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#, se eligió aquel MED que englobe la región de interés como se muestra en la Figura 1.
- Paso 2. Definir el sistema de proyección que se quiere trabajar y corregir la capa ráster con la herramienta relleno de datos.

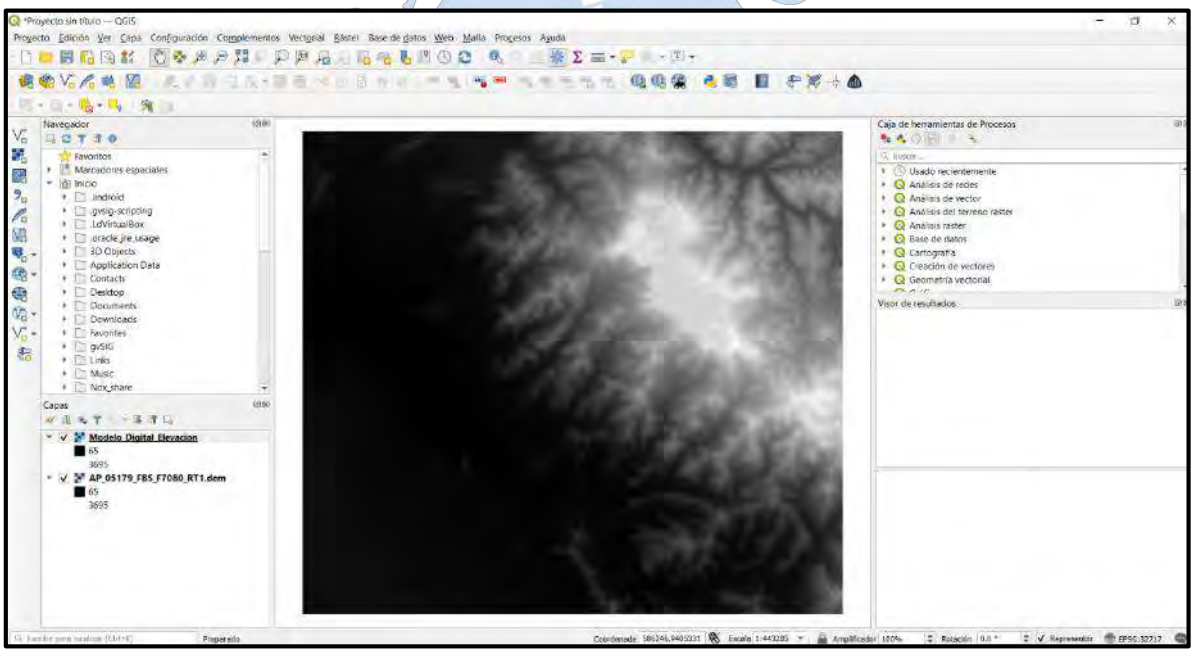


Figura 1. Capa ráster del MDE-Alos Palsar

Fuente: Elaboración propia

- Paso 3. En caja de herramientas utilizar la función "*r.watershed*" , colocar como capa de entrada el modelo ráster corregido y habilitar solo las opciones de dirección drenaje y segmentos de trasmisión. Tal como se aprecia en la Figura 2.

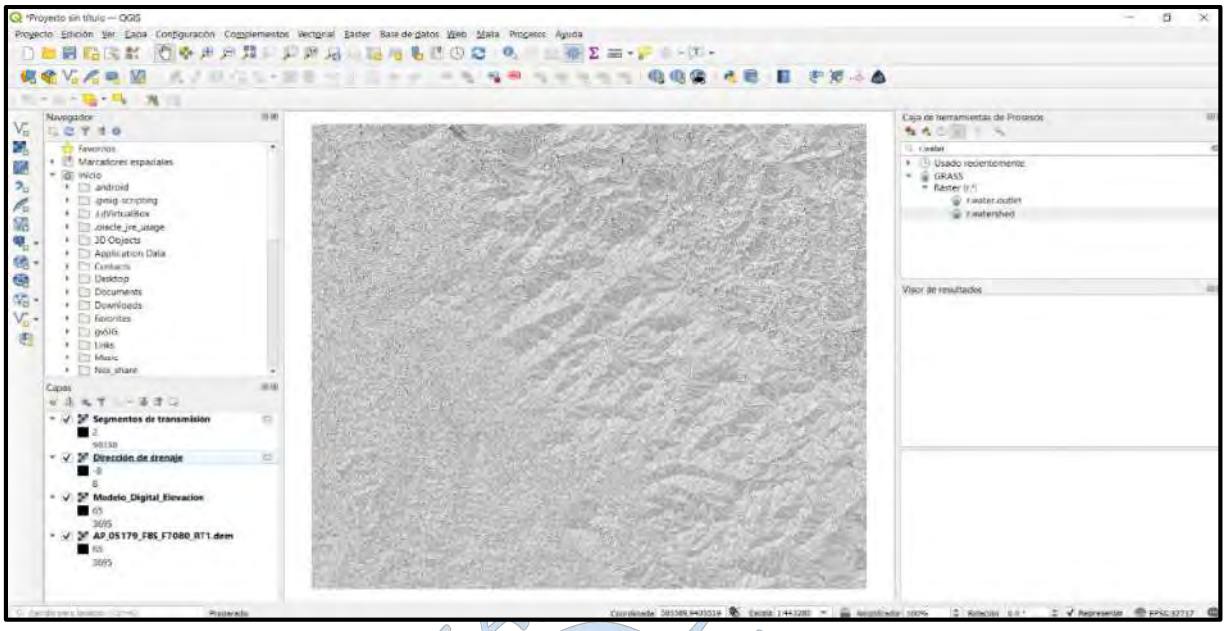


Figura 2. Dirección de drenaje de la subcuenca

Fuente: Elaboración propia

- Paso 4. Utilizar la herramienta "*Coordinate Capture*" para ubicar el punto de desembocadura de la cuenca, posterior a ello seleccionar la herramienta "*r.water.outlet*" en la cual se ingresa como capa de entrada Dirección de drenaje calculada en el paso anterior e importar las coordenadas elegidas como punto de salida para obtener la delimitación de la cuenca en capa ráster en la Figura 3.

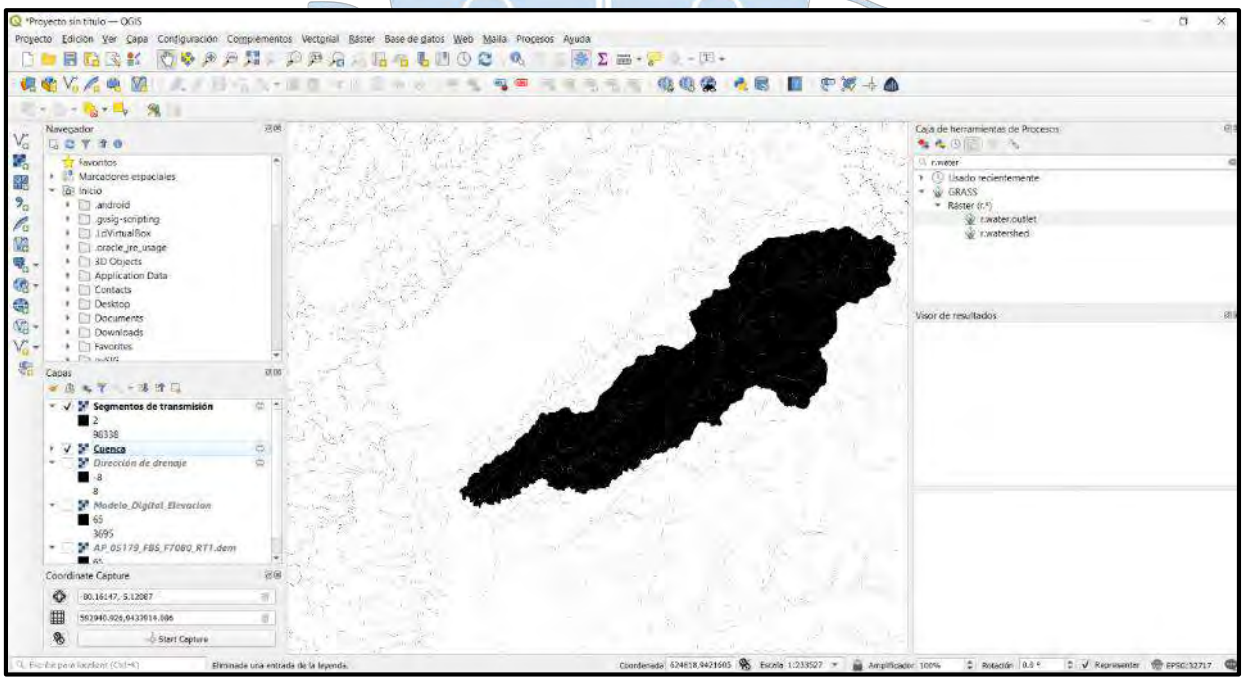


Figura 3. Capa ráster de la delimitación de la subcuenca Charanal

Fuente: Elaboración propia

2.1.3 Parámetros fisiográficos

2.1.3.1 Parámetros básicos de la cuenca. A continuación, se muestran los parámetros básicos de una cuenca y como se determinan:

Superficie de la cuenca (A):

Definida como una superficie proyectada horizontalmente y delimitada por la divisoria de aguas o divortiun aquarium, afín de separarlas con las demás cuencas vecinas. Las cuencas en base a su superficie se clasifican según lo detallado en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de la cuenca según su superficie

Superficie (km^2)	Descripción
< 25	Muy Pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia-pequeña
500 a 2500	Intermedia-grande
2500 a 5000	Grande
>5000	Muy grande

Fuente: Campos, 1998

Para el cálculo de este parámetro se puede emplear herramientas informáticas, para lo que es necesario disponer de una base cartográfica digital y de un SIG (Sistema de Información Geográfica) o un programa de dibujo asistido por ordenador (CAD, etc.).

Cuenca de recepción:

Cuenca recepción o cabecera se define como aquella zona donde se presentan las mayores concentraciones de lluvias, dando inicio al escurrimiento superficial y remoción de sedimentos (Medina, 1991). Se delimita a partir de una estación de aforo en el río principal hacia aguas arriba (Sarango Julca, 2014, como se citó en Buguña, 2019).

Perímetro (P):

Es la línea que define el contorno de la cuenca o la longitud de la divisoria de aguas. Este parámetro en conjunto con la superficie, nos pueden brindar información sobre la forma de la cuenca; a perímetros mayores corresponderá una cuenca alargada mientras que a menor perímetro una cuenca redondeada.

Longitud del cauce principal (L):

Se refiere a la longitud del río principal de la cuenca, cuya distancia está definida entre la desembocadura de la cuenca, aguas abajo, y el punto situado a mayor altura topográfica (Cabecera) (Ibáñez et al., 2011). Ver Figura 4.

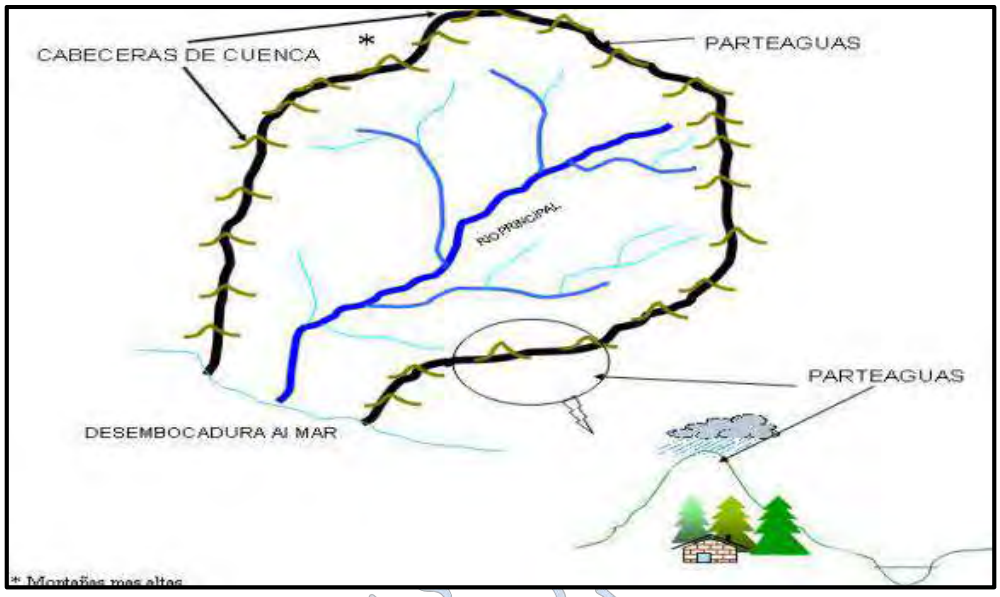


Figura 4. Longitud del cauce principal

Fuente: SANAA, 2004

Ancho de la cuenca (Ac):

El cociente de dividir la superficie de la cuenca (A) entre la longitud del cauce principal (L), como se muestra en la Ecuación *(1)*.

$$A_c = \frac{A}{L} \quad (1)$$

Donde:

Ac: Ancho de la cuenca

A: Área de la cuenca, en km^2

L: Longitud del cauce principal, en km

Desnivel altitudinal (Dh):

Se obtiene de la diferencia entre la cota máxima y mínima de la cuenca. Está relacionado con la diversidad climática y ecológica, ya que mientras exista un mayor número de pisos altitudinales, estos pueden contener más ecosistemas y generar variaciones significativas en su precipitación y temperatura (Ibáñez et al., 2011).

2.1.3.2 Parámetros asociados a la forma de la cuenca

Factor de forma (Kf):

Se obtiene de la relación entre el ancho de la cuenca (Ac) y la longitud del cauce principal (L). Valor adimensional que es indicador de la forma de la cuenca, valores inferiores a la unidad indican cuencas alargadas y aquellos cercanos a la unidad, son redondeadas

(Buguña,2019). En la Tabla 2, se puede apreciar la clasificación según el valor de factor de forma.

Tabla 2. Clasificación de la cuenca de acuerdo a su factor de forma

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 - 0.30	Alargada
0.30 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 - 0.60	Ligeramente Ensanchada
0.60 - 0.80	Ensanchada
0.80 - 1.20	Muy Ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: Pérez, 1979, como se citó en Córdova, 2016

Índice de compacidad o coeficiente de Gravelius (K_C):

Valor adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de una teórica circunferencia de igual área, como se indica en la siguiente Ecuación *(2*):

$$A = \frac{P_{cuenca}}{P_{circulo.A}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0{,}2821\frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Donde:

Kc: Coeficiente de Gravelius, adimensional.

P: Perímetro de la cuenca, en km

A: Superficie de la cuenca, en km

Este parámetro suele tomar valores en un rango de 1 a 3, pero nunca valores menores a la unidad (Lux, 2016). Un valor igual a la unidad significa, en teoría, que la cuenca tendrá una forma circular y concentrará elevados volúmenes de agua capaz de provocar crecientes con picos elevados. Si el resultado es cercano a 3, estaríamos en el caso de una cuenca irregular, cuya probabilidad de sufrir inundaciones es casi nula. En conclusión, este parámetro determina la distribución del escurrimiento a lo largo de los cursos de agua principales, es decir, la susceptibilidad de la cuenca ante inundaciones (Juárez, 2020). En la Tabla **3**, se muestra la clasificación de las formas de una cuenca según su índice de compacidad.

Tabla 3. Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad

Índice de Compacidad (K_c)	Forma de la cuenca
1.00 a 1.25	Redonda
1.26 a 1.50	Ovalada
1.50 a 3	Alargada

Fuente: Chávez, 2006

Rectángulo equivalente:

Supone la representación geométrica de la cuenca real en una superficie rectangular con un lado mayor (Le) y un lado menor (le). La principal característica de esta cuenca rectangular teórica es que mantendrá el área, perímetro, coeficiente de Gravelius y la misma distribución altitudinal de la cuenca original (Ibáñez Asensio, Moreno Ramón, & Gisbert Blanquer, 2011). Cabe mencionar que, las distancias que separan a las curvas de nivel en el rectángulo equivalente son proporcionales a las áreas que separan dichas curvas en la cuenca (Juárez, 2020). La formulación de este parámetro se describe en la Ecuación *(3*) y Ecuación *(4*) (Farías, 2005):

$$L_e = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16A}}{4} \quad (3)$$

$$l_e = \frac{P - \sqrt{P^2 - 16A}}{4} \quad (4)$$

Donde:

A: Superficie de la cuenca, en km^2

P: Perímetro de la cuenca, en km

2.1.3.3 Parámetros asociados al relieve de la cuenca

Frecuencia de altitudes:

Es la representación gráfica de la relación existente entre altitud y la relación porcentual del área a esa altitud con respecto al área total, dando una idea probabilística de la variación de la altura que existe en la cuenca de estudio.

Curvas representativas (D):

"Dada la necesidad de estimar áreas entre curvas de nivel y para facilidad de trabajo, es necesario contar con un número suficiente de curvas de nivel que expresen la variación altitudinal de la cuenca, tomándose entonces unas curvas representativas" (Farías, 2005).

La equidistancia entre curvas representativas resulta de la diferencia de la cota máxima y mínimo de la cuenca de estudio dividiéndola entre seis, tal como se muestra en la Ecuación *(5*).

$$D = \frac{Cota_{max} - Cota_{min}}{6} \quad (5)$$

Curva hipsométrica:

Es una representación gráfica que refleja como varía la altitud con respecto al área comprendida por encima o por debajo (Farías, 2005). Se elabora ubicando en el eje de las

abscisas los valores del área proyectada en km^2 o en porcentaje, conseguida hasta cierta altura topográfica, el cual se ubica en el eje de las ordenadas, en metros. En la Figura 5, se muestra diferentes tipos curvas hipsométricas según su edad.

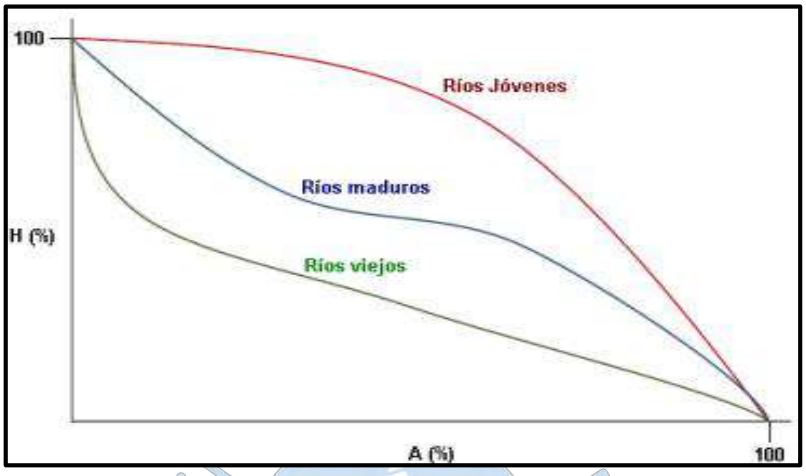


Figura 5. Características de las curvas hipsométricas

Fuente: Ibáñez et al., 2011

Pendiente de la cuenca (S_g):

Es un parámetro con mucha relevancia en el análisis de cuencas hidrográficas, ya que influye en el tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto del cauce principal, entonces se puede decir que mientras mayor sea la pendiente, la generación de escorrentía será en intervalos de tiempo menores (Juárez, 2020). Existen diversos criterios para la obtención aproximada de este parámetro, entre ellos tenemos:

- **Criterio de Alvord**

  Este criterio consiste en la obtención de la pendiente del terreno entre curvas de nivel y posteriormente se obtiene el promedio ponderado. En otras palabras, la pendiente de la cuenca será igual a la longitud total de curvas de nivel dentro de ella, multiplicada por el desnivel constante entre estas y divididas entre el área de la cuenca (Campos, 1998, como se citó en Sánchez, 2010). La ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$S_g = \frac{D}{A}\sum l_i \qquad (6)$$

Donde:

A: Superficie de la cuenca, en km^2

D: Distancia entre las curvas representativas, en km

li: Longitud de la curva de nivel “i” en km

- **Criterio de Mociornita**

"Criterio similar al anterior, pero que añade un factor de ponderación (f) a las longitudes de las curvas de nivel. Siendo f = 0,5 para la menor y mayor curva de nivel y f =1 curvas intermedias" (Farías, 2005). Resultando:

$$S_g = \frac{D}{A}\sum l_i \times fi \tag{7}$$

Donde:

A: Área de la cuenca, en km^2

D: Distancia entre las curvas representativas, en km

li: Longitud de la curva de nivel "i" en km.

fi: Factor de ponderación, adimensional. fi = 0.5 para las curvas menor y mayor; y f = 1 para las demás.

Pendiente del cauce:

Parámetro importante al momento de analizar el comportamiento del agua almacenada en los lechos fluviales, ya que de esta dependerá la velocidad con la que escurra. Se puede inferir entonces que, mientras mayor sea la pendiente, la velocidad de escurrimiento del agua aumentara. Entre los métodos de obtención más importantes, tenemos:

- **Método de un solo tramo:**

Valor de pendiente que se obtiene restando el nivel altitudinal de sus extremos y dividiéndolos por la separación horizontal de los mismos (Farías, 2005), como se muestra en la siguiente expresión:

$$Pendiente = \frac{\Delta h}{L} = \frac{Cota_{max} - Cota_{min}}{L} \tag{8}$$

Donde:

L: Longitud del cauce principal, en m

Δh: Diferencia altitudinal, en m

- **Método de áreas compensadas:**

"Forma más usada de medir la pendiente del cauce de una cuenca, que consiste en obtener la pendiente de una línea AB tal como se muestra en la Figura 6 dibujada de modo que el área bajo ella sea igual al área bajo el perfil del cauce principal" (Farías, 2005).

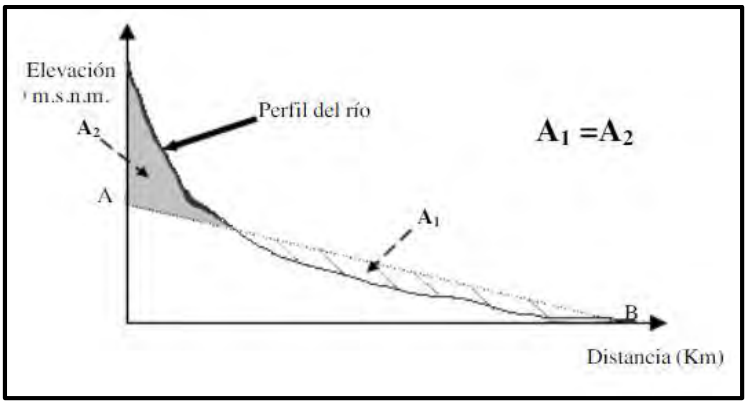


Figura 6. Método de pendientes compensadas

Fuente: Farías, 2005

2.1.3.4 Parámetros asociados a la red de drenaje de la cuenca

Orden de las corrientes:

Toda cuenca está constituida por su río principal y sus tributarios; en lo general, mientras más largo sea el río principal, las ramificaciones en red de drenaje serán mayores. El método de Strahler es usado para determinar el grado de ramificación, aquel que fluye desde el nacimiento hasta su desembocadura sin ningún afluente es considerado corrientes de orden 1, por otro lado, las corrientes de segundo orden se originan por unión de dos corrientes de primer orden. Se designará corrientes de orden 3, cuando dos corrientes de segundo orden de unen. En términos generales, la unión de dos corrientes de orden "n" generará corrientes de orden "n+1" (Villon, 2011). En la Figura **7**, se muestra el ordenamiento de las corrientes dentro de la cuenca.

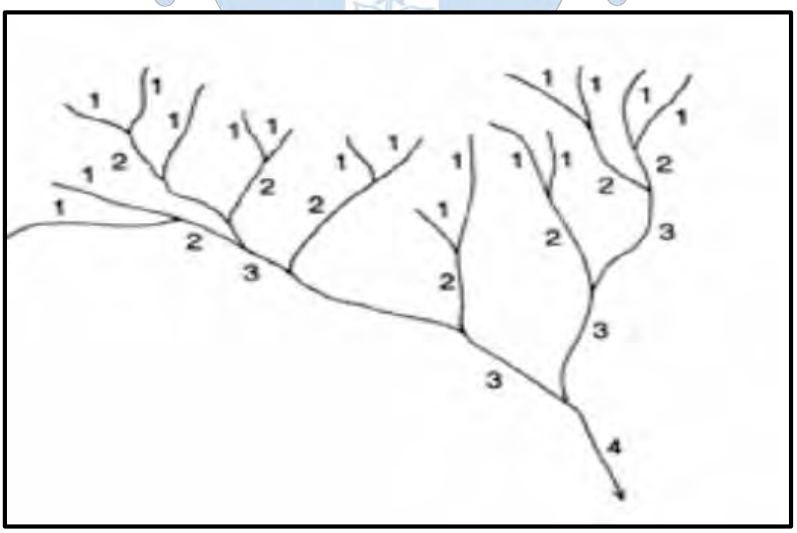


Figura 7. Orden de las corrientes de una cuenca

Fuente: Strahel, 1957, como se citó en Sellers et al., 2017

Densidad de drenaje (Dd):

Refleja como la geología, topografía, suelos y vegetación influyen en la cuenca hidrográfica en relación al tiempo de salida del escurrimiento superficial de la cuenca (Londoño, 2001). Se calcula dividiendo la longitud total de cauces de la cuenca por el área total que las engloba (Farías, 2005).

$$Dd = \frac{\sum L}{A} \tag{9}$$

Donde:

∑L: Suma de longitudes de todos los cauces, en km

A: Superficie de la cuenca, en km^2

Este índice permite conocer la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje en la cuenca. En términos generales, una alta densidad de drenaje indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. Por otro lado, una baja densidad de drenaje, reflejara una cuenca con suelos de elevada resistencia a la erosión e impermeabilidad, con una respuesta muy lenta ante eventos meteorológicos (Londoño, 2001).

Coeficiente de torrencialidad (Ct):

> Un indicador de la erodabilidad lineal y la capacidad de descarga de una cuenca. Debido a que los cursos de primer orden son de origen erosiva, altos valores indican elevada susceptibilidad a la erosión, menores tiempo de llegada al pico y alta torrencialidad. En otras palabras, los cursos de orden uno son los de mayor importancia en la generación de flujos torrenciales y de inundaciones de gran magnitud. (Busnelli & Horta, 2014, p. 15)

Dicho parámetro permite interpretar el comportamiento del flujo de agua en la cuenca y se determina a partir de la relación entre el número de corrientes de primer orden y el área total de la cuenca (Camino et al., 2018). Mediante la siguiente expresión:

$$Ct = \frac{N_1}{A} \tag{10}$$

Donde:

Ct: Coeficiente de torrencialidad en km^{-2}

N1: Número de cursos de agua de primer orden, adimensional.

A: Superficie de la cuenca, en km^2

Longitud promedio de flujo de superficie (Lo):

Parámetro también denominado extensión media de escurrimiento superficial índica la distancia media que el agua precipitada tendrá que recorrer para llegar a un cauce (Buguña, 2019). Su valor se calcula con la siguiente expresión:

$$Lo = \frac{A}{4\sum L} \tag{11}$$

Donde:

∑L: Suma de longitudes de todos los cauces, en km

A: Superficie de la cuenca, en km^2

2.2 Elementos climatológicos

La climatología es una ciencia física la cual requiere información de cada una de las variables que componen la meteorología en periodos amplios para llegar a la obtención de valores normales, medios y frecuencias para una región; esto permitirá apreciar la interrelación de los fenómenos atmosféricos con la geografía de estudio y, de esta manera determinar el clima. (Ayllón, 2003, p.19).

Para evaluar el comportamiento de la atmósfera, se utilizaron diferentes elementos climatológicos usados en su mayoría en investigaciones hídricas (ver Tabla 4), los cuales se constituyen en dos tipos:

Tabla 4. Elementos climatológicos

Elementos geodinámicos	Elementos acuosos
Temperatura	Humedad
Presión	Nubosidad
Viento	Precipitación

Fuente: Ayllón, 2003

De todos estos elementos la precipitación y temperatura son los más importantes para poder determinar el clima. Además, se debe tener en consideración diferentes factores que influyen en el comportamiento climatológico tales como la vegetación, tipo de suelo, latitud, altitud, etc (Ayllón, 2003, p.180).

2.2.1 Precipitación

Se entiende por ello como la caída de agua proveniente de las nubes cargadas, tanto en estado liquito o solido (nieve, granizo). Para que ello se produzca es importante que las pequeñas gotas de la nube se unan entre ellas por colisión directa para formas gotas más

grandes y venzan la resistencia del aire para poder descender sobre la superficie de la tierra (Ayllon, 2003, pag. 145).

> Desde el punto de vista de ingeniería, son necesarios tres parámetros para definir completamente una precipitación: su duración, su intensidad y su frecuencia. La duración, D, de una precipitación es el tiempo transcurrido entre el inicio y fin de la lluvia, expresada en horas o minutos. La intensidad, I, está dada por la cantidad total de lluvia o lámina de agua, dividida por la duración. Conceptualmente, la intensidad, se define como la cantidad de lluvia por unidad de tiempo y puede variar de un instante para otro dentro de una misma lluvia. la intensidad se mide en mm/h o mm/min. (Mejía, 2006, p. 86)

2.2.2 Temperatura

Aliaga (1985) indica que "la temperatura es una consecuencia directa de la insolación y de la radiación, su determinación es fundamental para el cálculo de la evaporación. La temperatura es considerada como el factor determinante y decisivo de las diversas etapas del ciclo hidrológico y principalmente en el estudio de la evaporación".

Teniendo en consideración que la temperatura se registra en estaciones meteorológicas, de las que existen en gran parte del mundo; estás miden datos de temperatura en determinados periodos ya sean horas fijas, valores mínimos y máximos continuos en el tiempo. Con ello se pueden realizar cálculos estadísticos para la descripción climatológica general como temperaturas medias, valores pico, desviación estándar, etc.

2.2.3 Humedad relativa

Se entiende por humedad a la cantidad total de vapor presente en el aire, por ende, es preciso distinguir los conceptos de mayor uso para referirse cuantitativamente a dicha humedad. Partiendo de ello, la humedad relativa es la relación, expresada en porcentaje, entre la cantidad de vapor de agua realmente existente en la atmosfera y la que existiría si el aire estuviera saturado a la misma temperatura, en otras palabras, esta relación se obtiene a partir de la tensión de vapor actual y la tensión máxima de saturación. (Ayllon,2003, p.145).

2.2.4 Viento

Se define como la acción natural de mover el aire hacia cualquier dirección en la atmosfera a causa de diferencias de temperatura en puntos geográficos cercanos o por cambios en la presión atmosférica (Garreaud & Meruane, 2005). Así, se presentan variaciones fuertes en intervalos de tiempo cortos en un lugar particular. Las montañas se enfrían más rápidamente que las partes bajas que las rodean, de modo que en la noche los vientos mostrarán una dirección descendente; en la mañana, la situación cambiará, de modo que al recibir primero los rayos solares las partes altas, se provocarán vientos con dirección ascendente. En zonas cercanas a los mares ocurre que, durante el día, el viento se mueve del

continente al cuerpo de agua, y conforme avanza la noche, la dirección se invierte (Breña & Jacobo, 2006).

2.2.5 Evaporación

Según Tucci (1993), la evaporación la define como "un proceso físico en el que un líquido o sólido pasa a estado gaseoso. En meteorología el término evaporación se restringe al cambio del estado líquido del agua al gaseoso, debido a la radiación solar y los procesos de difusión molecular y turbulenta. Además de la radiación solar, las variables meteorológicas que intervienen en la evaporación, particularmente en la superficie libre de agua, son la temperatura del aire, viento y presión de vapor".

2.2.6 Evapotranspiración

Según Thornthwaite (1948), es la combinación de los dos fenómenos climatológicos la evaporación desde la superficie y la transpiración de la vegetación que ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos, por lo que su medición se hace en forma separada; desde el contenido de humedad del suelo hasta el desarrollo progresivo de la vegetación.

La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua.

2.2.6.1 Evapotranspiración potencial. La determinación de la evapotranspiración potencial se puede llevar a cabo empleando distintas metodologías (Hargreaves, Penman-Monteith de la FAO, Thornthwaite, etc.); sin embargo, se ha optado por hacer uso del método de Thornthwaite el cual para su funcionamiento requiere de pocos parámetros meteorológicos que coinciden con la información recolectada de la cual se dispone. A continuación, se describe el método y las fórmulas para su obtención:

- **Thornthwaite**

Buguña (2019) menciona que el método de Thornthwaite determina la evapotranspiración en función a temperatura media y con una corrección dependiente a las horas de sol del día y el número de días del mes. El método es práctico por el requerimiento de pocos parámetros y muy usado en hidrología y en la evaluación del balance hídrico para la climatología. La ecuación de Thornthwaite para determinar la evapotranspiración mensual, se define:

$$ET_P = 16 \times \left(\frac{10 \times T_{med}}{I}\right)^a \quad (12)$$

Donde:

ETp: La evapotranspiración mensual sin corregir en mm/mes

Tmed: La temperatura media mensual en °C

I: Índice de calor anual, conseguido como la sumatoria de los índices de calor mensual (i1; 2; …; 12).

$$I = \sum i_j \,; j = 1, \dots, 12 \tag{13}$$

$$i_j = \left(\frac{T_{med,j}}{5}\right)^{1.514} \tag{14}$$

El exponente “a” se obtiene con la siguiente expresión:

$$a = 6.75 \times 10^{-8} I^3 - 7.71 \times 10^{-6} I^2 + 0.01792 I + 0.49239 \tag{15}$$

Según Gomariz (2016) la evapotranspiración que se determina con la Ecuación *(12*, es para un mes estándar de 30 días y 12 horas de sol por día. Estos valores deben corregirse tomando en cuenta el número de días del mes y horas de luz de cada día, que dependen además de la latitud. La evapotranspiración corregida se obtiene:

$$ET'_P = ET_p \times \frac{N}{12} \times \frac{d}{30} \tag{16}$$

Donde:

ETp: Evapotranspiración mensual sin corregir en mm/mes

d: Número de días del mes

N: Número máximo de horas de sol

$$N = \frac{24}{\pi} \times (\omega_s) \tag{17}$$

Donde ω_s es el ángulo de radiación a la puesta del sol y se calcula Ecuación *(18*).

$$\omega_s = Arc[-\tan(\varphi)\tan(\delta)] \tag{18}$$

φ es la latitud y δ es la declinación solar ambas en radianes se calculan con la Ecuación *(19*).

$$\delta = 0.409 \times Sen\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right) \tag{19}$$

2.2.7 Nubosidad

Breña & Jacobo (2006) califican al parámetro como un elemento importante que tiene influencia en la evaporación y la evapotranspiración en el país. Las nubosidades pueden tener dos fuentes de origen: la primera es el resultado de la invasión de masas de aire frías y secas del norte, la cual tiene poca importancia y ninguna relación con las lluvias; y la segunda es la que se produce por el fenómeno de las masas de aire caliente y humedad que provienen de los océanos vecinos, tiene gran importancia y está íntimamente relacionada con las lluvias.

2.3 Relleno de datos faltantes

Es muy frecuente que gran parte de las estaciones meteorológicas presentan intervalos de información incompleta, esto debido a errores de lectura o por desperfectos en los instrumentos de medición, es por ello que, para la obtención de la información faltante se han desarrollado diferentes métodos los cuales se describirán a continuación:

2.3.1 Método del U.S. National Weather Service

Este procedimiento ha sido comprobado tanto de manera teórica como empírica, considerando que los datos ausentes de una estación meteorológica pueden ser estimado en base a la información de estaciones vecinas, además de ello puede ser aplicado para predecir valores diarios, mensuales y anuales (Huatuco, 2015).

Se recomienda manejar cuatro estaciones auxiliares que sean las más próximas a la que presenta falta de información, de manera que, cada una quede situada en uno de los cuadrantes que definen las coordenadas que pasan por la estación incompleta.

Para realizar este método se debe ponderar los valores observados en una cantidad (W), igual al reciproco del cuadrado de la distancia (D) entre cada estación vecina y la estación (A). La lluvia buscada (P) será igual a la siguiente expresión:

$$P = \sum(Pi * Wi)/\sum Wi \qquad (20)$$

Donde:

P: Precipitación observada para la fecha faltante en mm

Wi: $1/Di^2$, sabiendo que Di es la distancia en kilómetros entre cada estación vecina y la estación con falta de información

2.3.2 Método del promedio aritmético

Este método es uno de los prácticos en su ejecución, debido a que su estimación parte de un simple promedio aritmético con los valores brindados en las estaciones meteorológicas más próximas y uniformemente espaciadas alrededor de la estación incompleta, cuyo registro

se quiere completar. La aplicación de este método es principalmente cuando la precipitación total anual de cada estación en cuestión no exceda en un más del 10%.

2.3.3 Método razón de valores normales

También llamado método de los promedios ponderados, se emplea cuando el valor de la precipitación total anual presenta una variación en un 10 % entre las estaciones. La aplicación se limita hasta tres o cuatro datos faltantes en el año dentro del periodo escogido (Chávez, 2009). Para este método se usa la siguiente expresión:

$$Px = \frac{PPx}{n} * (\frac{Pa}{PPa} + \frac{Pb}{PPb} + \cdots + \frac{Pn}{PPn}) \quad (21)$$

Donde:

PPx, PPa, PPb, PPn: Promedio normal de las precipitaciones anuales en un periodo común

Px, Pa, Pb, Pn: Precipitación durante el periodo que incompleto de la estación "x"

n: Cantidad de estaciones

2.3.4 Método de la regresión lineal

Método por el cual se establece una correlación lineal entre la estación incompleta y la estación vecina completa. Para aplicarlo deberá existir un buen coeficiente de correlación (R), ya que este medirá el grado de correlación lineal entre las estaciones, y para lograrlo se deber tener en cuenta la ubicación (altitud, latitud, etc.) y proximidad entre las estaciones (Buguña, 2019). La regresión lineal se expresa:

$$y = a + bx \quad (22)$$

Donde:

Y: Precipitación estimada en mm

a, b: Constantes de la regresión lineal

La aplicación de este método de relleno es recomendable para datos mensuales y anuales, requiriendo un claro ajuste de datos, lográndose con el coeficiente de correlación (R) que medirá la intensidad de relación que existe entre la mejor estación examinada, eligiendo la más adecuada, es decir que guarde gran similitud en sus registros y parámetros fisiográficos.

Desde el punto de vista hidrológico, se considerará un valor admisible entre los rangos $-0.8 \leq R \leq 0.8$ (Pizarro et al, 1993).

2.4 Análisis de consistencia

Según Chávez (2009), este proceso permite verificar la homogeneidad de datos pluviométricos de una estación; además, nos permite identificar, corregir y estudiar series

inconsistentes que se producen por anomalías climáticas en el tiempo, cambio de exposición o ubicación del pluviómetro, cambios en las técnicas de medición y errores instrumentales o de lectura. El método empleado para este proceso fue el de las Curvas dobles acumuladas (CDA).

2.4.1 Curva doble acumulada (CDA)

Estas curvas se elaboran a partir del cálculo de las precipitaciones promedio acumuladas a escala anual (PPA) de todo el registro de años que las estaciones sometidas posean, para luego graficar estos valores en el eje de las abscisas y contrastarlos con los valores de precipitación promedio acumuladas anuales de cada estación que se ubicaran en el eje de las ordenadas. Se verifica la consistencia de la información de una estación cuando al compararla con el PPA, los pares de valores generen una nube de puntos lineal sin quiebres en todos los años, caso contrario la información seria inconsistente y se procede a corregirse.

UNESCO (1982) propone una serie de consideraciones para la aplicación del método:

- Si la información de alguna de las estaciones presenta ausencia de información, se recomienda rellenarla antes del análisis.
- Se requiere que la información de las estaciones tenga un registro de más de 5 años, esto con la finalidad de poder identificar los cambios de pendiente.
- En zonas montañosas, el efecto orográfico puede influenciar en la aplicación del método por lo que se recomienda usarlo con cautela.

Además, propone también una metodología a seguir para el uso del método:

- Para todos los años registrados, de cada estación que se someterán al análisis, se calculará el promedio de precipitaciones anuales.
- El promedio calculado anteriormente se acumulará y se obtendrá las precipitaciones promedio acumuladas anuales (PPA).
- Se construye un gráfico donde en el eje de las abscisas se colocan los valores de los PPA y en el eje de las ordenadas los valores de precipitación promedio acumulada para cada estación.
- Si los puntos generados por los PPA respecto a precipitación promedio acumulada para cada estación, generan una gráfica con una sola tendencia donde se pueda graficar una recta sin quiebres, se puede decir que los datos de la estación son consistentes.
- A partir de las estaciones con información consistente, se determina una nuevo PPA y se corrigen las estaciones no consistentes.
- Si una estadística presenta varios quiebres, se asume que el periodo más reciente es el mejor medido, ya que la técnica de observación y la instrumentación es mejor con el tiempo, o también representan la tendencia actual y futura, por lo que, es admitida. Sin embargo, se deberá analizar por separado cada caso, pues sucede en

algunas estaciones que el último periodo no es representativo por ajuste en la calibración del instrumento o dificultades en la medición.

- Las precipitaciones con periodos que poseen otra pendiente respecto a la tendencia el PPA, se ajustan a la pendiente de este último.

Con las precipitaciones acumuladas ajustadas se repite los primeros tres puntos del proceso, para garantizar el ajuste ha sido bien realizado, con lo cual se acepta como bueno este PPA.

2.5 Métodos para la obtención de valores medios

Las precipitaciones medidas en las estaciones meteorológicas resultan de gran relevancia para estudios posteriores en escala diaria, mensual y anual. Estos se evalúan permitiendo que sean factibles para la modelación lluvia-escorrentía. Existen diferentes métodos para calcular estos valores medios, los cuales se describen a continuación:

2.5.1 La media aritmética

Consiste en hacer el cálculo promedio de todos los datos disponibles en cada estación pluviométrica situada en el área geográfica de la cuenca en investigación, sin embargo, la limitación de este método radica en no considerar características que influyan en la precipitación tales como la presencia relieves montañosos y condiciones atmosféricas, en otras palabras, no tiene en consideración si el zona presenta relieve no uniforme y los datos de cada estación guarden similitud a lo largo del periodo.

$$P = \frac{P1 + P2 + P3 + \cdots + Pn}{n} \tag{23}$$

Donde:

P: precipitación media en mm

n: cantidad de estaciones pluviométricas de la zona en un mismo intervalo de tiempo

2.5.2 Polígono de Thiessen

Este método se utiliza cuando la distribución de las estaciones no es uniforme. Para su aplicación es necesario delimitar la zona de influencia de cada estación, para lo cual se trazan líneas conectándose las estaciones más cercanas hasta formar una serie de triángulos, posterior a ello se trazan mediatrices a cada lado, formando así un conjunto de polígonos. El área de influencia de cada estación estará definida por las líneas del polígono y en algunos casos por los límites de la cuenca (Juárez, 2020). Finalmente, la precipitación media será el resultado de la media ponderada de la precipitación de cada estación utilizando los pesos el área de influencia correspondiente la cual se expresa en la Ecuación *(24*).

Cabe mencionar que Thiessen presenta desventajas al solo considerar el posicionamiento de las estaciones y no tener en cuenta las diferencias topográficas de la zona,

pues asume que la precipitación es similar tanto en zonas bajas como altas, lo cual no siempre cumple (Pizarro et al., 2003).

$$Pm = \frac{1}{At} * \sum_{i=1}^{n} Ai * Pi \quad (24)$$

Donde:

Pm: Precipitación media

At: Área total de la cuenca de estudio

Pi: Precipitación de la estación ‘’i’’

Ai: Área de influencia parcial del polígono

n: Cantidad de estaciones tomadas

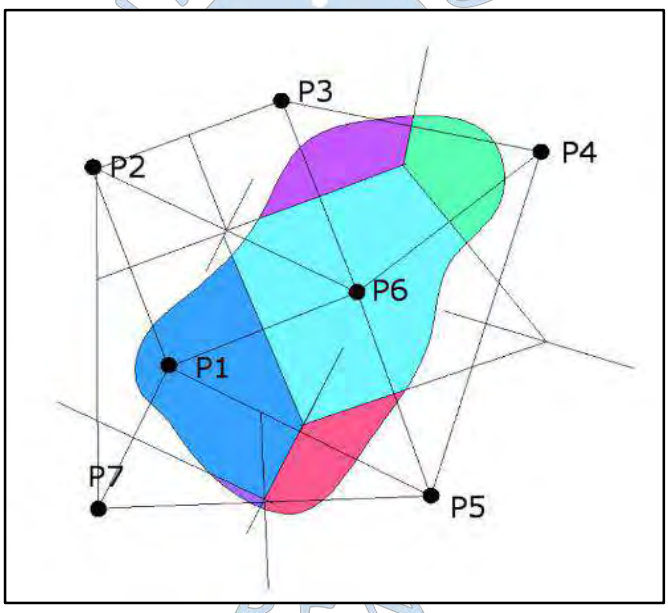


Figura 8. Trazado de polígono de Thiessen

Fuente: Bateman, 2007

2.5.3 Metodo de la isoyetas

Dicho método requiere más laboriosidad pues es más detallado en su ejecución requiriendo de un conocimiento espacial y atmosférico. Chereque (1989) califica como más preciso el método de isoyetas debido que es posible identificar procesos orográficos que faciliten la obtención de resultados. Para realizar este método se deben seguir los siguientes pasos:

- Trazado y unión de curvas entre puntos de las estaciones con similitud en precipitación

- A cada superficie de isoyeta se le asigna un valor medio de precipitación de las mismas.
- Se planimetría las superficies y se calcula la media utilizando la ecuación:

$$Pm = \frac{1}{At} * \sum_{i=1}^{n} (Ai * \frac{Pi + P_{i+1}}{2}) \quad (25)$$

Donde:

Pm: Precipitacion media en mm

Ai: Area existente entre isoyetas en km^2

n: Cantidad de superficies entre isoyetas

Pi: Precipitacion de la isoyeta i

2.5.4 Método Kriging

Este método de inferencia espacial que permita predecir datos de una variable en zonas no muestreadas, siendo un mejor estimador lineal con una varianza minúscula. Se debe tener en consideración que pueden existir mejores estimadores que Kriging, pero con presencia de sesgo (Velázquez, 2017).

Por ser un método de interpolación geoestadístico muy avanzado, es necesario para su aplicación, el uso de software o las herramientas de interpolación propias de algunos SIGs. Por ello para la presente investigación se ha utilizado el software Hydraccess.

2.6 Producto PISCO

El producto PISCO, generado por SENAMHI a través de su Dirección de Hidrología, es una base de datos grillada a escala mensual y diaria de largo periodo de registro (1981-2016). Nace con la finalidad de suplir la baja densidad de estaciones meteorológicas en el país (Aybar et al., 2017). Dentro de PISCO, se deriva otros productos como el de precipitaciones (PISCOp) con una resolución espacial de ~5 km y el de temperatura (PISCOt) con ~10 km.

PISCOp se construyó a partir de la integración de datos pluviométricos de 681 estaciones meteorológicas a cargo de SENAMHI (ver Figura 9), la base de datos global del satélite Climate Hazards Group Infrared Precipitation (CHIRP) y climatologías de precipitación obtenidas de la combinación de datos pluviométricos y la data del radar TRMM 2A25; a través de herramientas de interpolación geoestadísticas y determinísticas (Aybar et al., 2019, como se citó en Vega, 2019).

Según Aybar et al. (2017) el uso de PISCOp es reciente en estudios hidrológicos y ha servido de gran ayuda en el monitoreo de sequías e inundaciones y el modelamiento

hidrológico con fines de pronóstico de corto plazo, sin embargo, se deber tener en cuenta lo siguiente:

- La fiabilidad y precisión de la predicción del producto, dependerá de la zona donde se encuentre mayor información meteorológica.
- La distribución espacial de PISCOp abarca a países como Ecuador, Bolivia, Colombia, Chile y Brasil, no obstante, la precisión de predicción en esos países dependerá de los datos de productos satelitales sin considerar la información de sus estaciones meteorológicas terrestres.
- PISCOp sobreestima la cantidad de días con lluvia, esto es una consecuencia directa del uso de técnicas de interpolación sin consideraciones de intermitencia especial.

El producto PISCOt se generó en base a la integración de datos de temperatura completos y homogenizados pertenecientes a estaciones meteorológicas (Ver Figura 10) y las covariables espaciales (Temperatura superficial del suelo de día y de noche del producto MODIS, elevación, longitud, latitud y el Índice de Disección Topográfica), mediante interpolación geoestadística. Si se decide usar este producto, se debe tener en cuenta que no se puede considerar a la estimación como correcta en áreas donde exista escases de información por parte de las estaciones terrestres, ya que esto ocasionaría que los datos del producto solo dependieran de las covariables espaciales (Huerta et al., 2018).

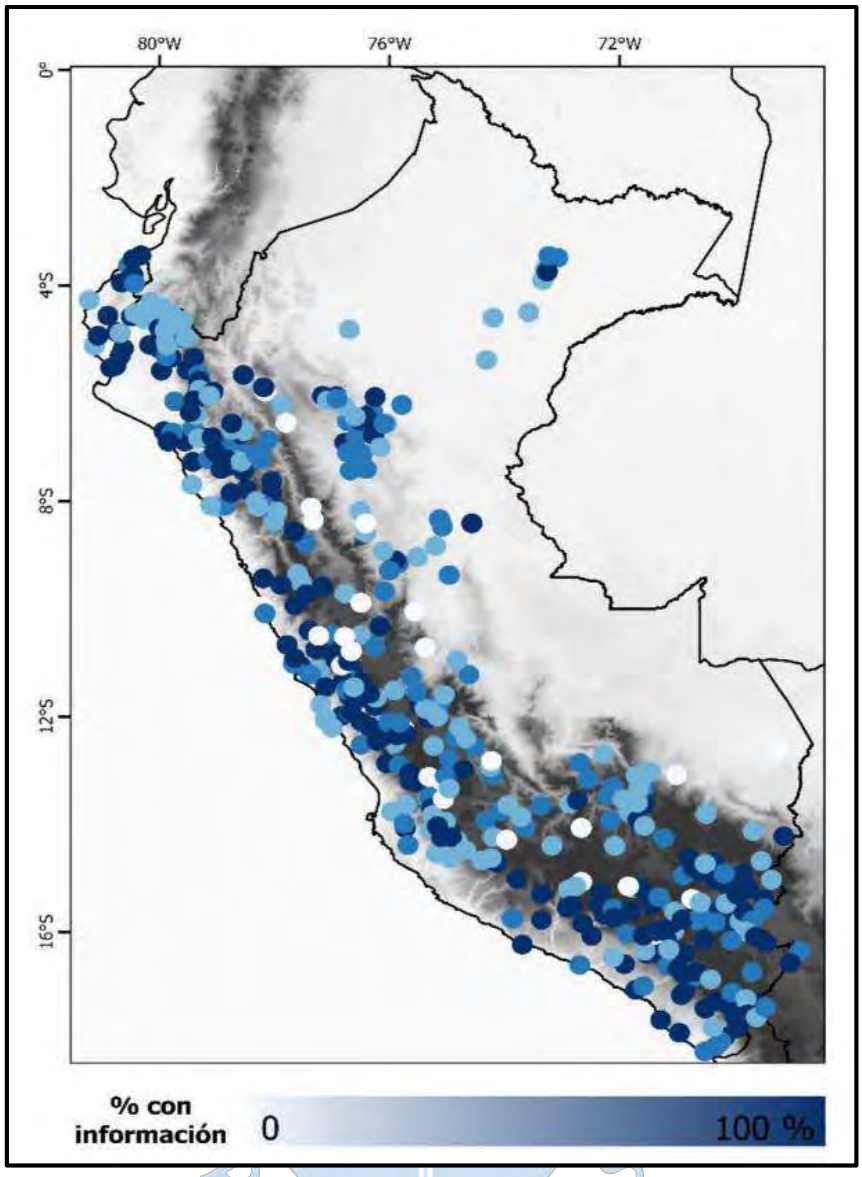


Figura 9. Red de estaciones nacionales utilizadas para la elaboración de PISCOp con porcentajes de datos por estación considerando el período 1981-2016.

Fuente: Aybar et al., 2017

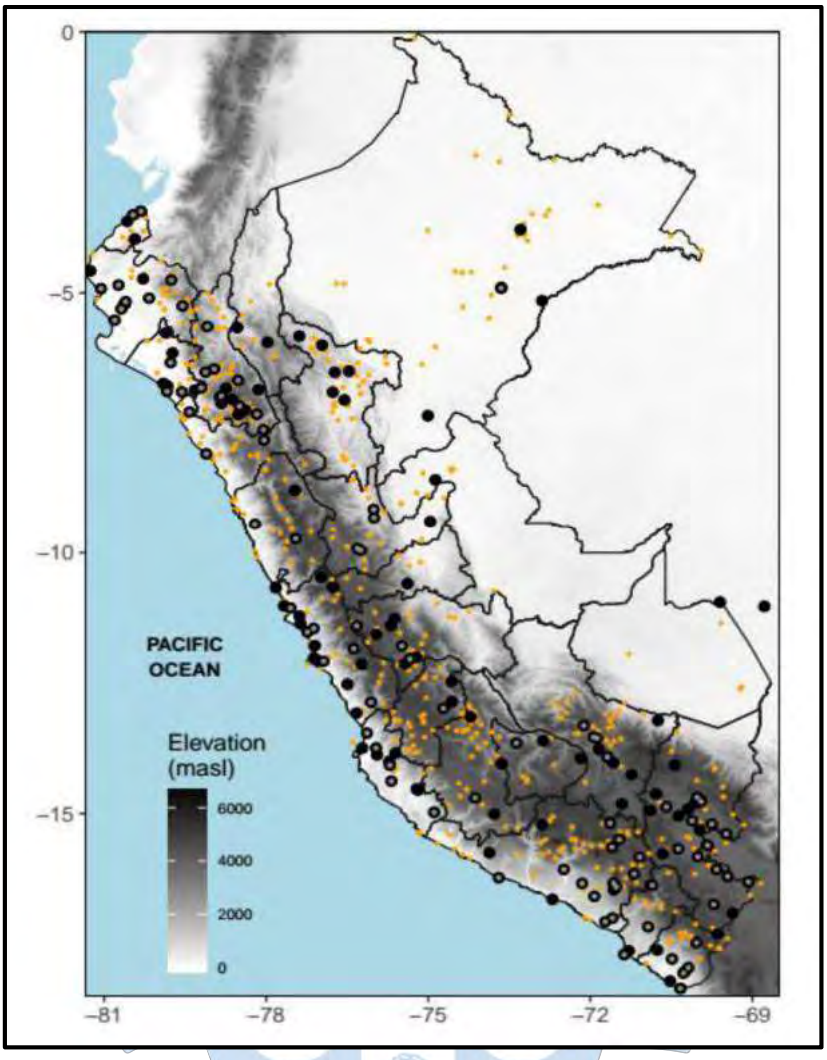


Figura 10. Distribución espacial de estaciones de Tmax y Tmin disponibles (684, anaranjado) y usadas (178, negro) para la construcción de PISCOt v1. 1.

Fuente: Huerta et al., 2018

Capítulo 3

Modelación hidrológica

3.1 Definición y fundamento teórico

Una de las finalidades de la hidrología es el adecuado entendimiento del funcionamiento del ciclo hidrológico, en cuanto a sus interacciones y procesos a nivel atmosférico, superficial y subterráneo, lo que conlleva a una adecuada medición, cuantificación y estimación de variables relacionadas a este (Cruz y Romero, 2018). Con este propósito los modelos hidrológicos constituyen una herramienta vital, ya que al ser una representación matemática de la realidad nos permite integrar, por medio de ecuaciones y sentencias lógicas, los diferentes procesos, componentes y condiciones que intervienen en el ciclo hidrológico sobre un espacio físico o cuenca hidrográfica (Clarke, 1973).

Los modelos hidrológicos permiten reproducir el fenómeno lluvia-escorrentía y por consiguiente predecir la cantidad de flujo de agua y cuantificar los caudales, después de ser calibrados y validados. Actualmente, con los recientes avances en ciencia y tecnología, no existe un modelo hidrológico que simule a la perfección los complicados procesos que comprende la hidrología debido a la presencia de errores de diferente origen, los cuales pueden ser minimizados a través de apropiado proceso de calibración (Cabrera, 2012a).

3.2 Clasificación de los modelos hidrológicos

Según Chow (1994) los modelos se clasifican en dos grupos: modelos físicos y modelos abstractos.

Los físicos involucran a los modelos a escala y los análogos. El primero es la representación de un sistema real a escala reducida, más simple y manteniendo las propiedades originales, por ejemplo, las simulaciones de flujos en canales, las cuencas experimentales a escala, etc. El modelo analógico es aquel que, basa su funcionamiento en otro sistema físico con propiedades análogas a las del prototipo (real) por ejemplo, el montaje de determinados circuitos eléctricos puede simular acuíferos, ya que el modelo eléctrico se rige por las diferencias de potencial y el sistema real, de forma similar, por diferencias de gradiente hidráulico (Fernández et al., 1997).

> Un modelo abstracto representa al sistema en forma matemática. La operación del sistema se describe por medio de un conjunto de ecuaciones que relacionan las variables de entrada y de salida. Estas variables pueden ser funciones del espacio y del tiempo, también pueden ser variables probabilísticas o aleatorias que no tienen un valor fijo en un punto particular del espacio y del tiempo, pero que están descritas a través de distribuciones de probabilidad. (Chow, 1994, p. 9)

Para esta investigación, se descarta la idea del uso de los modelos materiales por el tiempo y el costo elevado que conlleva su aplicación. Sin embargo, se ha seleccionado a los modelos abstractos por la flexibilidad y las pocas restricciones de su aplicación. Para Cruz & Romero (2018), los modelos abstractos es la solución preferida para el modelo de cuencas.

Los modelos abstractos, tienen una vasta clasificación según la forma, la aleatoriedad y la variabilidad espacial de los fenómenos hidrológicos, donde se encontrar numerosos grupos, como los modelos estocásticos y determinísticos.

Los modelos estocásticos, se expresan en función de las leyes del azar o probabilidad, por lo que también se le conoce como modelo probabilístico. Generalmente lidian con la gran variabilidad observada en ciertas series hidrológicas temporales, por ejemplo, flujos diarios de corriente en cuencas de tamaño medio (Cruz & Romero, 2018). Éstos se clasifican como independientes del tiempo y correlacionados con él. Un modelo independiente del tiempo representa una secuencia de eventos hidrológicos que no influyen entre sí. Un modelo correlacionado en el tiempo significa una secuencia en la cual el evento siguiente está influido en parte por la eventualidad preliminar y posiblemente por otros (Chow, 1994).

Los modelos determinísticos según Cabrera (2012a), son aquellos donde los parámetros (entrada y salida) están exentos de la aleatoriedad producida por cualquier tipo de distribución de probabilidad. Este modelo es un proceso representado por una hipótesis que, en conjunto con las leyes físicas empíricas, conceptuales o teóricas, permiten prever su estado futuro. Dentro de esta clasificación encontramos a los modelos lluvia-escorrentía donde la variable de entrada es la lluvia y la variable de salida es el caudal, ambas guardan relación a través de ecuaciones que representan los diferentes procesos que intervienen en la cuenca como la evapotranspiración, humedad del suelo, etc.

Los modelos determinísticos son los de mayor aceptación en el mundo de la ingeniería, mucho más aun en el Perú que es dónde se dispone de poca información, como es el caso de las obras hidráulicas, en donde se tiende a reconstruir indirectamente la evolución y la generación de escorrentía y flujos superficiales a partir de series temporales de datos de precipitación (Chavarri, 2008, como se citó en Cruz & Romero, 2018).

En la clasificación de los modelos determinísticos se encuentran los modelos agregados, los cuales no considera variabilidad espacial, en otras palabras, son modelos de un punto único sin dimensiones en el espacio. Supóngase una cuenca hidrográfica que vierte a

un río, al modelarla de forma agregada se considera por una parte las entradas por precipitación (INPUT), y por otro lado los caudales en el punto de desembocadura de la cuenca (OUTPUT). Los valores de los parámetros (evapotranspiración, infiltración, etc.) son valores medios para toda la cuenca considerada. Lo ventajoso de este tipo de modelación es que no necesitan de la calibración de demasiados parámetros ni de una expresión matemática dificultosa, sin embargo, estos modelos solo brindan nada más que los valores medios. En contraste, tenemos al modelo distribuido que considera que los procesos hidrológicos acontecen en diversos puntos del espacio y define las variables del modelo como funciones de las dimensiones espaciales. Este modelo necesita un aporte de datos mucho mayor y calibrar muchos parámetros, procesos que de no ser realizados correctamente pueden llevar a resultados aparentemente muy exactos, pero absolutamente alejados de lo real (Fernández et al., 1997). En la Figura 11, se muestra gráficamente la ejemplificación de los tipos de modelo determinístico.

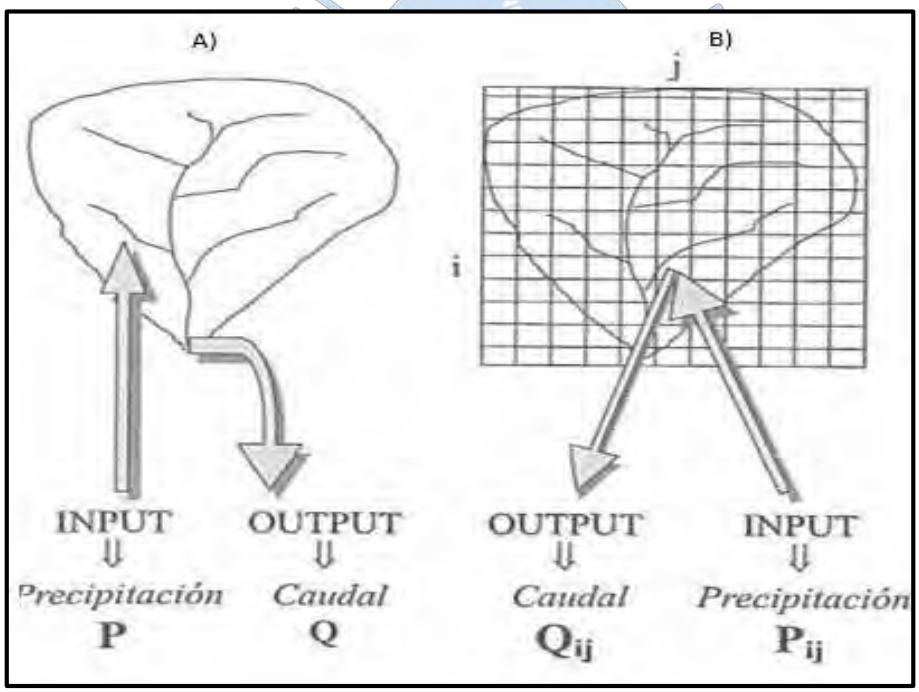


Figura 11. Ejemplificación grafica de los modelos determinísticos (A) Modelos Agregados y (B) Modelos Distribuidos

Fuente: Fernández et al., 1997

En la Figura 12, se muestra más a detalle la clasificación de los modelos abstractos según la según la forma, la aleatoriedad y la variabilidad espacial.

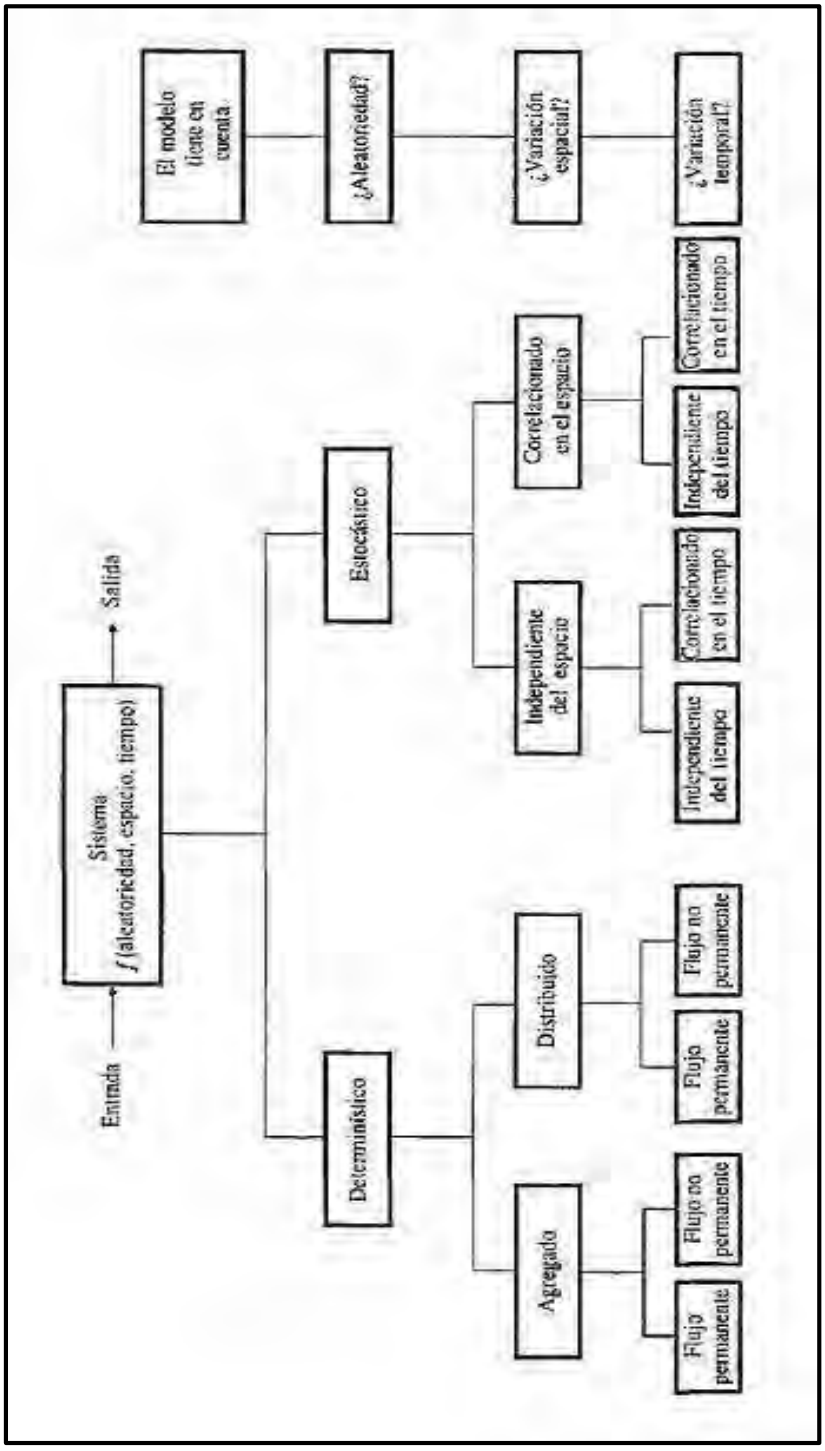


Figura 12. Clasificación de modelos hidrológicos abstractos según la aleatoriedad, espacio y tiempo

Fuente: Chow, 1994

3.3 Modelos hidrológicos a escala mensual

Se mencionan a continuación cuatro modelos lluvia – escorrentía, que han sido seleccionados para el análisis en la presente tesis.

3.3.1 Modelo Lutz Scholz

Modelo desarrollado e implementado entre 1979-1980 por el experto Lutz Scholz, como parte del estudio "Plan de Mejoramiento de Riego en la Sierra y Selva – Plan MERIS II", a cargo del Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones (PRONAPEMI) en conjunto con la Cooperación Técnica de la Republica de Alemania (Tarazona, 2005). El estudio sustenta que el modelo propuesto es combinado, ya que, presenta estructura determinística para la obtención de los caudales mensuales en un año promedio y, por otra parte, estructura estocástica para generación de series extendidas de caudal a través de un proceso markoviano (Traverso, 2018).

Cruz & Romero (2018) mencionan que el modelo fue implementado con la finalidad de predecir caudales a escala mensual, siendo destinado en un inicio para estudios de proyectos de riego y luego a estudios hidrológicos (abastecimiento de agua, hidroelectricidad, etc.). Los resultados de la aplicación del modelo a cuencas de la sierra peruana han generado una buena correspondencia respecto a los valores aforados. Teniendo en cuenta que en la sierra peruana hay ausencia de registros de caudal, el modelo se desarrolló en función a parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. A continuación, se describirá el proceso y los factores involucrados en el modelo propuesto por Lutz Scholz presentes en el estudio "Plan de Mejoramiento de Riego en la Sierra y Selva – Plan MERIS II".

3.3.1.1 Ecuación del balance hídrico. La ecuación fundamental del balance hídrico mensual Ecuación *(26*, expresada en mm/mes, se puede describir con la siguiente expresión propuesta por Fischer (Tarazona, 2005).

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \tag{26}$$

Donde:

CMi: El caudal mensual en mm/mes

Pi: Precipitación mensual en mm/mes

Di: Déficit de escurrimiento en mm/mes

Gi: Gasto de la retención en mm/mes

Ai: Abastecimiento de la retención en mm/mes

Teniendo en cuenta que, para periodos largos, el gasto y el abastecimiento son iguales, la retención de la cuenca no cambia en periodos prolongados, y para un año promedio parte

de la precipitación vuelve a la atmosfera por evaporación. Entonces se sustituye (P-D) por (C*P) y tomando en cuenta el cambio de unidades a m^3/s, la ecuación seria:

$$Q = c' \times C \times P \times AR \tag{27}$$

Donde:

Q: Caudal mensual en m^3/s

c': Coeficiente de conversión del tiempo en mes/s

C: Coeficiente de escurrimiento

P: Precipitación total mensual en mm/mes

AR: Área de la cuenca en m^2

3.3.1.2 Coeficiente de escurrimiento (C). Buguña (2019) considera el uso de L. Turc para la estimación de este parámetro, cuya expresión es la siguiente:

$$C = \frac{P - D}{P} \tag{28}$$

Donde:

C: Coeficiente de escurrimiento en mm/año

P: Precipitación total anual en mm/año

D: Déficit de escurrimiento en mm/año

Para el cálculo del déficit de escurrimiento (D), se usa la siguiente expresión:

$$D = P \frac{1}{(0.9 + \frac{P^2}{L^2})^{1/2}} \tag{29}$$

Donde:

D: Déficit de escurrimiento en mm/año

P: Precipitación total anual en mm/año

L: coeficiente de temperatura

- El coeficiente de temperatura (L) se calcula:

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 \tag{30}$$

Donde:

T: Temperatura media mensual en ºC

Según Scholz (1980) por los fallos que presenta el método de Turc en la sierra del Perú, debido al clima muy especial, se calibraron los resultados obtenidos y se obtuvieron ecuaciones empíricas regionales para Cusco y Huancavelica con buena aproximación, la cuales son:

$$\hat{C} = 3.16 \times 10^{12} \times P^{-0.571} \times EP^{-3.686} \quad (31)$$

$$\widehat{D} = -1380 + 0.872 \times P + 1.032 \times EP \quad (32)$$

Donde:

C: Coeficiente de escurrimiento

D: Déficit de escurrimiento en mm/año

P: Precipitación total anual en mm/año

EP: Evapotranspiración potencial anual según Hargreaves en mm/año

La evapotranspiración potencial se ha determinado por la formulación de radiación desarrollada por Hargreaves:

$$EP = 0.0075 \times RSM \times TF \times FA \quad (33)$$

$$RSM = 0.075 \times RA \times (n/N)^{1/2} \quad (34)$$

$$FA = 1 + 0.06 \times AL \quad (35)$$

Donde:

EP: evapotranspiración potencial anual (mm/año)

RSM: radiación solar media (mm H_2O/año)

FA: coeficiente de corrección por elevación

TF: temperatura media anual (°F)

RA: radiación extraterrestre (mm H_2O / año)

(n/N): relación entre insolación actual y posible (%)

AL: elevación media de la cuenca (km)

3.3.1.3 Precipitación efectiva (Pe). Asumiendo que los caudales medios observados se conserven un estado de equilibrio entre el gasto y abastecimiento de la retención de la cuenca de estudio, se determina la precipitación efectiva para un coeficiente de escurrimiento promedio, de modo que la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total sea el coeficiente de escurrimiento. Para este cálculo se empleó el método del *United States Bureau*

of Reclamation (USBR) para la determinación de la parte de la lluvia que es aprovechable para cultivos (Tarazona, 2005). Para la obtención de la precipitación efectiva se desarrolló una ecuación polinómica de quinto grado (Ver Ecuación *(36)*):

$$PE = a_0 + a_1 P + a_2 P^2 + a_3 P^3 + a_4 P^4 + a_5 P^5 \quad (36)$$

Donde:

PE: precipitación efectiva (mm/mes)

P: precipitación total mensual (mm/mes)

ai: coeficiente del polinomio

En la Tabla 5 se presentan los valores de coeficientes a_i para el desarrollo del polinomio y la Tabla 6 se muestran los límites para la precipitación y precipitación efectiva.

Tabla 5. Juego de coeficientes para el polinomio

	CURVA I	CURVA II	CURVA II
a_0	-0.018	-0.021	-0.028
a_1	-0.01850	+0.1358	+0.2756
a_2	+0.001105	-0.002296	-0.004103
a_3	-1204 E-08	+4349 E-08	+5534 E-08
a_4	+144 E-09	-89.0 E-09	+124 E09
a_5	-285 E-12	-879 E-13	-142 E-11
C	0.15	0.3	0.45

Fuente: Scholz, 1980

Tabla 6. Límite superior para la PE

Curva	PE (mm)	P (mm/mes)
I	PE -120.6	>177.8
II	PE -86.4	>152.4
III	PE -59.7	>127.0

Fuente: Scholz, 1980

De esta manera, es posible llegar obtener la relación entre precipitación efectiva y precipitación total:

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} PE_i /_P \quad (37)$$

Donde:

C: Coeficiente de escurrimiento

Q: Caudal anual

P: Precipitación total anual en mm

Para la determinación de la precipitación efectiva debemos tener en cuenta el valor del coeficiente de escorrentía (C), el cual sirve como indicador de cual combinación de curvas se deben emplear. Las combinaciones pueden ser: I y II o II y III. Una vez se opte por una de las combinaciones, se podrá calcular los coeficientes de ponderación. Estos se pueden calcular con las siguientes expresiones.

- **Combinación I y II:**

$$C_I = \frac{C \times P - PE_{II}}{PE_I - PE_{II}} \quad (38)$$

$$C_{II} = \frac{C \times P - PE_I}{PE_{II} - PE_I} \quad (39)$$

- Condición: 0 < CII, CIII < 1 y CII + CIII =1

Si la primera combinación no cumple con la condición, se puede probar la siguiente combinación.

- **Combinación II y III:**

$$C_{II} = \frac{C \times P - PE_{III}}{PE_{II} - PE_{III}} \quad (40)$$

$$C_{III} = \frac{C \times P - PE_{II}}{PE_{III} - PE_{II}} \quad (41)$$

- Condición: 0 < CII, CIII < 1 y CII + CIII =1

De esta forma la precipitación efectiva se determinaría con la Ecuación *(42*) o Ecuación *(43*), dependiendo cual combinación se haya elegido.

$$PE = C_I * PE_I + C_{II} * PE_{II} \quad (42)$$

$$PE = C_{II} * PE_{II} + C_{III} * PE_{III} \quad (43)$$

Donde:

CI, II y III: Coeficientes de ponderación de la curva I, II y III

PEI, II y III: Precipitación determinada por la curva I, II y III

PE: Precipitación efectiva mensual

C: Coeficiente de escorrentía

P: Precipitación mensual total en mm

Otra manera de calcular la precipitación efectiva es con el uso las fórmulas propuestas por FAO (1974), las cuales son:

- Cuando P > 75mm/mes

$$PE = 0.8 \times P - 25 \quad (44)$$

- Cuando P < 75mm/mes

$$PE = 0.6 \times P - 10 \quad (45)$$

3.3.1.4 Coeficiente de agotamiento (a). Se puede determinar el coeficiente de agotamiento a partir de datos hidrométricos, teniendo en cuenta que el coeficiente no es constante, ya que disminuye progresivamente durante la época de estiaje.

Para cuatro clases de cuencas se desarrollaron ecuaciones para la determinación del coeficiente de agotamiento, siendo el área de la cuenca de quien dependen estas ecuaciones. En la Tabla 7 se presentan las ecuaciones:

Tabla 7. Coeficientes de agotamiento

Tipo de cuenca	Ecuación	Especificación
Agotamiento muy rápido	$a = -0.00252 \times LnAR + 0.034$	-Elevadas temperaturas <10 °C -50mm/año ≤ R ≤ 80mm/año
Agotamiento rápido	$a = -0.00252 \times LnAR + 0.030$	-Presenta vegetación poco desarrollada -50mm/año ≤ R ≤ 80mm/año
Agotamiento mediano	$a = -0.00252 \times LnAR + 0.026$	-Presenta vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados) -R promedio = 80mm/año
Agotamiento reducido	$a = -0.00252 \times LnAR + 0.023$	- Presenta vegetación mezclada -R> 100 mm/año

Fuente: Scholz, 1980

3.3.1.5 Retención de la cuenca (R). Se asume la existencia de un equilibrio entre el abastecimiento y gasto dentro de la cuenca, de tal forma que el caudal total sea de igual magnitud a la precipitación efectiva anual. De esta manera se puede calcular la retención y el caudal según las siguientes expresiones:

$$R_i = PE_i - CM_i \tag{46}$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \tag{47}$$

Donde:

R_i: Retención de la cuenca en mm/mes

PE_i: Precipitación efectiva mensual en mm/mes

CMi: Caudal mensual en mm/mes

G_i: Gasto de retención en mm/mes

A_i: Abastecimiento de la retención en mm/mes

3.3.1.6 Relación entre descargas y retención. Durante la temporada seca, el gasto de retención proporciona a la cuenca el caudal base para abastecer a los ríos. La reserva o retención se agota una vez la temporada seca haya terminado; es durante ese tiempo donde la descarga se calcula de la siguientes formulas:

$$g_i = e^{-at} \tag{48}$$

$$G_i = \left(\frac{g_i}{\sum g_i}\right) \times R \tag{49}$$

Donde:

Gi: Gasto de retención en mm/mes

gi: Relación de descarga del mes actual y del mes anterior

a: Coeficiente de agotamiento

t: Tiempo en mes

R: Retención en mm/mes

Una vez iniciada la temporada de lluvias, el gasto de la retención termina y da inicio al suministro de los almacenes hídricos. Este proceso se genera por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. Se determinó que el abastecimiento es más fuerte ocurre al principio de la estación lluviosa continuando de forma paulatina, pero manera descendente, hasta finalizar dicha estación.

3.3.1.7 Almacenamiento Hídrico. Entre los almacenes naturales que inciden y son aportantes de la retención de la cuenca, tenemos:

- Acuíferos
- Lagunas y pantanos
- Nevados

Cada uno de estos almacenamientos, contribuye a la retención una "lamina" en mm/año, dada por:

- Lamina Específica de Acuíferos (LA):

$$LA = -750 \times I + 315 \quad (50)$$

Donde:

I: Pendiente de desagüe (I ≤ 15%)

- Lamina Específica de Lagunas Y Pantanos (LL):
  LL = 500 mm/ año

- Lamina Específica de Nevados (LN):
  LN = 500 mm/ año

3.3.1.8 Abastecimiento de la retención (A). El abastecimiento de la retención "Ai" es el volumen de agua que almacena la cuenca durante los meses de grandes avenidas. En esta época donde el abastecimiento aumenta progresivamente de principio a fin. Para el cálculo de este parámetro se han determinado coeficientes para diferentes regiones en la sierra del Perú, los cuales se indican en la Tabla 8. También es válido el uso de datos confiables de cuencas vecinas comparables. Este coeficiente se expresa en porcentaje y la suma de los valores relativos del abastecimiento "ai" que es igual al 100% corresponde a la restitución total de la retención "R" a la cuenca.

Tabla 8. Coeficientes de abastecimiento (%)

Región	Mes						Total
	Ene	Feb	Mar	Oct	Nov	Dic	
Cusco	40	20	0	0	5	35	100
Huancavelica	30	20	5	10	0	35	100
Junín	30	30	5	10	0	25	100
Cajamarca	20	25	30	20	0.05	0	100

Fuente: Scholz, 1980

El almacenamiento que se presenta como una lámina de agua (Ai), puede ser tomado como el déficit de la precipitación efectiva mensual. Y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_i = a_i(^{R}/_{100}) \quad (51)$$

Donde:

Ai: Abastecimiento mensual en mm/mes

ai: Coeficiente de abastecimiento en %

R: Retención de la cuenca en mm/año

3.3.1.9 Determinación del caudal mensual para el año promedio. A partir de los parámetros antes mencionados, se plantea una ecuación que describe y planeta el balance hídrico a escala mensual, mediante la Ecuación *(52*:

$$CM_i = PE_I + G_i - A_i \quad (52)$$

Donde:

CMi: Caudal mensual i (mm/mes)

PEi: Precipitación efectiva mensual i (mm/mes)

Gi: Gasto de la retención mensual i (mm/mes)

Ai: Abastecimiento mensual i (mm/mes)

3.3.1.10 Generación de caudales mensuales para periodos extendidos. Con la finalidad de generar una serie de caudales para períodos extendidos, se ha implementado un modelo estocástico que consiste en la combinación de un proceso markoviano de primer orden, según la Ecuación *(53*, junto a una variable de impulso, la precipitación efectiva en la Ecuación *(54*).

$$Q_t = (Q_{t-1}) \quad (53)$$

$$Q_t = (PE_t) \quad (54)$$

Para obtener una óptima simulación de los caudales sintéticos e incrementar el rango de valores generados, el modelo incorpora una variable aleatoria denominada:

$$Z = z(S)\sqrt{1 - r^2} \quad (55)$$

Donde:

S: Error estándar de la regresión múltiple

r^2: Coeficiente de determinación múltiple

z: Numero aleatorio normalmente distribuido

Combinando los componentes antes mencionados, la ecuación de primer orden para la generación de caudales a escala mensual, se expresa:

$$Q_t = B_1 + B_2(Q_t - 1) + B_3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2} \quad (56)$$

Donde:

Qt: Caudal del mes t

Qt-1: Caudal del mes t

PEt: Precipitación efectiva el mes t

Bi: Factor constante o caudal básico (i=1,2,3)

Para el cálculo de los parámetros B1, B2, B3, r y S, se realiza un proceso de regresión múltiple tomando Qt como valor dependiente y Qt-1 y PEt, como valores independientes.

El proceso de generación necesita de un valor inicial, el cual puede ser conseguido a través de una de las siguientes formas:

- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo.
- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes.
- Empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor Q_0 sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

3.3.1.11 Restricciones del modelo. Pasos a tener en consideración:

- Su uso es únicamente para el cálculo de series de caudales a escala mensual.
- Las series generadas en período estiaje, presentaran una mayor confiabilidad que los valores generados para la época de avenidas.
- La aplicación del modelo está sujeto a las cuencas en las que se ha calibrado sus parámetros (sierra peruana: Cusco, Huancavelica, Junín, Cajamarca).

3.3.2 Modelo GR2m

El GR2M es un modelo hidrológico global desarrollado por la empresa francesa CEMAGREF (Centro de Investigación Agrícola e Ingeniería Ambiental Francia), siendo propuesto para reconstruir caudales en intervalos mensuales a partir de variables de entrada tales como la precipitación y evapotranspiración. Posterior a ello desde 1983, año en que se propuso el modelo hidrológico de forma global, el modelo GR2m ha ido progresando, generando diferentes versiones a paso del tiempo como lo son el modelo GR3J y GR4J para caudales con periodos diarios; el GR1A para intervalos de caudales anuales, resultando útil cuando la información es limitada en la zona de la cuenca.

Para su ajuste y validación se requieren tres variables de entrada, precipitación mensual acumulada, evapotranspiración media mensual y escurrimiento mensual, todas ellas expresadas en milímetros (Cemagref, 2008).

GR2m modelo convierte la precipitación en escorrentía mediante la aplicación de dos funciones: producción y transferencia; adicional a ello consta de una estructuración a dos reservorios (ver Figura 13): suelo y agua gravitacional; dichos componentes actúan de manera junta, es decir la función producción actúa en el primer reservorio y la transferencia está gobernada por el segundo reservorio, respectivamente. Mouelhi et al. (2006) sostiene que el aporte de estas funciones es instantáneo al inicio y después con el paso del tiempo se vacía gradualmente. El nivel de este reservorio determina el gasto que puede liberar.

El modelo depende de dos parámetros fundamentales: X1 que es la capacidad de almacenar agua en el reservorio suelo en unidades de milímetros, y X2 que se denomina al coeficiente de intercambio en el reservorio de agua gravitacional siendo este un numero adimensional.

El procesamiento de GR2m se lleva a cabo al ingresar el flujo entrante (precipitación) y salientes (evapotranspiración) del reservorio suelo. Posterior a ello, una parte la precipitación ingresa al suelo, siendo este dividido entra lo que se evapora y lo que percola en este reservorio. Mientras que la otra parte de precipitación escurre, uniéndose finalmente en un punto para llegar al otro reservorio de agua gravitacional, siendo "P2 + P1" la cantidad de fluido que ingresa al estanque último, el cual tiene como capacidad máxima 60 mm. Ver Figura 13.

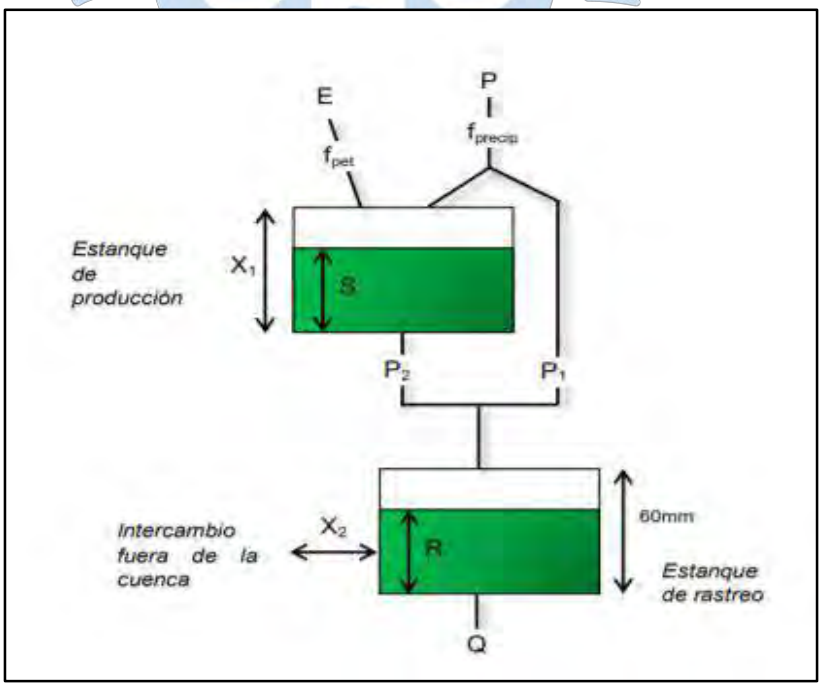


Figura 13. Estructuración del modelo hidrológico GR2m

Fuente: Mouelhi, 2006

Donde:

P: Precipitación media de la cuenca en mm

E: Evapotranspiración actual en mm

S: Almacenamiento del reservorio suelo al inicio del periodo de análisis en mm

R: Almacenamiento del reservorio de agua gravitacional inicial de análisis en mm

Q: Caudal a la salida de la cuenca en mm/s

P2: Percolación profunda

P1: Escorrentía superficial en mm

X_1: Capacidad de almacenamiento del reservorio de suelo en mm

X_2: Coeficiente de intercambios subterráneos adimensional

A continuación, se describe la función de producción y transferencia:

a) Función de producción:

Todo inicia a partir de la precipitación, siendo una parte absorbida por el reservorio suelo y la restante se direcciona al reservorio de agua gravitacional. Generando un nuevo volumen de agua en el suelo (S1), el cual se calcula:

$$S_1 = \frac{S + X_1 * \varphi}{1 + \varphi * \frac{S}{X_1}} \quad (57)$$

Donde:

X_1: Capacidad del reservorio suelo

φ: Tanh(P/X_1)

P: Precipitación media de la cuenca en mm

S: Almacenamiento del reservorio suelo en mm

Asumiendo que no se generan pérdidas, el volumen de agua antes de la infiltración debe ser el mismo después de esta y se obtiene mediante la Ecuación *(58*:

$$P_1 = P + S - S_1 \quad (58)$$

Donde:

P_1: escorrentía superficial en mm

Para una segunda instancia, el primer reservorio (suelo), se verá afectado por el fenómeno de la evapotranspiración generando una disminución de su volumen a S_2 Ver Ecuación *(59*):

$$S_2 = \frac{S_1(1-\psi)}{1+\psi(1\frac{S}{X_1})} \tag{59}$$

Donde:

ψ : Tanh(E/X_1)

E: Evapotranspiración actual

Este nuevo volumen obtenido (S_2) será transferido al reservorio de agua gravitacional y el remanente se convertirá en el volumen inicial S para el periodo de análisis siguiente, resultando:

$$S = \frac{S_2}{(1+(\frac{S_2}{X_1})^3)^{1/3}} \tag{60}$$

Finalmente, el volumen que percola (P_2) se calculara mediante la diferencia entra S2 y S:

$$P_2 = S2 - S \tag{61}$$

b) Función de transferencia:

Partiendo del volumen de percolación, la precipitación efectiva que ingresa al reservorio de agua gravitacional (P_3) será:

$$P_3 = P_1 + P_2 \tag{62}$$

Entonces el reservorio de agua gravitacional será lo calculado anteriormente junto con un volumen inicial (R), obteniendo:

$$R_1 = R + P_3 \tag{63}$$

Donde:

R: almacenamiento del reservorio de agua gravitacional (mm)

No obstante, debido a que hay presencia de intercambio de volúmenes a nivel subsuperficial, el volumen de agua gravitacional será corregido por un factor X_2, el cual se muestra en la Ecuación *(64*:

$$R_2 = X_2 R_1 \tag{64}$$

Finalmente, el reservorio de agua gravitacional se vacía siguiendo una función cuadrática dándonos como resultado el caudal de salida:

$$Q = \frac{(R_2)^2}{R_2 + 60} \tag{65}$$

La valoración de la calidad del modelo hidrológico GR2m puede expresarse de manera cuantitativa o cualitativa. La valoración cuantitativa trata de determinar el óptimo valor mayor de la función o criterio de evaluación entre los datos calculados y los observados. Mientras que la cualitativa compara gráficamente valores calculados y observados.

3.3.3 Modelo Temez

Modelo propuesto en 1977 por José Ramón Témez, y desde entonces ampliamente utilizado en cuencas españolas y de otros países (Cabezas, 2016). Es un modelo agregado de pocos parámetros la cual reproduce de manera continua en el tiempo el ciclo hidrológico, permitiendo a partir de la precipitación, evapotranspiración y el almacenamiento subterráneo poder estimar o simular los caudales medios mensuales en cualquier punto de una red hidrográfica (Alonso & Silveira, 2019).

El modelo supone la división del suelo dos capas: Una superior insaturada, y una inferior que se encuentra saturada, considerada como embalse subterráneo ya que genera flujos en la red superficial (Pizarro et al., 2005).

En la Figura 14 se describe gráficamente la simulación del ciclo hidrológico, donde la precipitación (P) se divide en 2 partes. Por una parte, el excedente (T) el cual se descompone en escorrentía superficial (E) que, drenada por el cauce, mientras que el resto se infiltra y alimenta a los acuíferos que liberan sus aguas fechas posteriores. Por otro lado, la evapotranspiración (ET) se genera a partir del agua que no discurre ni se infiltra, si no, con aquella que se almacena en capa superficial del suelo.

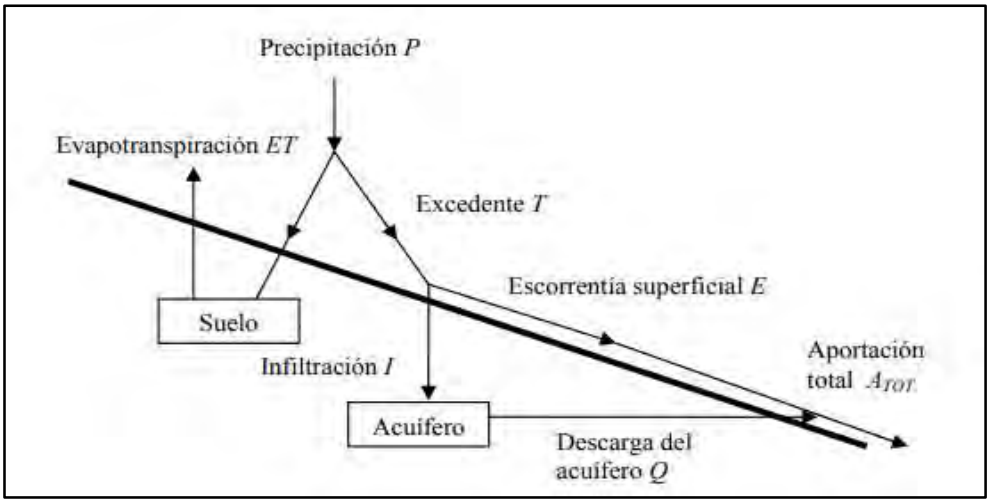


Figura 14. Esquema del modelo Temez

Fuente: Cabezas, 2016

Asimismo, dentro del ámbito local Oñate et al. (2005) mencionan que el modelo Témez se usa en Iberoamérica mayormente para el modelamiento de lluvia-escorrentía en cuencas de tamaño medio con diferentes condiciones climáticas y geográficas. En el Perú, Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) en su estudio "Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río San Juan, Pisco-Perú" emplearon los modelos hidrológicos lluvia-escorrentía (Témez y Plan MERISS) para poder generar series de caudales confiables que permitan contrarrestar la deficiencia en la toma de datos en la estación de aforo del río. El estudio determinó que los caudales generados tanto por el modelo Lutz como Temez, logran ajustarse a los valores mínimos históricos medidos (estiaje); sin embargo, para periodos lluviosos y de grandes avenidas los caudales generados están por debajo de los históricos.

El modelo Témez, pone a disposición una serie de ecuaciones matemáticas que regulan los procesos de transferencia hídrica, y del resto del ciclo hidrológico.

a) Cálculo del excedente: Mediante la siguiente expresión:

$$T_i = \begin{cases} 0, & si\ \ P_i \leq P_0 \\ \dfrac{(P_i - P_0)^2}{(P_i - \delta_i - 2P_0)}, & si\ \ P_i > P_0 \end{cases} \tag{66}$$

$$\delta_i = H_{max} - H_{i-1} + ETP_i \tag{67}$$

$$P_0 = C \times (H_{max} - H_{i-1}) \tag{68}$$

Donde:

Pi: Precipitación en el mes i en mm

Ti: Excedente en el mes i (mm)

Hmax: Capacidad máxima de retención de agua en el suelo en mm

Hi-1: Humedad en el suelo al final del mes i-1

ETPi: Evapotranspiración potencial en el mes i

C: Parámetro de excedente

δ_i : Máxima cantidad de agua que puede no participar del escurrimiento en mm

Po: Precipitación mínima para que exista escurrimiento en mm

b) Humedad del suelo y evapotranspiración:

Determinado el excedente, la humedad del suelo se obtiene a partir de las siguientes expresiones:

$$Hi = \max(0, H_{i-1} + P_i - T_i - ETP_i) \quad (69)$$

Paralelamente se habrá producido la evapotranspiración real dada por:

$$ETRi = \max(H_{i-1} + P_i - T_i, ETP_i) \quad (70)$$

c) Infiltración:

El agua que se infiltra (I) viene dada por la siguiente expresión que está en función al excedente (Ti) y a la infiltración máxima (Imax):

$$I_i = I_{max} \frac{T_i}{T_i + I_{max}} \quad (71)$$

A partir de la ecuación anterior se puede deducir que la infiltración (Ii) aumenta a la par con el excedente (Ti) de forma asintótica, teniendo como límite el valor Imax.

d) Aporte de acuíferos:

Con respecto a los acuíferos, al igual que el suelo, es una capa capaz de almacenar agua y también de descargarla a la red de drenaje superficial. Cabezas (2016) propone dos hipótesis de funcionamiento: la primera consiste en que la recarga por infiltración se concentra instantáneamente en la mitad del periodo, y la segunda considerar al acuífero como un embalse lineal. Dadas las hipótesis, la ley de descarga exponencial es:

$$Q_i = Q_{i-1} \times e^{-\alpha t} \quad (72)$$

Donde:

Qi: Descarga en el instante i

Qi-1: Descarga en el instante i-1

α: Coeficiente de agotamiento

La hipótesis del embalse lineal, consiste en que el caudal de descarga (Qi) es igual al volumen almacenado (Vi) multiplicado por el coeficiente de agotamiento, y la expresión es:

$$Q_i = \alpha \times V_i \tag{73}$$

Por otro lado, la recarga supone que se concentra en la mitad del mes, entonces la ley de los caudales subterráneos es:

$$Q_i = Q_{i-1} \times e^{-\alpha t} + \alpha \times R_i \times e^{-\alpha t/2} \tag{74}$$

Donde:

Qi: Caudal de descarga en el instante i

α: Coeficiente de agotamiento

t: Intervalo de tiempo entre los instantes i-1 e i

Ri: Intensidad de la recarga al acuífero en el periodo i-1 a i. Coincide con la infiltración Ii.

Si a la expresión antes mostrada, la dividimos en ambos lados por el coeficiente de agotamiento (α) encontramos el volumen almacenado en el acuífero:

$$V_i = V_{i-1} \times e^{-\alpha t} + R_i \times e^{-\alpha t/2} \tag{75}$$

Por lo tanto, el aporte del acuífero para el periodo de estudio seria:

$$A_{subi} = V_{i-1} - V_i + R_i \tag{76}$$

e) Aporte total:

Es la resultante de la sumatoria entre la escorrentía superficial y el aporte de los acuíferos, y se calcula mediante:

$$A_T = T_i - I_i + A_{subi} \tag{77}$$

f) Parámetros del modelo:

Son cuatro los parámetros que necesita el modelo para su funcionamiento y estos son:

- Capacidad máxima de humedad del suelo (H_{max}):

- Parámetro del excedente (C):
- Capacidad máxima de infiltración (I_{max}):
- Coeficiente de agotamiento (α):

  En la Tabla 9, se encuentran los rangos de fluctuación de valores para cada parámetro.

Tabla 9. Rango de valores para los parámetros del modelo Témez

	Hmax (mm)	C	Imax (mm)	α (mes^{-1})
Min	50	0.2	10	0.001
Max	250	1	150	0.9

Fuente: Paredes et al., 2014

Según Cruz & Romero (2017) la tabla es son sólo referencial para la aplicación de este modelo en el Perú, ya que esos valores son datos empíricos calculados en la Sierra de España.

DINAGUA (2011), nos proporciona una guía base para estructurar una hoja de cálculo que será útil para la determinación de los caudales mensuales de la cuenca. A continuación, se describen los pasos a seguir:

- Columna I: Valores mensuales de precipitación P_i
- Columna II: Valores mensuales de evapotranspiración potencial ETP_i
- Columna III: Máxima cantidad de agua que puede no participar del escurrimiento:

$$\delta_i = H_{max} - H_{i-1} + ETP_i \tag{78}$$

- Columna IV: Precipitación mínima para que exista escurrimiento:

$$P_{0i} = CP_0(H_{max} - H_{i-1}) \tag{79}$$

- Columna V: Excedente:

$$T_i = \begin{cases} 0, & si\ \ P_i \leq P_{0i} \\ \dfrac{(P_i - P_0)^2}{(P_i - \delta_i - 2P_0)}, & si\ \ P_i \leq P_{0i} \end{cases} \tag{80}$$

- Columna VI: Humedad del suelo al final del mes:

$$H_i = max(0, H_{i-1} + P_i - T_i - ETP_i) \tag{81}$$

- Columna VII: Evapotranspiración real:

$$ETR_i = min(H_{i-1} + P_i - T_i, ETP_i) \quad (82)$$

- Columna VIII: Infiltración a la zona saturada:

$$I_i = I_{max} \frac{T_i}{T_i + I_{max}} \quad (83)$$

- Columna IX: Escorrentía superficial:

$$A_{supi} = T_i - I_i \quad (84)$$

- Columna X: Volumen del almacenamiento subterráneo:

$$V_i = V \times e^{-\alpha} + R_i \times e^{-\alpha/2} \quad (85)$$

- Columna XI: Aporte subterráneo:

$$A_{subi} = V_{i-1} - V_i + R_i \quad (86)$$

- Columna XII: Aporte total en mm/mes:

$$A_T = A_{supi} + A_{subi} \quad (87)$$

Paredes et al. (2014), menciona que las condiciones iniciales, como la humedad inicial del suelo (H_0) y el almacenamiento inicial en el acuífero ($V_0 = Q_0/\alpha$) se reducen mientras pasa el tiempo, por lo que estos resultan en la mayoría de los casos, poco significativos. Para este caso de estudio se ha considerado V_{i-1} y H_{i-1} iguales a cero.

3.3.4 Modelo abc

Buguña (2019) hace referencia a la concepción del modelo hidrológico ABC, desarrollado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), como una herramienta didáctica que relaciona la precipitación, evapotranspiración, el almacenamiento de aguas subterráneas y el caudal. Se presenta como un modelo lineal que no posee el componente de la humedad del suelo, por lo que no hay una buena expectativa de su buen desempeño, pero se puede usar para lograr estimaciones rápidas de los caudales. Por su facilidad de uso, no se necesita de un gran esfuerzo para comprenderlo.

Su fundamento radica en un balance hidrológico, basado en las ecuaciones de continuidad, que tiene como componentes a la precipitación, evapotranspiración, infiltración y los elementos del agua subterránea. Así mismo, estos componentes se definen a continuación:

a) Infiltración:

Por la linealidad que presenta el modelo, la infiltración se presenta en función a la precipitación en el tiempo multiplicado por un parámetro "a" que representa la fracción de lluvia que se infiltra, como se observa en la Ecuación *(88*):

$$I_t = aP_t \tag{88}$$

Donde:

a: Parámetro de infiltración

Pt: Precipitación mensual en mm

I_t: Infiltración en mm

b) Evapotranspiración:

Es la misma evapotranspiración multiplicada por el parámetro "b" que representa la fracción de lluvia que se evapora, como se observa en la Ecuación *(89*):

$$ETP_t = bETP_t \tag{89}$$

Donde:

b: Parámetro de evaporación

ETPt: Evapotranspiración mensual en mm

c) Escorrentía superficial:

Es el componente restante de la precipitación que no se infiltra ni evapora, y está dado por:

$$P_t - I_t - ETP_t = (1 - a - b)P_t \tag{90}$$

d) Almacenamiento de agua subterránea:

Está dado por:

$$G_t = (1 - c)G_{t-1} + aP_t \tag{91}$$

Donde:

Gt: Almacenamiento de agua subterránea en mm

c: Parámetro de agua subterránea

G_{t-1}: Almacenamiento de agua subterránea del mes anterior en mm

a: Parámetro de infiltración

Pt: Precipitación mensual en mm

Si fuese el caso del inicio de cálculo, el valor para almacenamiento de agua subterránea del mes anterior (G_{t-1}) se toma como el valor de almacenamiento inicial (G_0). Se recomienda que su valor sea asumido con criterio y con rangos correspondientes a la zona, tipología de suelo y la vegetación (ANA,2015).

e) Caudal generado:

Esta dada por la combinación de la fracción de infiltración, evapotranspiración y agua subterránea que contribuye al caudal final de la cuenca:

$$Q_t = (1 - a - b)P_t + cG_{t-1} \tag{92}$$

Teniendo en cuenta que los parámetros a, b y c representan fracciones de los componentes del ciclo hidrológico, presentan límites superiores e inferiores como:

$$0 \leq a, b, c \leq 1 \tag{93}$$

Además, como la suma de la evapotranspiración e infiltración no pueden exceder a la precipitación total, se tiene:

$$0 \leq a + b \leq 1 \tag{94}$$

Por otro lado, se proporciona una guía para la configuración de una hoja de cálculo que nos permitirá la obtención de los caudales mensuales:

- Columna I: Fecha
- Columna II: Valores mensuales de precipitación (Pt)
- Columna III: Corresponde al cálculo para la determinación de la infiltración (It), según la Ecuación *(88*.
- Columna IV: Corresponde al cálculo para la determinación de la evapotranspiración (ETPt), según la Ecuación *(89*.
- Columna V: Corresponde al cálculo del almacenamiento de aguas subterránea (Gt), según la Ecuación *(91*.
- Columna VI: Corresponde al cálculo del caudal generado, y se obtiene mediante la Ecuación *(92*.
- Columna VII: Se realiza la conversión del caudal generado en mm a m^3/s.

3.4 Metodología para el uso de los modelos hidrológicos

Para certificar el desarrollo y finalización de la investigación se seguirá paso a paso la siguiente metodología de trabajo, donde se usarán métodos matemáticos y mecanismos de

investigación para alcanzar y satisfacer el resultado teóricamente válido. A continuación, se listará paso a paso la metodología a seguir para el proyecto:

- Definir cuál es la zona de estudio y sus necesidades.
- Recopilar información disponible de la subcuenca y antecedentes de gran relevancia que puedan influir en el estudio.
- Identificar los parámetros que requiere cada modelo hidrológico.
- Evaluar los modelos hidrológicos.
- Realizar la calibración y validación de los modelos.
- Evaluar la eficiencia de los modelos.
- Analizar los resultados y seleccionar el modelo hidrológico que más se ajuste a las condiciones de la cuenca.

3.5 Calibración y validación de los modelos hidrológicos

La calibración es un proceso que consiste en la estimación de valores para los parámetros que intervienen en los modelos hidrológicos, y de esta manera conseguir una serie de datos generados que se ajuste óptimamente a la serie de datos observados). Este procedimiento se puede realizar de manera manual o automática, minimizando o maximizando la función objetivo (error de balance de masas, coeficiente de correlación, eficiencia de Nash-Sutcliffe, etc) la cual evalúa la bondad de ajuste del modelo (Herrera, 2015). Esta función se puede adaptar a los requerimientos de cada usuario, es decir, se puede combinar utilizando una función multiobjetivo para calibrar el modelo hidrológico.

La validación tiene como objetivo verificar la calidad de ajuste de las predicciones generadas por los parámetros calibrados, en un periodo distinto a la calibración. El modelo se considera como valido cuando la función objetivo arroja buenos resultados, ya que estos representan la bondad del ajuste del modelo en cuanto a los datos generados y los observados (Tellez, 2016).

A continuación, se presentan algunas funciones o medidas de rendimiento:

3.5.1 Eficiencia de Nash y Sutcliffe (NSE)

Corresponde a un indicador de eficiencia predictiva del modelo simulado respecto al modelo real. Si la modelación es excelente, NSE=1, si se intentase ajustar las observaciones con el valor promedio, entonces NSE=0 (Cabrera, 2012b). Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Q_{obs,i} - Q_{sim,i}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(\overline{Q_{obs}} - Q_{sim,i}\right)^2} \quad (95)$$

Donde:

Qobs,i: Caudal observado para cada mes i

Qsim,i: Caudal generado para cada mes i

$\overline{Qobs}$: Caudal observado medio

En la Tabla 10, se muestran el rango de valores y el ajuste del criterio de Nash-Sutcliffe.

Tabla 10. Niveles de ajuste estadístico - NSE

NSE	Nivel de ajuste
<0.2	Insuficiente
0.2 - 0.4	Satisfactorio
0.4 – 0.6	Bueno
0.6 – 0.8	Muy bueno
> 0.8	Excelente

Fuente: Molnar, 2011, como se citó en Cruz & Romero,2018

3.5.2 Raíz del error cuadrático medio (RMSE)

Permite medir la magnitud de la desviación entre los caudales generados y los observados (Cabrera, 2012b). Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{sim,i} - Q_{obs,i})^2}{n}} \quad (96)$$

Donde:

Qobs,i: Caudal observado para cada mes i

Qsim,i: Caudal generado para cada mes i

n: Número de datos observados

El rango de valores es de 0 < RRMSE < +∞, siendo cero el ajuste perfecto.

3.5.3 Desviación estándar de las observaciones (RSR)

Es la versión estandarizada del RMSE, incluyendo el ajuste de escala (al dividir por la desviación estándar de los datos observados). Su valor óptimo es cero, lo que implica una muy buena simulación del modelo (López, 2012). Se obtiene con la Ecuación *(97*):

$$RSR = \frac{RMSE}{DESVEST_{obs}} \quad (97)$$

En la Tabla 11, se muestran los niveles de desempeño para diferentes rangos referenciales.

Tabla 11. Niveles de ajuste estadístico - RSR

RSR	Nivel de ajuste
0.0 ≤ RSR ≤ 0.5	Muy bueno
0.5 ≤ RSR ≤ 0.6	Bueno
0.6 ≤ RSR ≤ 0.7	Satisfactorio
RSR ≥ 0.7	Insatisfactorio

Fuente: Moriasi, 2007, como se citó en López, 2018

3.5.4 Coeficiente de determinación (R^2)

Expresa la dependencia lineal entre dos variables. Su principal propósito es determinar la calidad del modelo para replicar resultados y la proporción de varianza respecto a los valores generados (Buguña, 2019). Se formula mediante la Ecuación *(98*):

$$R^2 = \frac{Cov(Qobs, Qsim)^2}{S_{obs,i} S_{sim,i}} \quad (98)$$

Donde:

Cov(Qobs,Qsim): Covarianza entre los valores observados y los generados

Sobs,i: Desviación típica de los valores observados

Ssim,i: desviación típica de los valores observados

Este coeficiente es muy sensible a valores extremos que hacen crecer el coeficiente dando una falsa apariencia de buen ajuste (SARRIA, 2008, como se citó en Herrara, 2015).

Además, no debe ser el único indicador de buen ajuste, solo representa un valor inicial que debe ser complementado con otros índices para realmente tener certeza del grado de ajuste del modelo.

Por otro lado, a partir del coeficiente de determinación (R^2) se puede determinar el coeficiente de correlación (r):

$$r = \sqrt{R^2} \quad (99)$$

A continuación, se presenta la Tabla 12, donde se muestran los rangos referenciales y el nivel de ajuste para el coeficiente de correlación (r) y determinación (R^2):

Tabla 12. Niveles de ajuste estadístico - R y R^2

r	Nivel de ajuste	R^2	Nivel de ajuste
0.0 – 0.2	Mínima	0.0 – 0.04	Mínima
0.2 – 0.4	Baja	0.04 – 0.16	Baja
0.4 – 0.6	Moderada	0.16 – 0.36	Moderada
0.6 – 0.8	Buena	0.36 – 0.64	Buena
0.8 – 1.0	Muy buena	0.64 – 1.0	Muy buena

Fuente: Mendoza, 2015, como se citó en Buguña, 2019

Capítulo 4

Descripción de la subcuenca Charanal

4.1 Ubicación Geográfica

La subcuenca del río Charanal, forma parte de los 9 tributarios de mayor aporte hídrico de la cuenca del río Piura (ANA, 2014). Presenta una superficie de 245.3 km^2 que abarca los distritos de Frías, Santo Domingo, Morropón y Chulucanas. Políticamente se encuentra ubicada en la provincia de Morropón y Ayabaca en el departamento de Piura, en la parte noroccidental del Perú. Geográficamente, la subcuenca está comprendida entre los paralelos 04° 56’ 06’’ y 05° 07’ 48’’ de latitud sur, y los meridianos 79° 50’ 48’’ y 80° 52’ 48 de longitud oeste (Ver Figura 15).

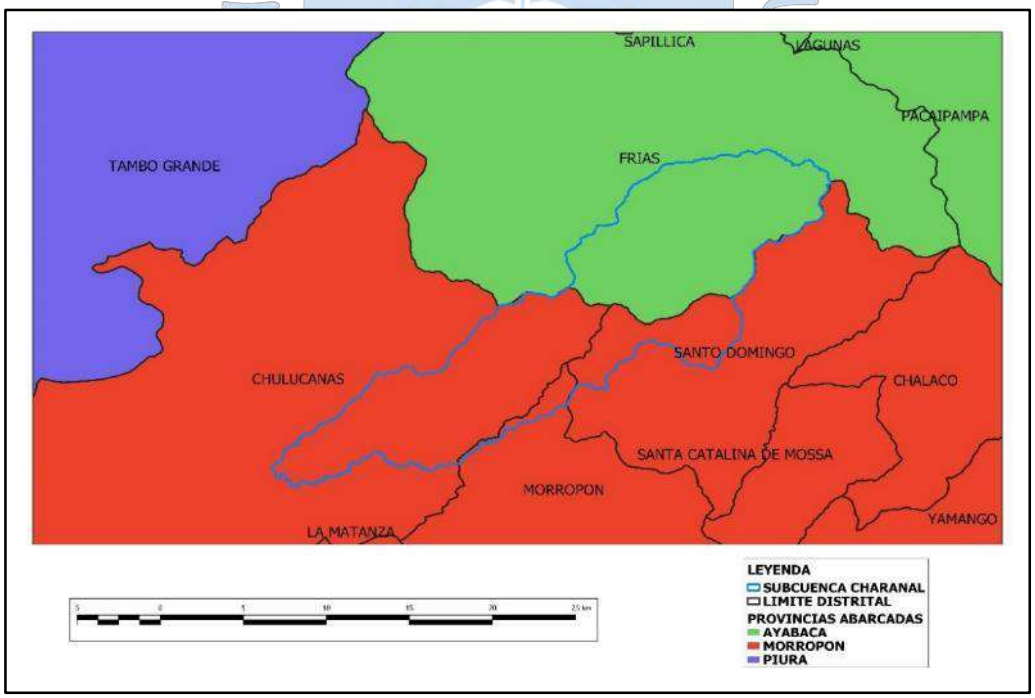


Figura 15. Ubicación geográfica de la subcuenca Charanal

4.2 Características de la zona

A continuación, se muestran las principales características de la zona de estudio:

4.2.1 Topografía

La subcuenca del río Charanal forma parte de la cuenca alta del río Piura, la cual está constituida por el macizo rocoso perteneciente a la cordillera occidental de los andes (ANA, 2001). Presenta valles interandinos con topografía abrupta con una pendiente de 7%, la cual es una pendiente muy baja y con peligro de erosión (ANA, 2014), según lo muestra la Tabla 13.

A fin de conocer el relieve que presenta la zona de estudio, en la Figura 16 se aprecia el agrupamiento del rango de elevaciones a lo largo de toda la topografía de la cuenca presentando una altitud máxima de 3165 msnm y mínima de 97 msnm en la desembocadura de la cuenca.

Tabla 13. Clases de pendientes

Clase de pendiente		Condiciones del terreno
(º)	(%)	
0 - 2	0 - 2	Planicie, sin denudación apreciable.
2 - 4	2 - 7	Pendiente muy baja, peligro de erosión.
4 - 8	7 - 15	Pendiente baja, peligro severo de erosión.
8 - 16	15 - 30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro de erosión severo
16 - 35	30 - 70	Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión suelos.
35 - 55	70 - 140	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible.
> 55	>140	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada.

Fuente: ANA, 201

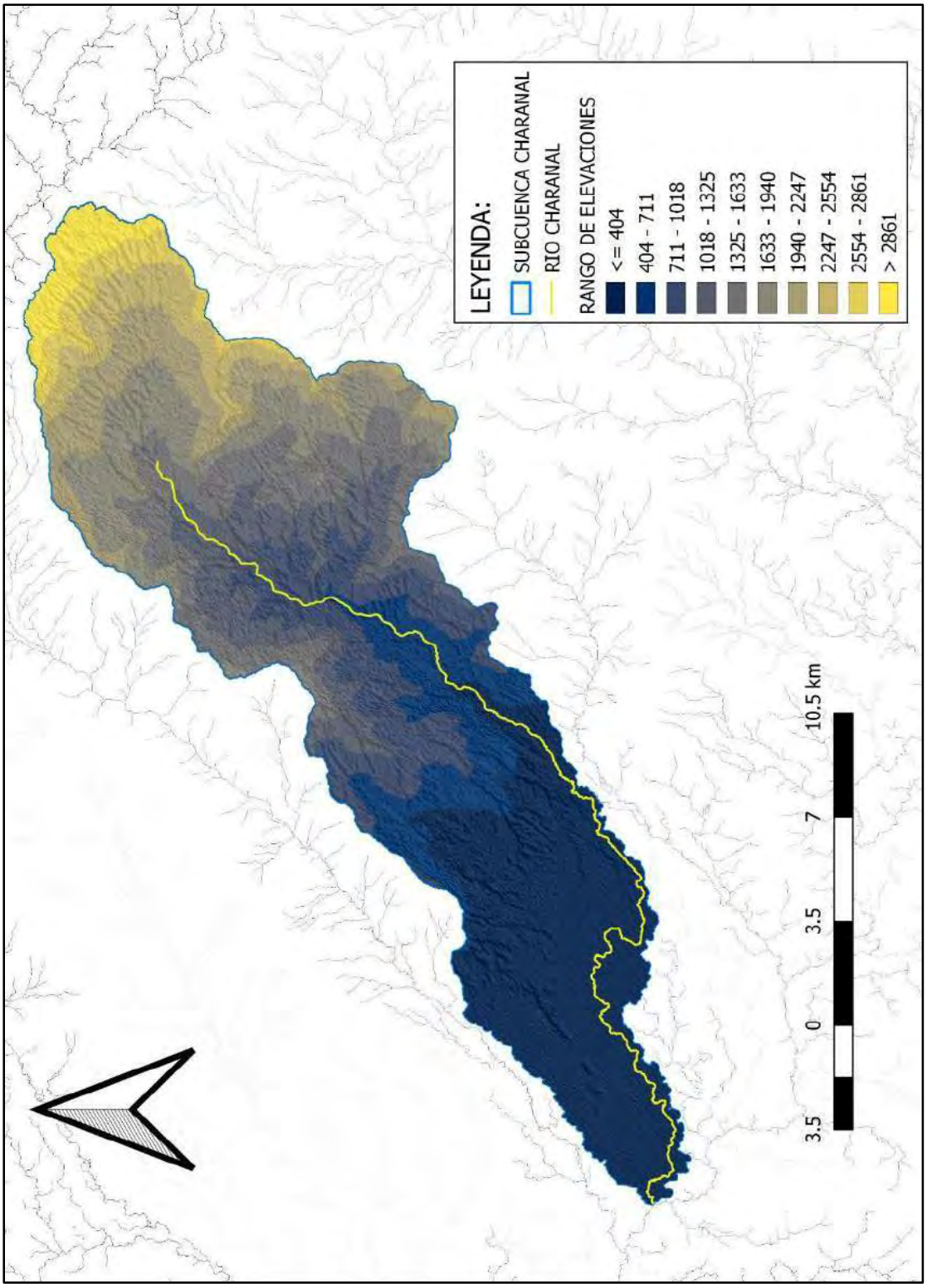


Figura 16. Rango de elevaciones de la subcuenca Charanal

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo digital Alos Palsar

4.2.2 Demografía

Dentro de las ocho provincias que constituyen el departamento de Piura, nos enfocaremos con interés de estudio en la provincia de Morropón y Ayabaca, las cuales se aprecian en la Figura 15, ya que en ellas se encuentran los distritos de Frías, Santo Domingo, Morropón y Chulucanas que componen la subcuenca Charanal.

De acuerdo al último censo nacional de población y vivienda (INEI, 2017) , la provincia de Morropón como se muestra en la Tabla 14, ostenta una población de 162,027 habitantes de los cuales el 63.5% representa la población asentada en zona urbana y 36.5% en zona rural. Según la Tabla 15, dentro de los distritos de Morropón, que engloban la zona de estudio, se encuentra Santo Domingo con una población de 5960 habitantes (100% es población rural), Morropón con 15239 habitantes (80.1% de población urbana y el 19.9% de población rural) y Chulucanas con 82521 habitantes (77% de población urbana y 23% de población rural). Por otro lado, la provincia de Ayabaca presenta con una población de 119,287 habitantes, donde Frías es el segundo distrito más poblado de la provincia con 19896 habitantes (11.8% es población urbana y el 88.2% es rural).

Para estimar la población total de la subcuenca, se utilizó la Tabla 16, que muestra el área que ocupa los distritos que forman parte de la subcuenca Charanal, y también la Tabla 15 la cual indica la densidad poblacional de los distritos de Morropón y Ayabaca. Con esta información se obtuvo una población para la sub cuenca Charanal de 15,206 habitantes.

Tabla 14. Piura: Población censada, según provincia, 2017

Provincia	Total		Urbana		Rural	
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%
Total	1 856 809	100.0	1 471 833	79.3	384 976	20.7
Piura	799 321	100.0	707 318	88.5	92 003	11.5
Ayabaca	119 287	100.0	14 959	12.5	104 328	87.5
Huancabamba	111 501	100.0	17 208	15.4	94 293	84.6
Morropón	162 027	100.0	102 916	63.5	59 111	36.5
Paita	129 892	100.0	124 977	96.2	4 915	3.8
Sullana	311 454	100.0	287 278	92.2	24 176	7.8
Talara	144 150	100.0	141 953	98.5	2 197	1.5
Sechura	79 177	100.0	75 224	95.0	3 953	5.0

Fuente: INEI, 2017

Tabla 15. Provincia de Morropón y Ayabaca: Población censada y tasa de crecimiento anual, según distritos, 2017

Provincia	Distrito	Área	Población				Total	Densidad poblacional (ha/km²)
			Urbana	%	Rural	%		
Morropón	Buenos Aires	246.5	7797	82.9	1613	17.1	9410	38.17
	Chalaco	153.0	-	-	7789	100.0	7789	50.91
	Chulucanas	871.1	63510	77.0	19011	23.0	82521	94.73
	La Matanza	1039.6	9280	66.3	4717	33.7	13997	13.46
	Morropón	170.1	12202	80.1	3037	19.9	15239	89.60
	Salitral	613.7	6155	72.2	2372	27.8	8527	13.89
	San Juan de Bigote	247.5	3972	61.7	2461	38.3	6433	26.00
	Santa Catalina de Mossa	77.4	-	-	3650	100.0	3650	47.16
	Santo Domingo	188.2	-	-	5960	100.0	5960	31.68
	Yamango	217.8	-	-	8501	100.0	8501	39.03
Ayabaca	Ayabaca	1558.9	5985	19.4	24867	80.6	30852	19.79
	Frías	569.0	2343	11.8	17553	88.2	19896	34.97
	Jilili	104.2	-	-	2405	100.0	2405	23.08
	Laguna	192.4	-	-	5734	100.0	5734	29.81
	Montero	129.4	-	-	6179	100.0	6179	47.75
	Pacaipampa	981.6	-	-	21257	100.0	21257	21.66
	Paimas	321.3	3155	50.0	3155	50.0	6310	19.64
	Sapillica	268.5	-	-	10510	100.0	10510	39.14
	Sicchez	32.4	-	-	1654	100.0	1654	51.06
	Suyo	1091.3	3476	31.1	7703	68.9	11179	10.24

Fuente: INEI, 2017

Tabla 16. Áreas de los distritos que forman parte de la subcuenca Charanal

Provincia	Distrito	Área (Km²)	Área (%)
Morropón	Chulucanas	105.56	42.63
Morropón	Morropón	6.17	2.49
Morropón	Santo Domingo	30.24	12.21
Ayabaca	Frías	105.65	42.67
Subcuenca Charanal		247.62	100

Fuente: Juárez, 2020

4.2.3 Clima

El clima de la provincia de Morropón, que involucra la parte baja de la subcuenca Charanal, corresponde al clima tropical-seco y de altas precipitaciones. El promedio anual que se registra de temperatura es de 25º C, con un valor máximo que fluctúa entre 32ºC y 35ºC. y un mínimo de 18.5ºC. La humedad relativa promedio anual es de 70.20% en los valles ubicados entre 1500-2000 m. El clima de Morropón varía dependiendo las estaciones del año marcando una gran diferencia entre ellas: La estación que comprende los meses de diciembre a abril (verano), corresponde a un periodo cálido y con precipitaciones de escala mensual que oscila entre 90 y 131 mm, con temperaturas que sobrepasan los 35ºC y una humedad relativa máxima de 76.8%. Sin embargo, entre los meses de mayo a noviembre (otoño, invierno y verano) presenta un clima seco y fresco con ausencia de lluvias, descenso de la temperatura y una humedad relativa mínima de 63.5% (Municipalidad Provincial de Morropón, 2015).

En la provincia de Ayabaca, que comprende la parte alta de la subcuenca Charanal, entre los meses de marzo a setiembre la temperatura máxima promedio del aire oscila entre los 24 ºC a 28 ºC. y la temperatura mínima fluctúa entre 8 ºC a 28 ºC, estos valores pueden decrecer durante la temporada de invierno. Con respecto a las precipitaciones, suelen aparecer con más intensidad entre los meses de enero y abril, totalizando aproximadamente 534.6 mm. Los meses más secos se presentan entre los meses de junio a agosto que coincide con la temporada de invierno (CENEPRED, 2019).

4.2.4 Economía

Para efectos de análisis se ha usado la información obtenida del Proyecto de Ley 46382019-CR (2020), se menciona que las principales actividades económicas que se desarrolla en la zona de estudio son la agricultura, ganadería, apicultura, seguidas de actividades como comercio e industrias. Con respecto a la agricultura, constituye la principal actividad económica en el territorio. Las características de los suelos y las lluvias que se producen en los meses de diciembre a abril hacen propicia la producción de una diversidad de especies durante el año, con una tendencia al monocultivo (cultivo de arroz). Por otro lado, la ganadería se caracteriza por ser extensiva y se basa en la crianza principalmente de ganado vacuno, ovino (de pelo) y caprino, mayormente de razas criollas y orientadas a la producción de carne y leche, que basan su alimentación en los forrajes del bosque y los rastrojos de cosecha.

El comercio es posible debido a su ubicación, se convierte en un punto estratégico para la comercialización de productos agropecuario, transporte, insumos agrícolas, combustibles, servicios de reparaciones y abarrotes entre la costa y la Micro Región Andino Central. Asimismo, cumple un rol muy importante en la distribución de productos de consumo directo de la población y de insumos para el desarrollo de las actividades productivas. También existen pobladores que han previsto el potencial de su producción y han optado por el procesamiento de estos, obteniéndose la algarrobina, miel de abeja, yogurt, avenas, entre otros.

4.3 Uso actual de la tierra

Rendón (2016) menciona que la provincia de Morropón presenta tres tipos de pisos ecológicos:

- La zona baja (Chulucanas, Buenos Aires, La Matanza, Morropón y Santo Domingo):

Presenta extensas áreas agrícolas muy planas, con clima cálido y seco, bosques secos rodeados de cerros de poca altura y laderas con vegetación arbustiva-arbórea.

- La zona media (San Juan de Bigote, Santa Catalina de Mossa y Santo Domingo):

Con áreas productivas sobre laderas y sobre mucha pendiente, el clima es más húmedo, con bosques más espesos y abundantes en vegetación con estratos herbáceos perennes.

- La zona alta (Yamango y Chalaco):

Terrenos agrícolas muy empinados y en su mayoría de secano, de clima muy húmedo y frecuentemente lluvioso y nublado, con bosques muy húmedos de vegetación relativamente baja y en las partes más altas hay extensos pajonales de gramíneas.

Por otro lado, según "La agroindustria de la caña de azúcar en Ayabaca: diagnóstico y propuesta de desarrollo sectorial" elaborado por Zegarra, D. en 2002, la provincia de Ayabaca se halla los siguientes pisos ecológicos:

- Zona de Transición (600-1200 msnm):

Con clima bastante árido, compuesta con vegetación propia del bosque seco ecuatorial como los ceibos, faiques, pesallos, cactáceas y varios tipos de arbustos.

- Quechua (1200-2500 msnm):

Caracterizada por la predominancia de especies caducifolias como el guayacán, el charán y el frejolillo.

- Jalquilla (más de 2500 msnm):

Zona donde predomina los bosques poblados por especies perennifolias como las achupallas, los nogales y el palo blanco; su mayor humedad permite la consistencia de la vegetación.

Se ha identificado diferentes usos actuales del suelo en la zona de estudio, los cuales se describen continuación y se muestran en la Figura 17.

4.3.1 Zona para uso agrícola

Según Otivo (2010) las zonas agrícolas para la zona de estudio son:

- Agricultura intensiva (Ai): Denominado así por el uso constante al que está sujeto el suelo, dichas superficies tienen una producción agrícola todo el año. Entro los cultivos

que más predominan en la región tenemos: arroz, maíz amarillo duro, yuca, banano, frutales y cultivos de pan llevar.

- Agricultura semi intensiva (Asi): Relacionado a otros tipos de vegetación como los pastos naturales, matorrales subhúmedos y húmedo. La irrigación de los campos es continua, proveniente de los páramos y meseta andinas. Dentro las especies más importantes tenemos: caña de azúcar, frutales, maíz, cebada, papa, arveja y haba.
- Agricultura Temporal (At): Categorizado así, debido a la escasez de sistemas de riego y la dependencia del agua de la época de lluvias y de la napa freática. Normalmente estas áreas se ubican en la parte media y alta de las zonas montañosas. Encontramos extensiones de trigo, cebada y arveja.
- Ganadería extensiva (Pe): Es una actividad complementaria a la agricultura y se desarrolla de manera extensiva en zonas cubiertas por pastos naturales y pastos cultivados. Está ligada a la producción de ganado vacuno, caprino, ovino, porcino y aves de corral. Una de sus limitantes es la poca disponibilidad de razas mejoradas que permitan mejorar la eficiencia en la producción, así como también el apropiado control de las diferentes enfermedades.
- Sistema silvopecuario (Ssp): Guarda relación con los árboles con pastos cultivados o pastos naturales. Encontramos este tipo de sistema, en las zonas montañosas de la región, zonas húmedas que disponen con regímenes continuos de agua, como la microcuenca Frías y Santo Domingo. Dentro de este sistema encontramos al algarrobo y al faique.

4.3.2 Zona de forestación y vegetación

Las zonas de reforestación y vegetación para la zona de estudio según Otivo (2010), son:

- Bosque Natural (Bn): Bosques cuyas especies vegetales están condicionadas para soportar extrema aridez en época de sequía (abril-noviembre). La prosperidad de este bosque dependerá del agua que traen consigo las lluvias de los fenómenos excepcionales como FEN, de tal manera que permita la regeneración rápida de la vegetación. Desempeñan una función reguladora del medio ambiente, esencial para una región cuyo requerimiento es el abastecimiento de agua, pues son captores de humedad, por hallarse cubiertos de neblina. Como especies representativas tenemos el algarrobo, sapote, ceibo, charán, palo santo, overo, borrachera, papelillo, etc
- Vegetación arbustiva y/o herbáceas naturales (Va): Se muestran en la llanura costera y se caracteriza por la presencia de matorrales secos como sapote, cichayo, aromo, palo verde y mataburro. En las colinas y vertientes montañosas, los arbustos alcanzan alturas de 2.5m, este es el caso del overo, quirquinche, papelillo, etc.

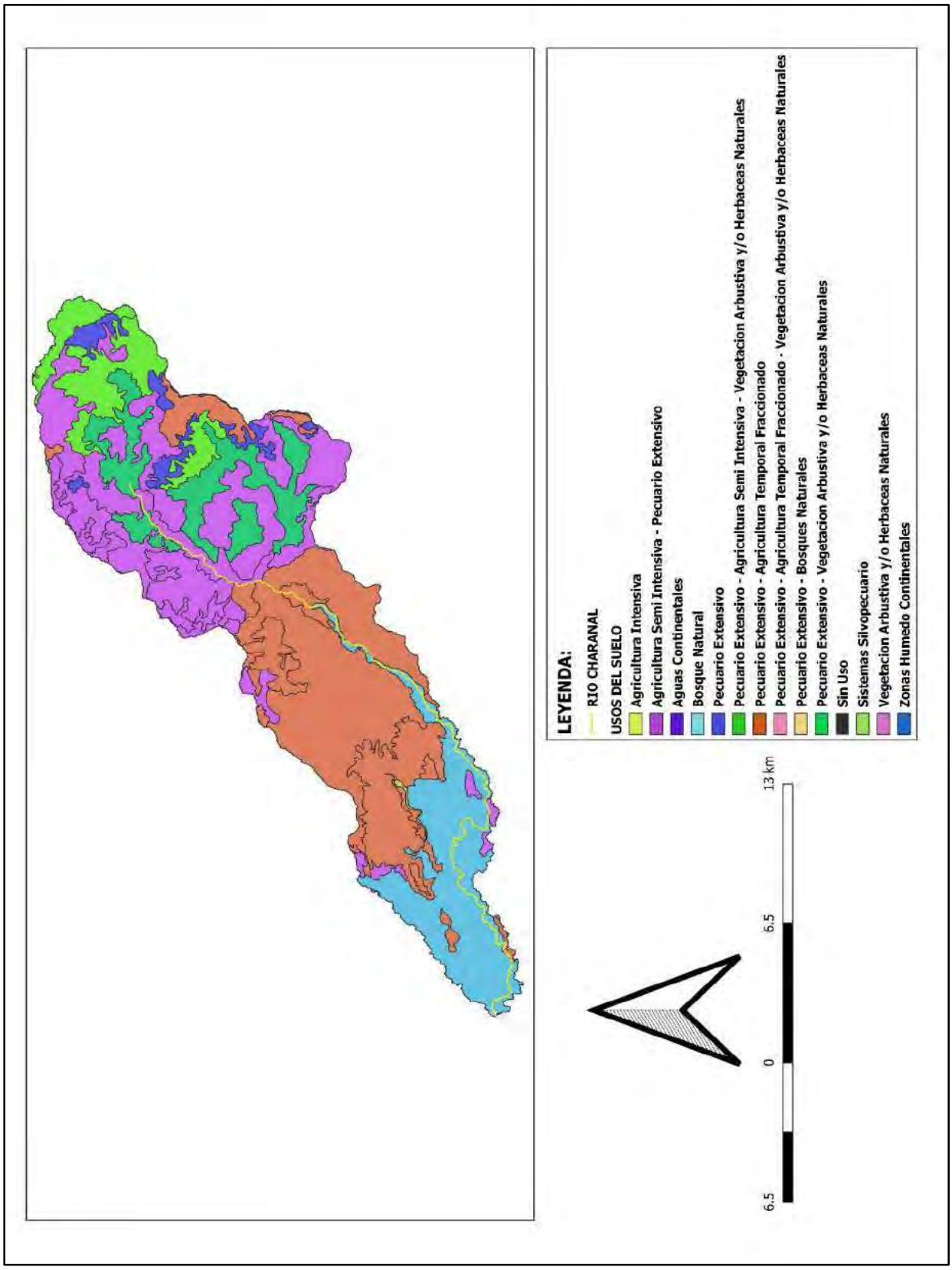


Figura 17. Distribución del uso del suelo subcuenca Charanal

Fuente: Zonificación económica y ecológica (ZEE)

4.4 Peligros de la zona

En base al informe técnico (Vilchez et al.,2017), cuya finalidad fue la identificación de las zonas críticas y las medidas correctivas generales a tomar en cuenta ante eventos negativos producidos por la presencia de fenómenos hidrometeorológicos o eventos extraordinarios. Entre los eventos negativos se identificaron:

- Inundación fluvial:

Esta eventualidad suele presentarse y afectar la zona media de la subcuenca Charanal y se debe a las precipitaciones que cae en zonas de montaña, colinas y pampas costaneras. El agua que cae de la zona alta de la subcuenca y alimentan al cause río principal, normalmente sobrepasa la capacidad de carga originando continuas inundaciones de tierras y daños en las zonas urbanas y rurales adyacentes. Cuando el curso de este río atraviesa zonas de pendientes mínimas desarrollan amplias terrazas y llanuras de inundación donde el río divaga para poder compensar la falta de pendiente y lograr que por él discurran los caudales excepcionales que transporta

- Erosión y sedimentación fluvial:

Las constantes precipitaciones que se generan en la zona alta de subcuenca Charanal en los meses de diciembre a abril, generan una acción modeladora de los lechos y cursos de los ríos y quebradas, debido al arrastre (erosión) y depósito (sedimentación) de material en su cauce, que genera además el desborde de aguas, producto de la colmatación de sus cauces.

La colmatación, produce la disminución del área hidráulica de la sección transversal del río; generando las condiciones de inundación en zonas adyacentes al cauce del río. Este hecho se hace más notorio y crítico, ante fenómenos extraordinarios, que acontecen en un Fenómeno El Niño.

Capítulo 5

Análisis de parámetros de la subcuenca Charanal

Para tener una idea de cómo es la cuenca hidrográfica en evaluación, en este capítulo se presentará detalladamente la caracterización de sus parámetros fisiográficos, hidrométricos y meteorológicos.

5.1 Resultados de parámetros fisiográficos

En la Tabla **17** se muestra un resumen de los parámetros fisiográficos de la cuenca Charanal. Esta información se ha obtenido en base a las ecuaciones mostradas en el Capítulo 2, y con la ayuda del software qGIS. Se obtuvo una cuenca con una superficie de 245.34 km^2, correspondiente a una cuenca pequeña según la clasificación mostrada en la Tabla 1 del estado del arte.

Según los resultados de los parámetros asociados a la forma de la subcuenca; para el factor de forma y coeficiente de Gravelius, según Tabla 2 y Tabla 3, se concluye que es una subcuenca muy alargada y estrecha en los bordes. Adicional a ello, según el rectángulo equivalente se deduce por los resultados del parámetro que es aproximadamente 15 veces mayor al lado menor por lo cual se infiere nuevamente que es forma alargada.

Para la determinación del cauce principal y su longitud, se hizo uso del modelo digital de elevación (DEM), como se aprecia en la Figura 18.

Tabla 17. Características fisiográficas de la subcuenca Charanal

Parámetros básicos de la subcuenca		
	qGIS	
Superficie de la subcuenca Charanal	245.3	km^2
Superficie de la cuenca recepción	156	km^2
Perímetro	130.4	km
Long. del cauce principal	46.04	km
Ancho de la cuenca	5.33	km
Desnivel altitudinal	3071	m
Parámetros asociados a la forma de la subcuenca		
Factor de forma	0.12	-
Compacidad o Gravelius	2.35	-
Rectángulo equivalente lado mayor	61.17	km
Rectángulo equivalente lado menor	4.01	km
Parámetros asociados al relieve de la subcuenca		
Cota mínima	97	msnm
Cota máxima	3168	msnm
Elevación media de la cuenca	1020	msnm
Altitud más frecuente	200.2	msnm
Distancia entre curvas de nivel	511.8	m
Pendiente de la cuenca		
Criterio de Alvord	35.5	%
Criterio de Mocornita	34	%
Pendiente del cauce		
Método de un solo tramo	6.67	%
Parámetros asociados a la red de drenaje de la subcuenca		
Orden de corrientes	5	km
Longitud total de causes	540.99	km
Densidad de drenaje	3.09	km^{-2}
Numero de drenajes de primer orden	912	km/km^2
Coeficiente de torrencialidad	3.72	km^{-2}
Longitud promedio de flujo de superficie	0.08	km

Fuente: Elaboración propia

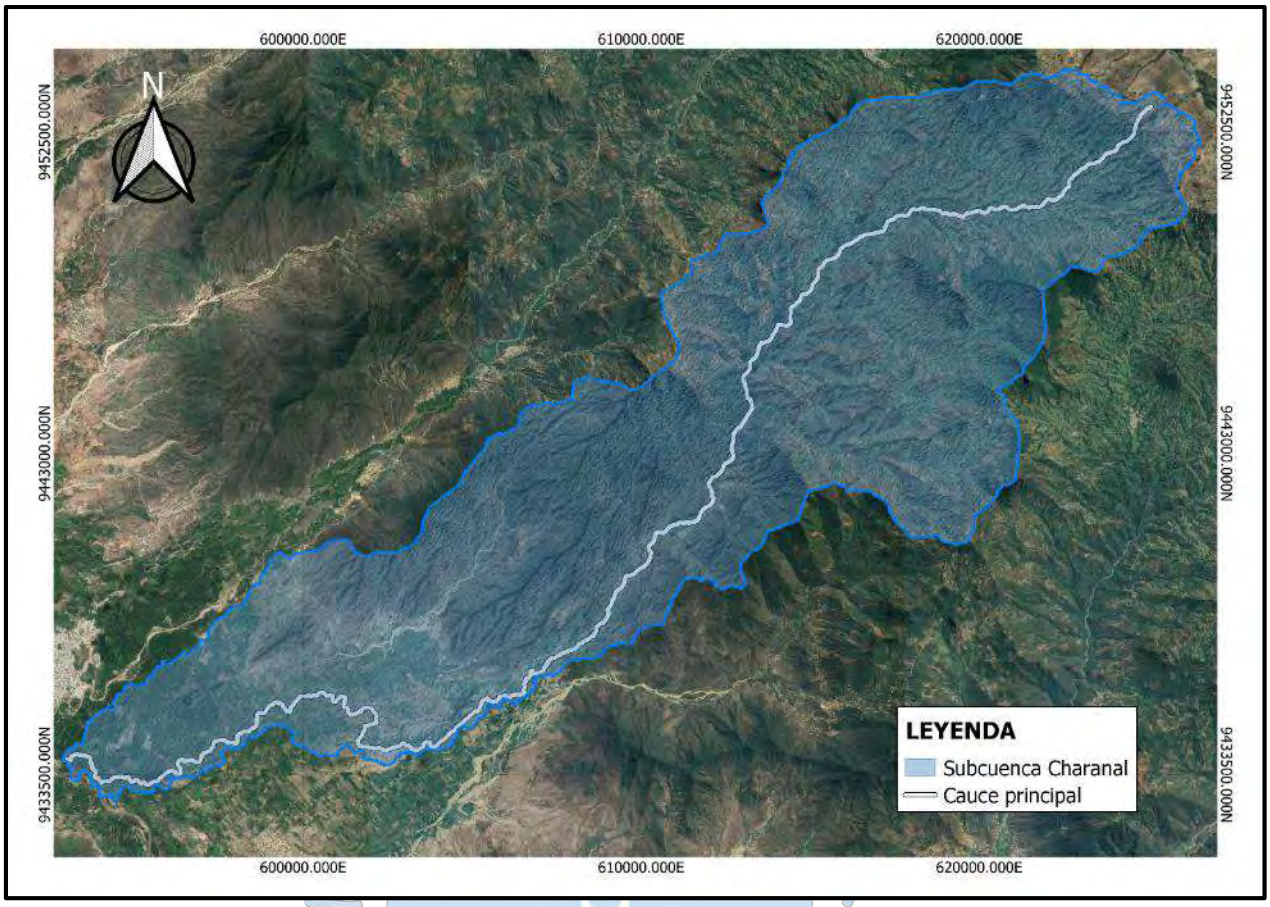


Figura 18. Cauce principal de la subcuenca Charanal

Los resultados obtenidos según los criterios de Alvord y Mocornita para la obtención del valor de pendiente de la subcuenca ponen en evidencia la gran similitud que existe entre ambos; debido a que la longitud de la mayor y menor curva de nivel son de poca relevancia, por lo tanto, al multiplicarse por el factor de ponderación (fi = 0.5) resultara un valor no significativo. En la Tabla 18 se aprecia las longitudes de las curvas de nivel entre las cotas de 200 m.s.n.m y 3000 m.s.n.m con el producto correspondiente de cada factor.

Tabla 18. Longitud de curvas de nivel entre las cotas de 200 y 3000 m.s.n.m.

Cotas (m)	Longitud (m)	Long (km)	fi	li*fi (km)
200	28636.09	28.64	0.5	14.32
400	24298.71	24.30	1	24.30
600	32036.74	32.04	1	32.04
800	38078.86	38.08	1	38.08
1000	41753.81	41.75	1	41.75
1200	42126.69	42.13	1	42.13

Cont. Tabla 18. Longitud de curvas de nivel entre las cotas de 200 y 3000 m.s.n.m.				
Cotas (m)	**Longitud (m)**	**Long (km)**	**fi**	**li*fi (km)**
1400	40458.47	40.46	1	40.46
1600	39163.33	39.16	1	39.16
1800	34119.36	34.12	1	34.12
2000	34566.73	34.57	1	34.57
2200	24413.49	24.41	1	24.41
2400	20259.14	20.26	1	20.26
2600	18160.46	18.16	1	18.16
2800	9347.10	9.35	1	9.35
3000	8808.02	8.81	0.5	4.40
SUMA		436.23		417.50

Fuente: Elaboración propia

El valor obtenido de densidad de drenaje resulto 3.09 kilómetros de flujo de agua por cada kilómetro cuadrado de área abarcada, esto se realizado mediando el software qGIS teniendo en cuenta que el valor de longitud total de cauces dependía de las ramificaciones que presente la cuenca.

El resultado del coeficiente de torrencialidad es 3.72 km^{-2} y teniendo como base 912 causes de primer orden, se puede inferir que presenta cerca de 3.5 causes de primer orden por cada kilómetro cuadrado de área.

Realizada la delimitación de la subcuenca del río Charanal se procedió a la obtención de los tributarios a partir del software qGIS versión 3.22.6.

Se debe considerar de suma importancia que no existe un valor idóneo para el umbral ya sea un valor muy elevado este tendrá una menor cantidad de celdas y la ramificación que presente será la máxima posible (Juarez, 2020). Para la investigación se ha utilizado un valor de umbral mayo igual a 100 000 m^2 el cual dará como resultado un orden de corrientes de quinto grado, con una longitud total de cauce de 540.99 km (Ver Figura 19).

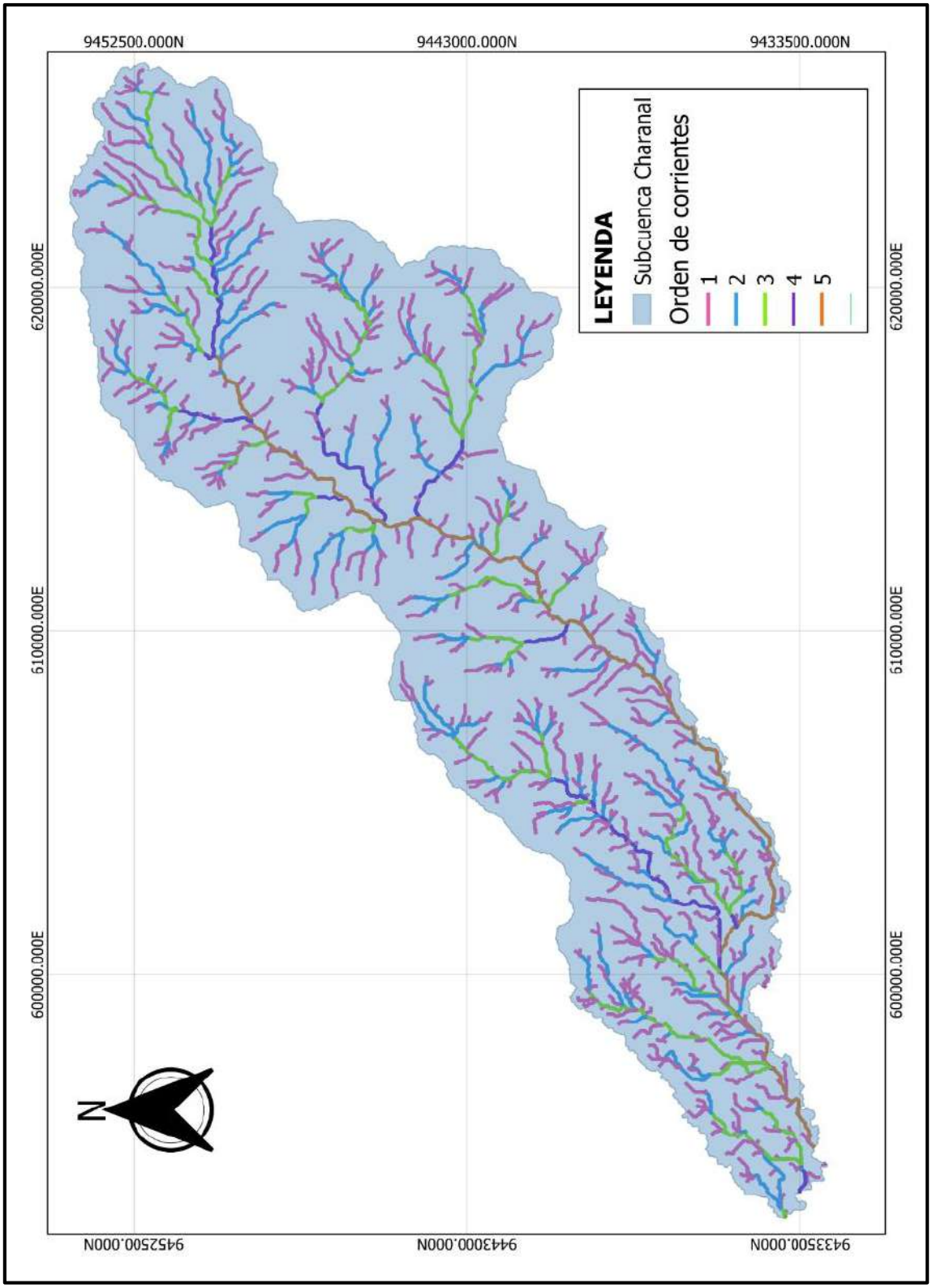


Figura 19. Orden de corrientes de la subcuenca Charanal

Fuente: Elaboración propia en software qGIS

Curva hipsométrica

Tal como se explicó en el ítem 2.1.3.3 Parámetros asociados al relieve de la cuenca, se desarrolló el cálculo para la obtención de la curva hipsométrica tal como se muestra la Tabla 19. Este parámetro tiene en cuenta la equidistancia entre curvas representativas, la cual resulto 511.83 m y se redondeó a 500 m. No obstante, dentro del software qGIS para lograr una mayor precisión en la representación se usó una equidistancia de 200 m.

Tabla 19. Distribución altimétrica de la subcuenca del río Charanal

No	Cota (msnm)		Area Parciales		Por debajo de la cota mayor		Por encima de la cota mayor	
	Menor	Mayor	Km2	%	Km2	%	Km2	%
0	0	97	0	0.0%	0	0.0%	245.34	100.0%
1	97	297	62.83	25.6%	62.83	25.6%	182.51	74.4%
2	297	497	14.36	5.9%	77.18	31.5%	168.15	68.5%
3	497	697	16.18	6.6%	93.36	38.1%	151.97	61.9%
4	697	897	19.49	7.9%	112.85	46.0%	132.49	54.0%
5	897	1097	17.30	7.1%	130.15	53.0%	115.19	47.0%
6	1097	1297	15.85	6.5%	146.00	59.5%	99.33	40.5%
7	1297	1497	16.57	6.8%	162.58	66.3%	82.76	33.7%
8	1497	1697	19.73	8.0%	182.31	74.3%	63.03	25.7%
9	1697	1897	16.75	6.8%	199.05	81.1%	46.29	18.9%
10	1897	2097	14.74	6.0%	213.79	87.1%	31.55	12.9%
11	2097	2297	9.73	4.0%	223.53	91.1%	21.81	8.9%
12	2297	2497	7.52	3.1%	231.05	94.2%	14.29	5.8%
13	2497	2697	5.40	2.2%	236.45	96.4%	8.89	3.6%
14	2697	2897	3.01	1.2%	239.46	97.6%	5.88	2.4%
15	2897	3168	5.88	2.4%	245.34	100.0%	0.00	0.0%
		Sumatoria	245.34	100.0%				

Fuente: Elaboración propia

En base a estos datos, se graficó la curva hipsométrica de dicha subcuenca, en la Figura 20, se aprecian las cotas medias (altitudes) y porcentaje de áreas parciales de la subcuenca Charanal presentando una curva muy pronunciada sedimentaria tipo C en fase de vejez, tal como se menciona en la Figura 5.

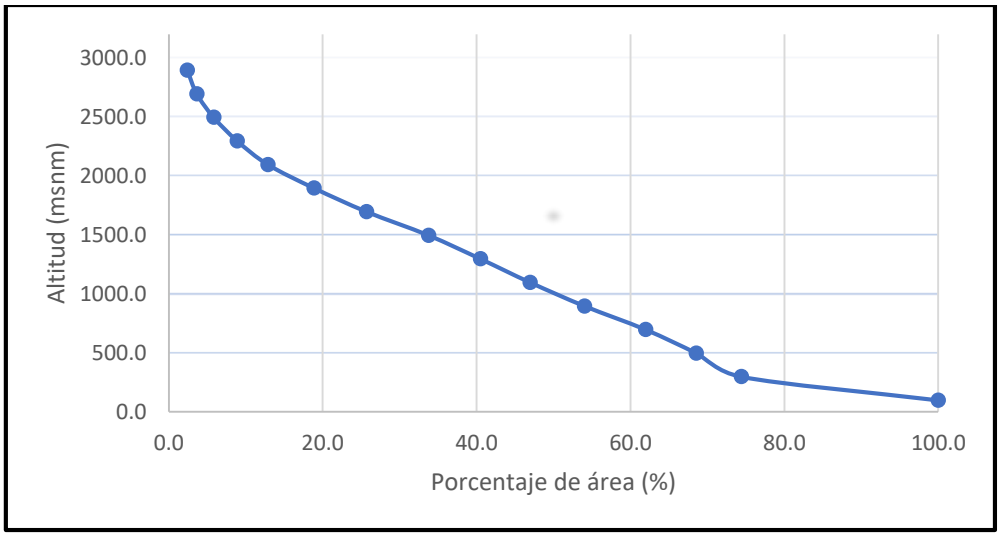


Figura 20. Curva hipsométrica de la subcuenca Charanal

Fuente: Elaboración propia

Elevación media de la cuenca

En base a la información obtenida de la curva hipsométrica, se realiza la gráfica de distribución altimétrica de los valores por encima y por debajo de determinadas altitudes, ver la Figura 21. Siendo el punto de intersección la elevación media de la subcuenca que corresponde al 50% del área de la cuenca por encima y por debajo. El resultado obtenido de la altitud media de la subcuenca se aproxima a los 1020 msnm.

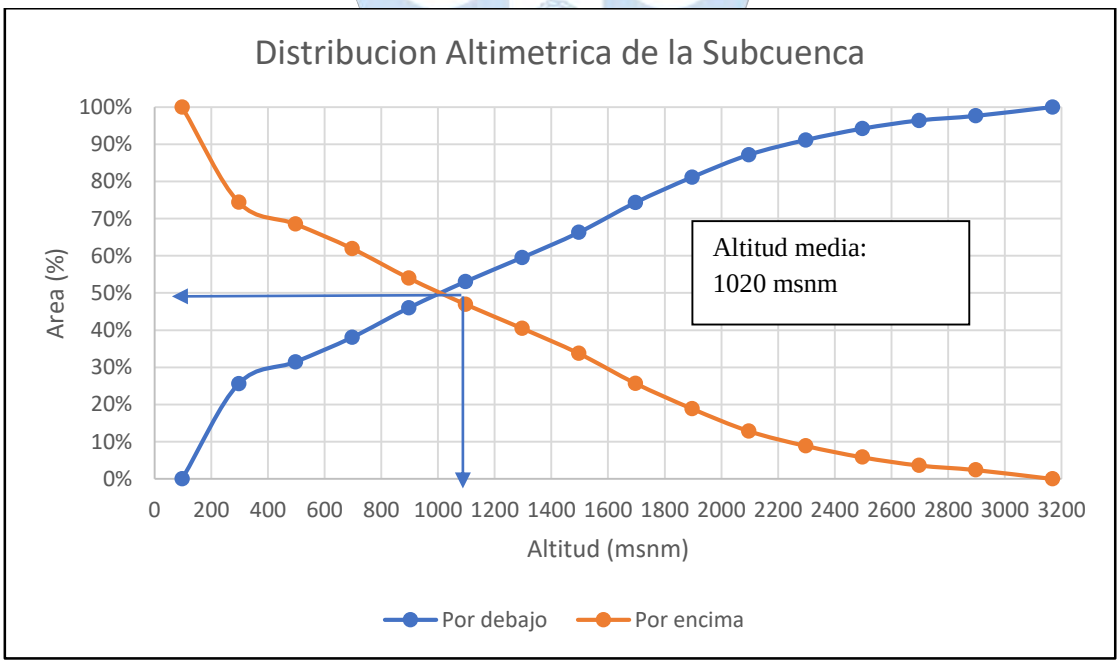


Figura 21. Distribución altimétrica de la subcuenca Charanal (km^2)

Fuente: Elaboración propia

Frecuencia de altitudes

Partiendo de los datos de la curva hipsométrica, se verifica la frecuencia de altitudes que presenta la cuenca Charanal. Como se muestran en la Tabla 19, se ha añadido un variable adicional que dependerá de la cota media y del área acumulada por cada rango. Resultando una altitud más frecuente del 25.61% entre las cotas de 97-297 msnm. Ver Figura 22.

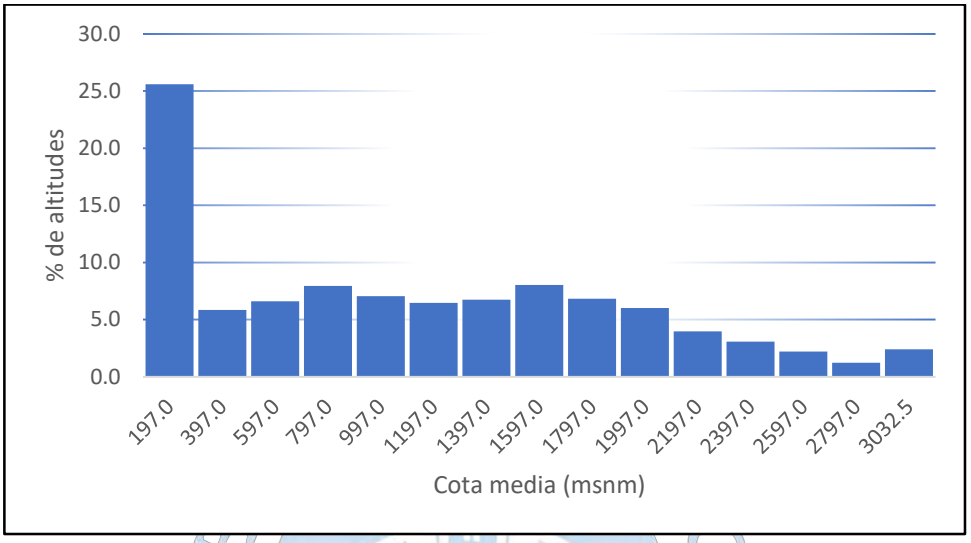


Figura 22. Histograma de frecuencias altimétricas

Fuente: Elaboración propia

5.2. Análisis de los parámetros hidrométricos

Para la presente investigación, se ha visto como necesidad la obtención de series de caudales observados, los cuales serán de mucha ayuda en la calibración y validación de los modelos hidrológicos.

La subcuenca Charanal no cuenta con estación hidrométrica en su desembocadura que pueda representar el comportamiento de toda la cuenca; sin embargo, aguas arriba se halla la estación hidrométrica San Pedro, la cual define la subcuenca de recepción que representa el 63.5 % del área total de la subcuenca Charanal (ver Figura 23).

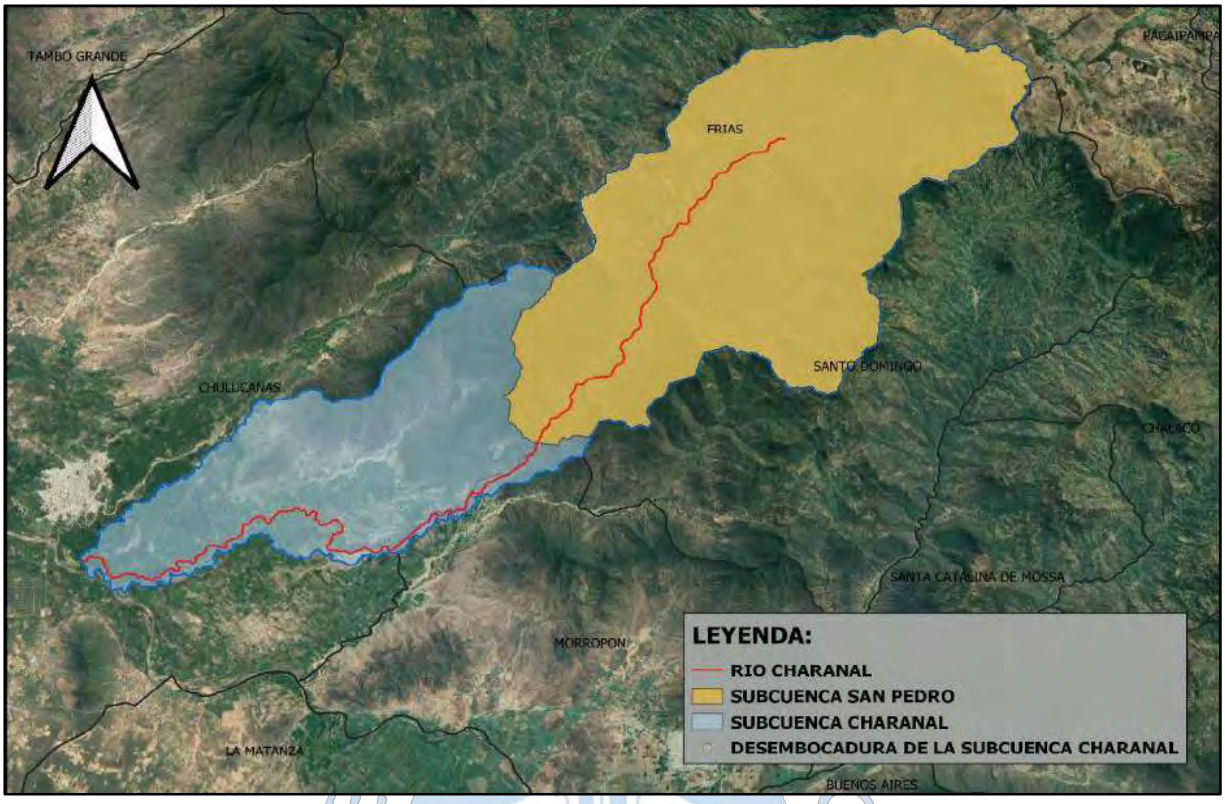


Figura 23. Ubicación geográfica de la subcuenca de recepción San Pedro

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un pluviograma entre las precipitaciones promedio mensuales de la subcuenca Charanal y la cuenca de recepción San Pedro. En la Figura 24 se observa la similitud entre las dos curvas, lo cual indica que la cuenca recepción, ubicada en la parte medio-alto de subcuenca Charanal, es la que recoge la mayor precipitación y por ende genera los mayores caudales dejando sin efecto el aporte de la parte media-baja por ser mínima. En base a lo anterior mencionado se ha considerado que los cuales generados en la cuenca recepción, medidos por la estación San Pedro, serán los representativos dentro de la subcuenca Charanal, y por ello los análisis mostrados para los diferentes modelos lluvia-escorrentía serán analizados en base a los datos provenientes de la estación San Pedro.

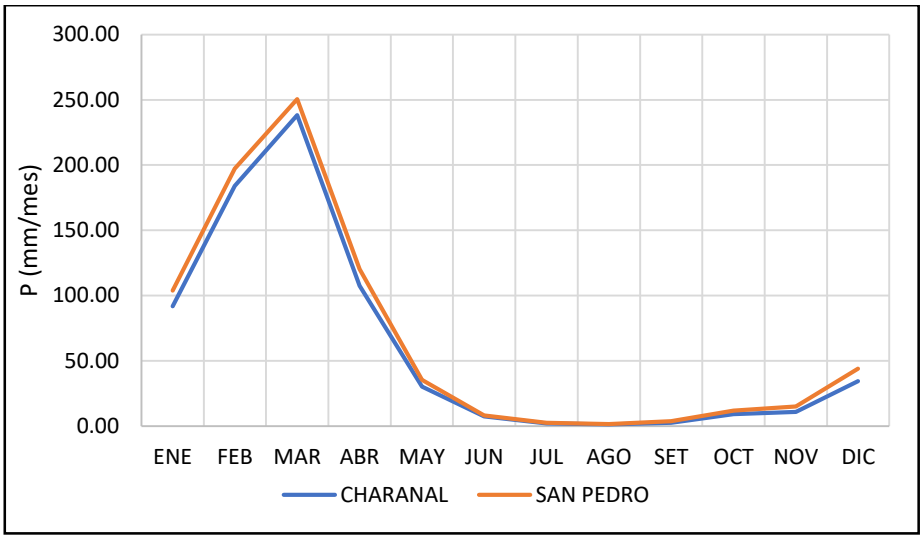


Figura 24. Pluviograma promedio mensual entre las precipitaciones de Charanal y San Pedro

Fuente: Elaboración propia

La estación hidrométrica San Pedro tiene un registro de información mensual desde 1972 hasta 1992. Para este estudio se ha seleccionado los años desde 1981 hasta 1992, ya que, es un periodo común donde también la mayor parte de estaciones meteorológicas poseen información.

Tabla 20. Caudales mensuales aforados de la estación hidrométrica San Pedro (1981-1992)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1981	0.30	1.80	9.40	2.60	0.80	0.30	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	1.29
1982	0.30	1.20	0.30	1.20	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	8.30	1.00
1983	21.60	26.20	41.20	44.20	44.30	19.90	6.50	2.10	1.20	1.30	0.70	1.50	17.55
1984	3.50	15.00	16.10	10.20	4.90	2.10	1.10	0.80	0.80	0.80	0.60	1.00	4.73
1985	2.10	2.20	3.20	1.80	0.90	0.40	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.40	0.99
1986	1.30	2.40	1.70	2.50	1.70	0.80	0.60	0.60	0.20	0.10	0.20	0.40	1.05
1987	2.50	6.20	13.10	5.40	2.90	1.00	0.70	0.70	0.40	0.40	0.30	0.40	2.84
1988	1.40	2.50	1.50	1.50	0.70	0.40	0.10	0.20	0.10	0.10	0.30	0.50	0.77
1989	1.60	14.70	9.10	5.70	2.10	1.00	0.70	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40	3.11
1990	0.70	1.80	2.00	3.10	0.90	0.50	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.82
1991	0.30	1.60	5.60	3.80	2.40	0.50	0.20	0.00	0.10	0.10	0.10	0.30	1.26
1992	1.20	2.90	16.80	11.90	5.30	3.20	2.00	1.00	0.60	0.50	0.60	0.60	3.89

Fuente: ANA, 2015

5.3. Análisis de parámetros meteorológicos

En este punto lo que se busca es identificar las variables meteorológicas de la zona de estudio, los cuales nos permitirán caracterizar su atmósfera y, por consiguiente, estimar sus caudales mensuales. A continuación, se detallará cada proceso usado en este análisis.

5.3.1 Recopilación de datos

Para el presente estudio se vio requeridas las variables de precipitación y temperatura. Para ello, primero se seleccionaron las estaciones que se encuentren dentro o cerca de la subcuenca Charanal, que cuenten con información de las variables antes mencionadas. Se seleccionaron 8 estaciones meteorológicas para la variable de precipitación y 6 para la variable temperatura, las cuales se muestran en la Figura 25 y su ubicación geográfica en la Tabla 21.

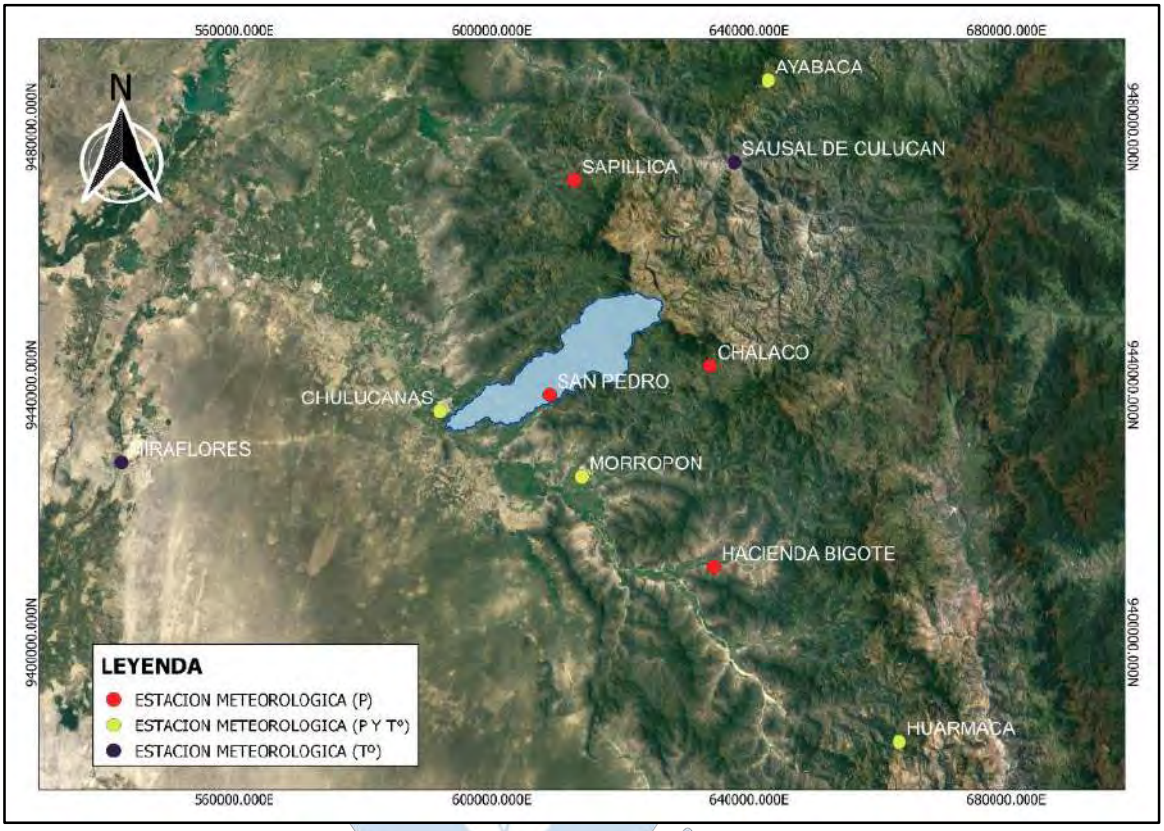


Figura 25. Estaciones meteorológicas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Estaciones meteorológicas consideradas para la subcuenca Charanal

Estaciones	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)
Chulucanas	5º 6' 10.399" S	80º 10' 10.34" W	89
Morropón	5º 11' 40.721" S	79º 58' 15.872" W	128
San Pedro	5º 4' 46.34" S	80º 0' 58.309" W	240
Ayabaca	4º 38' 15.921" S	79º 42' 38.76" W	2648
Miraflores	5º 10' 31" S	80º 36' 59.551" W	34
Sapillica	4º 46' 41.408" S	79º 58' 54.41" W	1451
Chalaco	5º 2' 19.059" S	79º 47' 30.07" W	2290
Hacienda Bigote	5º 19' 15.24" S	79º 47' 8.519" W	198
Huarmaca	5º 33' 57.101" S	79º 31' 31.6" W	153
Sausal de Culucan	4º 45' 8.549" S	79º 45' 28.519" W	997

Fuente: Elaboración propia

El periodo de estudio seleccionado en base a la información recopilada se determinó sea de 1981-2020 (40 años). Esto debido a ser el periodo con mayor información común disponible.

5.3.2 Procesamiento de información

Este procesamiento consistirá inicialmente en el relleno de datos de precipitación y temperatura en aquellas series donde exista ausencia de ellos. Posterior a ello, con las series completas, se realiza el análisis de consistencia para la corrección de datos (precipitación). A continuación, se detalla cada etapa del procesamiento:

a) Relleno de información:

Se identificó en ciertas fechas del periodo de estudio la carencia de información meteorológica, las cuales serán rellenadas mediante el método de regresión lineal en base a la información registrada de cada estación vecina, la cual será seleccionada teniendo en cuenta su nivel altitudinal. A continuación, se muestra el ejemplo de relleno de precipitación para una de las estaciones analizadas (Tabla 22 y Figura 26). Las celdas en color amarillo representan los valores rellenados a partir de la estación San Pedro, el análisis completo se muestra en el Apéndice A.

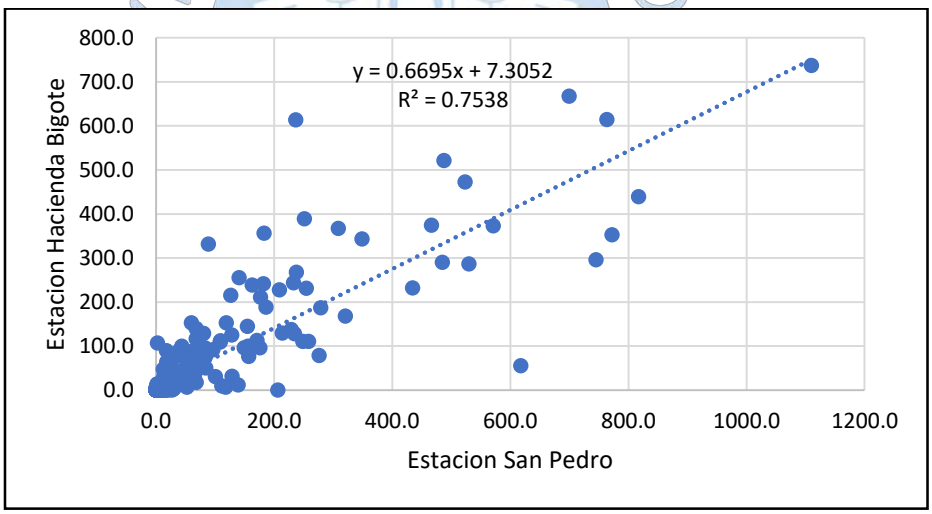


Figura 26. Regresión lineal para el relleno de datos faltantes de precipitación mensual (mm) - Estación H. Bigote

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Relleno de información de precipitación mensual (mm) para la H. Bigote

Fecha	Hacienda Bigote	San Pedro
Ene-81	9.4	3.2
Feb-81	34.8	41.0
Mar-81	349.8	511.6
Abr-81	23.8	24.7
May-81	9.8	3.7
Jun-81	7.3	0.0
Jul-81	7.3	0.0
Ago-81	7.3	0.0
Set-81	7.3	0.0
Oct-81	9.6	3.4
Jul-83	7.3	0.0
Ago-83	7.3	0.0
Set-83	7.3	0.0
Oct-83	12.7	8.1
Nov-83	8.3	1.5
Dic-83	19.4	18.0
Set-91	8.1	1.2
Jul-92	7.6	0.5

Fuente: Elaboración propia

b) Análisis de consistencia:

Completa la información de los registros de cada estación pluviométrica, se procedió a realizar el análisis de consistencia.

Primero se agrupó las estaciones según su nivel de lluvia media anual; para esto se realizó un análisis de consistencia con los valores anuales de precipitaciones de todas las estaciones, como se puede ver al inicio del Apéndice B, generando líneas de tendencias que se agrupan por zonas, las cuales se definen de la siguiente forma:

- Zona alta: Ayabaca, Chalaco y Huarmaca
- Zona media: San Pedro y Sapillica
- Zona baja: Chulucanas, Hacienda Bigote y Morropón

Agrupadas las estaciones por zonas se realizó el análisis de consistencia para cada mes, como se detalla en el Apéndice B, con la finalidad de determinar los valores más consistentes de cada mes y por ende para cada año. A continuación, se muestra un ejemplo de las tendencias sin corregir y luego las corregidas, después de aplicar el análisis de consistencia en la zona baja para el mes de enero (VerFigura 27 y Figura 28).

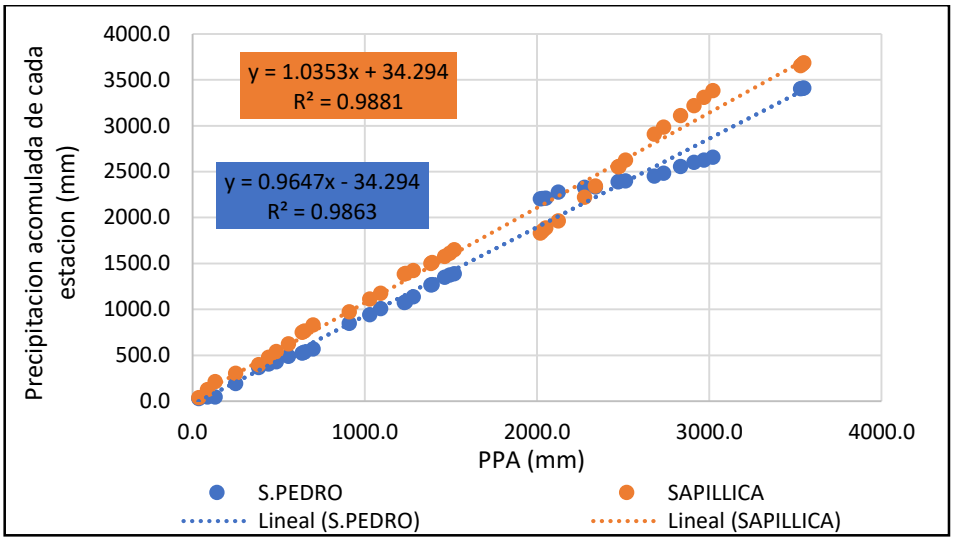


Figura 27. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Enero – Zona Baja

Fuente: Elaboración propia

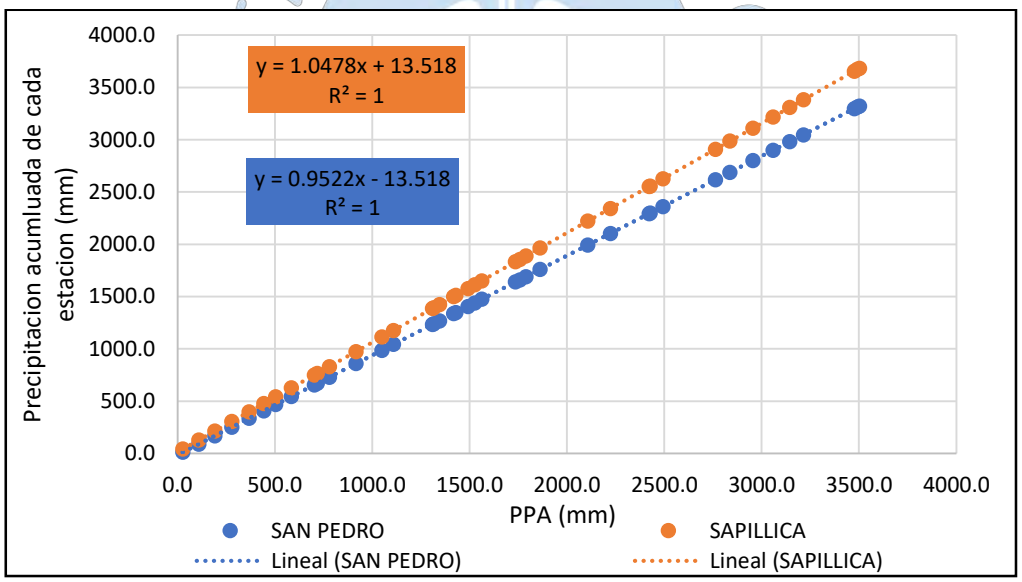


Figura 28. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA– Corregido–Enero–Zona Baja

Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Determinación de los valores medios

La obtención de los valores medios para la variable precipitación y temperatura se realizó mediante el uso del software Hydraccess, a través de método Kriging, el cual presenta una serie de ventajas como una mejor calidad de interpolación, toma en cuenta el gradiente espacial y construye isolíneas de mejor trazado (Cañari, 2019).

Como se mencionó en el Ítem 5.2, se determinó que la subcuenca cuyo punto de desembocadura es la estación San Pedro, por presentar una pluviometría muy similar a la de la subcuenca Charanal y por tener más del 50% del área de la subcuenca analizada, puede ser considerada adecuada para la determinación de caudales que sean similares y representativos de la subcuenca Charanal (donde no se tienen mediciones de caudales). Bajo este análisis, se ha considerado obtener los valores medios de las variables climatológicas sobre la subcuenca receptora San Pedro y a partir de ello generar caudales mensuales, que serían representativos para la subcuenca Charanal.

En la Figura 29 se muestra el procesamiento de los valores medios de precipitación llevado a cabo en Hydraccess por el método de Kriging en el rango de años adecuado.

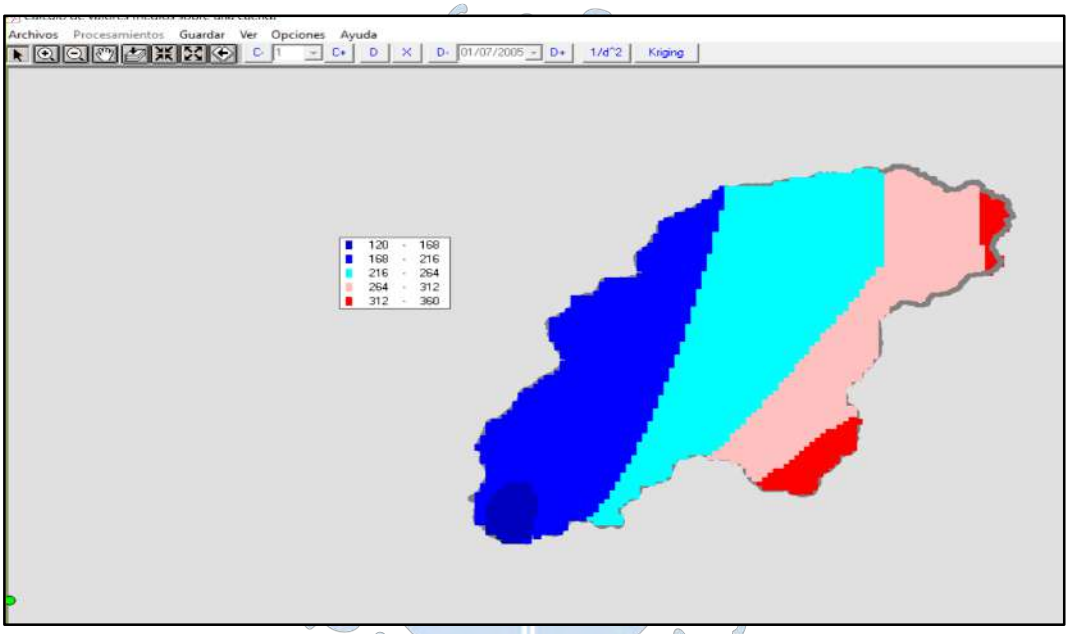


Figura 29. Procesamiento para la obtención de valores medios de precipitación en el software Hydraccess para la subcuenca San Pedro.

Fuente: Elaboración propia

a) Precipitación media

En la Tabla 23 se muestran valores de precipitación media de la subcuenca San Pedro, obtenidos por Hydraccess a partir de la información obtenida de las ocho estaciones meteorológicas. Obteniendo como precipitación media máxima 734.9 mm/mes medida en mazo del 2017 y mínima 0.0 mm/mes medida en el septiembre de 1981.

Tabla 23. Precipitación media de la subcuenca San Pedro 1981-2020

AÑO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1981	28.6	190.3	355.7	51.1	20.6	2.5	6.6	1.0	0.0	7.8	7.8	25.3
1982	43.4	70.4	17.5	77.0	21.7	1.5	0.6	0.0	7.2	57.4	71.4	219.2
1983	297.4	294.2	529.6	381.8	148.9	112.5	5.2	0.1	9.9	39.5	23.9	84.2
1984	90.4	231.5	162.8	76.2	30.8	8.1	6.1	9.2	7.9	18.3	9.8	33.9
1985	93.2	110.1	128.8	35.1	25.3	0.7	1.4	1.4	2.1	3.8	2.6	39.1
1986	117.5	106.6	47.9	144.0	15.8	1.7	2.0	10.4	2.1	7.0	19.1	49.0
1987	129.5	132.5	190.2	104.3	21.2	0.5	4.9	0.7	0.2	6.9	6.0	10.0
1988	109.6	119.1	13.2	73.3	29.6	2.3	0.2	0.3	1.9	6.5	15.0	15.9
1989	269.7	256.8	280.1	107.5	31.7	3.7	0.1	1.2	3.4	15.6	0.2	3.8
1990	57.3	76.4	134.2	104.1	25.5	3.8	2.2	0.0	0.1	15.1	20.7	19.3
1991	11.6	147.1	185.1	75.0	30.6	3.9	0.2	0.1	0.2	9.4	8.3	58.6
1992	161.3	163.4	389.9	207.2	83.4	12.6	1.4	4.2	3.6	5.8	16.9	34.8
1993	103.6	370.5	493.7	160.7	40.7	3.6	23.2	7.7	13.6	17.0	8.4	89.4
1994	247.1	355.9	363.4	155.7	29.4	2.9	1.1	1.9	6.1	0.5	6.2	46.8
1995	77.4	139.5	100.3	70.4	20.8	0.3	2.2	0.2	1.4	2.6	14.2	48.9
1996	55.9	60.3	117.1	28.0	5.8	4.1	0.0	0.0	0.1	6.5	0.6	5.5
1997	32.7	88.0	125.0	126.9	35.3	5.5	2.0	1.7	20.2	14.6	40.8	239.6
1998	172.8	533.2	696.0	344.9	64.3	5.1	0.4	1.1	4.5	14.9	11.3	19.0
1999	62.7	309.1	230.9	118.0	48.4	19.7	0.7	0.0	4.9	5.2	2.3	45.6
2000	55.7	146.2	275.7	146.2	46.6	16.5	0.3	0.0	13.6	0.1	1.4	37.6
2001	112.1	189.4	491.0	99.3	13.9	3.2	1.7	0.0	4.1	4.0	27.4	28.2
2002	22.4	222.6	452.8	295.0	19.8	1.1	2.2	0.0	0.0	24.5	25.6	54.4
2003	78.9	117.8	103.8	61.0	12.4	9.5	2.0	0.0	0.8	3.5	6.9	26.9
2004	54.3	73.7	59.1	79.8	22.3	1.2	1.5	0.0	2.2	9.6	7.8	30.7
2005	26.7	71.9	227.4	26.1	8.4	4.9	0.1	0.0	1.9	6.6	4.3	35.6
2006	176.2	283.5	328.0	106.7	5.5	10.1	1.4	0.0	3.0	1.9	26.8	40.6
2007	79.2	46.2	202.9	49.9	11.5	1.7	1.4	0.1	1.5	9.7	20.3	10.5
2008	165.8	375.0	361.2	226.1	16.7	5.8	0.9	1.5	0.9	18.8	18.8	9.8
2009	212.1	289.6	242.2	64.0	38.0	3.4	0.8	0.4	0.5	0.8	11.9	30.1
2010	74.4	242.8	212.6	109.4	20.3	9.0	1.3	1.3	1.2	6.3	9.9	28.5
2011	42.2	110.7	38.2	231.3	11.5	2.4	4.4	0.1	4.9	14.7	17.4	42.8
2012	185.0	389.5	261.8	164.3	20.0	1.7	0.0	0.0	0.4	13.4	28.2	10.3

Cont. Tabla 23. Temperatura media mínima de la subcuenca San Pedro 1981-2020												
AÑO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2013	79.6	79.8	205.4	27.9	77.1	1.2	4.7	1.4	1.5	21.8	1.1	16.5
2014	59.9	87.2	168.4	23.6	55.8	4.9	0.4	0.1	0.8	15.4	10.1	23.9
2015	85.9	72.0	414.4	69.7	26.1	2.1	0.3	0.2	2.7	10.3	12.6	8.5
2016	95.8	183.4	231.1	120.3	16.2	11.1	0.1	1.5	9.2	2.8	5.3	32.4
2017	122.1	396.9	734.9	148.9	97.0	4.2	0.0	1.5	4.0	32.4	3.2	30.5
2018	100.4	71.0	77.9	81.8	79.0	15.9	0.1	0.1	0.1	11.9	47.4	9.5
2019	97.6	408.5	121.7	129.3	28.9	2.6	2.2	0.3	1.1	12.9	12.5	57.2
2020	65.5	280.9	247.6	104.3	58.4	17.1	16.8	9.8	2.9	0.3	13.7	101.3

Fuente: Elaboración propia

b) Temperatura media

Para la obtención de la temperatura media se utilizaron las 6 estaciones meteorológicas indicadas en el acápite 5.3.1 Recopilación de datos. Se realizó el promedio de los valores de temperatura media mínima (ver Tabla 24) y media máxima (ver Tabla 25) generados por Hydraccess. Los valores medios de temperatura se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde el valor mínimo para el periodo de estudio fue de 21.8 C° medido en el mes de julio de los años 1981 y 1985, mientras que el valor máximo fue de 28.3 C° medido en el mes de marzo de 2020 y el resto de datos obtenidos.

Tabla 24. Temperatura media mínima de la subcuenca San Pedro 1981-2020

AÑO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1981	19.8	21.7	21.2	19.6	17.4	16.4	15.0	15.4	15.2	16.7	16.9	18.6
1982	19.8	21.1	20.8	19.5	18.9	17.6	17.3	16.7	17.5	19.0	20.9	22.3
1983	22.9	22.9	22.9	22.8	23.1	21.8	19.4	17.9	17.1	18.0	18.0	19.4
1984	19.1	20.9	20.5	19.6	17.2	16.8	16.2	15.3	16.0	17.1	16.8	19.0
1985	19.8	20.5	20.6	18.9	16.3	15.9	15.0	15.1	15.7	16.4	16.0	18.7
1986	20.9	21.0	20.3	20.8	18.4	15.6	15.7	17.1	16.3	16.8	18.4	19.7
1987	21.8	22.6	22.4	21.9	19.3	18.0	17.9	16.2	16.7	17.7	18.0	19.5
1988	21.0	22.1	20.4	20.5	18.8	15.4	14.7	15.3	15.8	16.5	17.7	18.8
1989	20.4	21.2	21.2	19.3	16.9	17.0	15.3	16.2	16.3	17.4	16.7	17.5
1990	20.2	21.6	21.4	20.7	18.0	17.2	15.8	15.3	16.0	16.9	17.8	18.7
1991	20.5	22.2	22.3	20.8	19.6	17.9	16.0	16.1	17.0	17.0	17.8	19.8
1992	21.4	22.1	22.4	22.6	21.2	18.3	15.1	16.1	16.5	16.7	17.7	17.8
1993	20.4	21.6	21.3	21.3	20.3	18.6	17.6	16.9	17.1	17.8	17.6	18.8

Cont. Tabla 24. Temperatura media mínima de la subcuenca San Pedro 1981-2020												
AÑO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1994	20.4	21.0	20.7	20.4	19.0	16.2	15.4	15.7	16.8	17.1	17.5	19.8
1995	20.7	20.9	20.5	19.7	18.6	17.0	16.0	15.3	15.8	16.7	17.7	17.8
1996	19.9	21.1	21.2	19.2	16.3	15.5	14.6	14.9	15.2	16.3	16.4	18.0
1997	19.3	21.0	21.2	21.1	21.3	20.6	19.8	20.1	20.7	19.8	21.4	22.2
1998	22.7	23.0	22.9	22.3	20.6	18.5	17.0	15.7	16.1	16.8	16.7	17.1
1999	18.9	20.6	20.5	19.8	17.8	16.4	15.3	15.3	15.5	15.9	16.5	18.1
2000	19.5	20.5	20.3	20.4	18.5	17.0	16.1	16.2	16.5	16.3	15.3	18.8
2001	20.2	21.2	21.2	20.3	18.2	16.9	16.7	15.6	15.9	16.0	17.0	18.5
2002	19.1	21.7	21.7	20.7	18.7	16.2	16.0	15.6	15.5	17.4	18.2	19.9
2003	20.9	21.4	20.5	19.3	18.0	16.5	15.3	15.4	16.5	16.9	18.0	19.3
2004	20.1	21.8	22.0	20.3	18.1	15.9	16.6	15.2	16.5	17.6	18.2	19.4
2005	21.2	21.6	21.0	20.5	18.2	17.1	15.8	16.0	15.3	16.6	16.7	18.8
2006	20.9	21.8	21.4	19.6	17.8	17.5	17.5	17.2	17.0	17.7	18.6	19.4
2007	21.5	21.7	21.6	20.3	18.0	15.9	16.4	15.6	15.3	16.2	17.6	18.3
2008	21.0	21.0	21.3	20.1	18.6	17.9	17.5	17.5	16.9	17.2	17.2	17.7
2009	20.5	21.3	21.1	20.0	18.5	17.7	17.1	16.8	17.0	17.4	18.2	20.0
2010	21.7	21.8	21.8	20.7	17.9	16.3	15.4	15.3	15.3	15.4	15.7	17.8
2011	19.6	20.6	19.9	20.6	19.2	18.7	17	16.6	16.6	16.4	17.6	19.6
2012	21	21.1	21.1	20.8	19.5	19.2	17.4	16.5	16.7	17.2	18.4	18.8
2013	20.5	21.3	21.5	19.3	18.5	16.6	15.5	15.6	15.6	17	16.7	19.1
2014	20.9	21	21.2	20.4	20.7	19.4	17.5	17.1	17	17.8	18	18.9
2015	20.4	21.5	21.8	21.1	21	19.3	18.6	17.9	18.4	19.3	19.2	21
2016	21.9	22.6	22.5	21.5	19.8	18.1	17.5	17.1	17.8	17.8	17.1	19.4
2017	21.7	22	22	21.2	19.9	20.5	17.2	16.4	16.4	16.7	16.8	18.8
2018	20.1	21.1	20.7	19.8	18.5	16.7	16.6	16.7	16.7	17.5	18.9	19.8
2019	21.8	22.3	21.5	20.3	19.4	17.2	16	15.1	15.8	16.6	18.2	19.7
2020	21	21.9	22.3	20.4	19.3	17.1	16.3	15.4	15.9	17	17.1	19.6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Temperatura media máxima de la subcuenca San Pedro 1981-2020

AÑO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1981	32.2	31.9	31.5	30.0	30.1	28.6	28.5	29.2	30.9	31.2	31.1	32.0
1982	33.0	33.6	33.5	32.5	31.4	29.8	29.5	30.0	31.1	31.1	31.3	30.6
1983	29.9	30.6	31.2	30.5	30.2	29.5	29.1	29.2	29.0	30.0	31.3	30.6
1984	32.4	30.4	29.9	30.8	29.8	29.3	28.8	29.9	30.3	31.4	30.7	32.0
1985	30.7	32.4	31.7	31.8	29.9	30.3	28.5	29.3	31.0	31.3	32.0	31.8
1986	31.5	32.7	33.8	31.4	30.5	29.5	29.1	30.3	30.9	31.1	31.2	31.4
1987	31.3	30.7	30.8	30.4	29.9	29.7	29.5	31.0	31.9	31.4	32.5	32.5
1988	32.1	32.4	33.5	32.5	31.7	30.3	30.1	30.3	30.6	31.3	31.4	31.9
1989	31.2	29.9	30.6	30.0	30.1	28.8	28.7	30.3	31.0	31.5	32.8	32.9
1990	33.0	32.7	33.9	32.3	30.8	30.6	29.4	31.0	31.7	31.8	32.9	32.7
1991	33.6	33.4	33.4	33.0	32.3	31.5	29.9	30.5	32.2	31.2	32.3	32.1
1992	31.8	31.4	31.2	30.8	30.6	29.1	28.5	29.7	30.7	32.6	32.6	32.0
1993	33.0	30.6	31.2	31.1	29.5	30.8	30.5	31.1	31.9	32.4	32.5	31.8
1994	31.9	31.0	32.0	30.3	31.1	29.7	29.8	30.2	32.1	31.8	32.1	32.1
1995	31.4	30.6	33.1	32.9	32.4	31.9	29.8	30.6	32.4	32.1	32.7	32.7
1996	32.7	34.1	32.5	32.7	32.6	30.1	30.3	30.6	32.1	32.3	32.7	33.3
1997	32.9	33.0	32.6	32.7	31.7	30.7	31.6	31.8	32.8	33.5	32.1	31.2
1998	31.4	32.3	31.7	30.5	28.8	28.1	30.0	30.1	30.8	31.5	32.3	32.6
1999	33.1	30.6	31.5	30.8	29.7	28.9	29.5	30.8	31.3	32.3	32.4	31.5
2000	33.1	31.3	31.2	31.6	30.3	27.7	28.7	30.9	31.3	33.0	32.4	31.5
2001	31.8	32.1	31.2	30.5	29.2	27.2	29.0	30.7	31.4	31.8	31.8	32.5
2002	33.9	31.7	30.9	30.0	30.6	30.0	29.1	30.1	31.9	31.0	32.1	31.8
2003	31.8	31.1	32.7	32.9	32.1	30.7	30.7	31.7	32.3	32.4	32.4	32.6
2004	32.8	32.7	33.9	33.0	32.0	30.2	29.9	31.5	32.1	31.7	32.2	32.7
2005	33.6	32.2	30.9	32.7	31.2	31.0	30.7	31.2	31.3	31.1	31.4	32.0
2006	32.8	30.9	30.9	31.6	31.5	29.6	29.8	31.1	32.2	32.4	32.4	32.6
2007	32.1	33.6	32.9	32.5	32.0	30.6	30.8	30.5	31.5	30.7	32.0	32.3
2008	30.9	30.7	30.8	30.7	28.8	26.7	27.1	27.9	30.9	31.4	31.6	32.8
2009	30.8	30.5	31.4	32.0	32.0	29.8	30.5	31.0	32.2	33.5	32.8	32.0
2010	31.4	31.1	31.5	31.6	31.7	31.4	30.9	31.8	31.5	32.1	32.3	32.3
2011	33.1	32.4	34.6	32.2	31.2	30.7	30.0	31.3	32.3	31.6	32.6	32.1
2012	31.5	31.0	31.6	31.3	31.0	30.2	29.1	30.4	31.9	31.8	33.1	33.2
2013	32.1	34.0	31.9	33.2	30.6	30.3	31.0	31.9	32.2	32.3	32.8	33.2
2014	32.8	33.1	33.3	32.8	31.7	31.4	31.2	31.4	32.5	32.4	32.7	32.5
2015	32.6	32.5	32.2	32.1	31.9	31	31.2	32	33.1	33.3	33.1	33
2016	33.3	32.5	33.1	32.7	32.8	31.5	31.7	32.2	32.7	32.9	33.4	33

Cont. Tabla 25. Temperatura media máxima de la subcuenca San Pedro 1981-2020												
AÑO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	32.7	32.3	31.5	30.6	29.0	28.0	28.6	29.7	31.7	31.9	31.9	32.5
2018	33.2	32.8	34.1	33.1	31.6	30.5	30.2	31.9	32.7	31.7	32.0	32.1
2019	32.7	31.3	31.6	32.1	31.4	31.5	31.3	31.6	32.2	32.1	32.4	32.8
2020	33.9	34.4	34.3	33.0	32.2	31.4	31.6	32.3	32.9	33.5	32.1	32.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Temperatura media de la subcuenca San Pedro 1981-2020

AÑO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1981	26.0	26.8	26.4	24.8	23.8	22.5	21.8	22.3	23.1	24.0	24.0	25.3
1982	26.4	27.4	27.2	26.0	25.2	23.7	23.4	23.4	24.3	25.1	26.1	26.5
1983	26.4	26.8	27.1	26.7	26.7	25.7	24.3	23.6	23.1	24.0	24.7	25.0
1984	25.8	25.7	25.2	25.2	23.5	23.1	22.5	22.6	23.2	24.3	23.8	25.5
1985	25.3	26.5	26.2	25.4	23.1	23.1	21.8	22.2	23.4	23.9	24.0	25.3
1986	26.2	26.9	27.1	26.1	24.5	22.6	22.4	23.7	23.6	24.0	24.8	25.6
1987	26.6	26.7	26.6	26.2	24.6	23.9	23.7	23.6	24.3	24.6	25.3	26.0
1988	26.6	27.3	27.0	26.5	25.3	22.9	22.4	22.8	23.2	23.9	24.6	25.4
1989	25.8	25.6	25.9	24.7	23.5	22.9	22.0	23.3	23.7	24.5	24.8	25.2
1990	26.6	27.2	27.7	26.5	24.4	23.9	22.6	23.2	23.9	24.4	25.4	25.7
1991	27.1	27.8	27.9	26.9	26.0	24.7	23.0	23.3	24.6	24.1	25.1	26.0
1992	26.6	26.8	26.8	26.7	25.9	23.7	21.8	22.9	23.6	24.7	25.2	24.9
1993	26.7	26.1	26.3	26.2	24.9	24.7	24.1	24.0	24.5	25.1	25.1	25.3
1994	26.2	26.0	26.4	25.4	25.1	23.0	22.6	23.0	24.5	24.5	24.8	26.0
1995	26.1	25.8	26.8	26.3	25.5	24.5	22.9	23.0	24.1	24.4	25.2	25.3
1996	26.3	27.6	26.9	26.0	24.5	22.8	22.5	22.8	23.7	24.3	24.6	25.7
1997	26.1	27.0	26.9	26.9	26.5	25.7	25.7	26.0	26.8	26.7	26.8	26.7
1998	27.1	27.7	27.3	26.4	24.7	23.3	23.5	22.9	23.5	24.2	24.5	24.9
1999	26.0	25.6	26.0	25.3	23.8	22.7	22.4	23.1	23.4	24.1	24.5	24.8
2000	26.3	25.9	25.8	26.0	24.4	22.4	22.4	23.6	23.9	24.7	23.9	25.2
2001	26.0	26.7	26.2	25.4	23.7	22.1	22.9	23.2	23.7	23.9	24.4	25.5
2002	26.5	26.7	26.3	25.4	24.7	23.1	22.6	22.9	23.7	24.2	25.2	25.9
2003	26.4	26.3	26.6	26.1	25.1	23.6	23.0	23.6	24.4	24.7	25.2	26.0
2004	26.5	27.3	28.0	26.7	25.1	23.1	23.3	23.4	24.3	24.7	25.2	26.1
2005	27.4	26.9	26.0	26.6	24.7	24.1	23.3	23.6	23.3	23.9	24.1	25.4
2006	26.9	26.4	26.2	25.6	24.7	23.6	23.7	24.2	24.6	25.1	25.5	26.0

Cont. Tabla 26. Temperatura media de la subcuenca San Pedro 1981-2020												
AÑO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2007	26.8	27.7	27.3	26.4	25.0	23.3	23.6	23.1	23.4	23.5	24.8	25.3
2008	26.0	25.9	26.1	25.4	23.7	22.3	22.3	22.7	23.9	24.3	24.4	25.3
2009	25.7	25.9	26.3	26.0	25.3	23.8	23.8	23.9	24.6	25.5	25.5	26.0
2010	26.6	26.5	26.7	26.2	24.8	23.9	23.2	23.6	23.4	23.8	24.0	25.1
2011	26.4	26.5	27.3	26.4	25.2	24.7	23.5	24.0	24.5	24.0	25.1	25.9
2012	26.3	26.1	26.4	26.1	25.3	24.7	23.3	23.5	24.3	24.5	25.8	26.0
2013	26.3	27.7	26.7	26.3	24.6	23.5	23.3	23.8	23.9	24.7	24.8	26.2
2014	26.9	27.1	27.3	26.6	26.2	25.4	24.4	24.3	24.8	25.1	25.4	25.7
2015	26.5	27	27	26.6	26.5	25.2	24.9	25	25.8	26.3	26.2	27
2016	27.6	27.6	27.8	27.1	26.3	24.8	24.6	24.7	25.3	25.4	25.3	26.2
2017	27.2	27.2	26.8	25.9	24.5	24.3	22.9	23.1	24.1	24.3	24.4	25.7
2018	26.7	27	27.4	26.5	25.1	23.6	23.4	24.3	24.7	24.6	25.5	26
2019	27.3	26.8	26.6	26.2	25.4	24.4	23.7	23.4	24	24.4	25.3	26.3
2020	27.5	28.2	28.3	26.7	25.8	24.3	24	23.9	24.4	25.3	24.6	25.9

Fuente: Elaboración propia

c) Evapotranspiración potencial:

A partir de los datos de temperatura obtenidos se procede a realizar el cálculo de evapotranspiración potencial. Este parámetro será servirá de variable de entrada para el funcionamiento de los modelos hidrológicos (GR2m y Temez). Se trabajó con el método de Thornthwaite. En el Apéndice 3 se muestra a detalle el desarrollo del modelo Thornthwaite.

Según los cálculos obtenidos la ETP máxima se determinó en el periodo de marzo del 2020 resultando un valor de 170.8 mm/mes, mientras que ETP mínima resultó 79.2 en el periodo de julio de 1985, dicha evidencia junto el resto de información se puede apreciar en la Tabla 27.

Tabla 27. Valores de ETo (mm/mes) por el método de Thronthwaite

AÑO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1981	129.5	129.3	138.2	112	103.1	84.5	79.2	84.1	89.6	102.8	98.5	118.9
1982	135.6	138.3	151.4	129.2	122.6	99	98.2	97.4	104.5	117.8	127	136.8
1983	135.6	129.3	149.7	140.1	146.2	126.6	110.1	99.9	89.6	102.8	107.4	114.6
1984	126.5	117.9	120.1	117.6	99.2	91.5	87.1	87.6	90.8	106.7	96	121.7
1985	119.2	125	135.1	120.4	94.1	91.5	79.2	83	93.2	101.5	98.5	118.9
1986	132.5	130.8	149.7	130.8	112.6	85.7	86	101.2	95.6	102.8	108.8	123.2

Cont. Tabla 27. Valores de ETo (mm/mes) por el método de Thronthwaite												
AÑO	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1987	138.7	127.9	141.4	132.3	114.0	101.5	102.1	99.9	104.5	110.8	115.6	129.1
1988	138.7	141.7	148.1	137.0	124.1	89.2	86.0	90.0	90.8	101.4	106.1	120.3
1989	126.5	112.5	130.4	110.6	99.2	89.2	81.4	96.1	96.9	109.4	108.8	117.4
1990	138.7	135.3	160.0	136.9	111.2	101.5	88.3	94.9	99.4	108.1	117.0	124.7
1991	146.8	144.6	163.5	143.3	134.8	112.2	93.2	96.1	108.5	104.1	112.8	129.1
1992	138.7	133.9	144.8	140.2	133.3	99.0	79.2	91.2	95.6	112.1	114.2	113.2
1993	140.3	119.3	136.6	132.3	118.2	112.2	107.4	105.2	107.2	117.8	112.8	118.9
1994	132.5	118.0	138.2	120.4	121.1	90.3	88.3	92.4	107.2	109.4	108.8	129.1
1995	131.0	115.2	144.7	133.8	127.1	109.5	91.9	92.4	101.9	108.1	114.2	118.9
1996	134.0	146.5	146.4	129.3	112.6	88.0	87.1	90.0	96.8	106.7	106.1	124.7
1997	131.0	132.3	146.3	143.3	142.9	126.6	130.5	134.1	140.7	142.1	137.7	140.0
1998	146.8	143.0	153.1	135.4	115.4	94.0	99.5	91.2	94.4	105.4	104.8	113.2
1999	129.5	112.5	132.0	119.0	103.1	86.8	86.0	93.6	93.2	104.1	104.8	111.9
2000	134.0	120.7	129.0	129.3	111.2	83.4	86.0	99.9	99.3	112.1	97.2	117.4
2001	129.5	127.9	135.1	120.4	101.8	80.0	91.9	94.9	96.9	101.5	103.5	121.7
2002	137.2	127.9	136.6	120.4	115.4	91.5	88.3	91.2	96.9	105.4	114.2	127.6
2003	135.6	122.1	141.4	130.8	121.1	97.7	93.2	99.9	105.8	112.1	114.2	129.1
2004	137.2	141.7	165.4	140.2	121.2	91.5	96.9	97.3	104.5	112.1	114.2	130.6
2005	151.8	130.8	132.0	138.5	115.4	104.1	96.9	99.9	92.0	101.5	99.7	120.3
2006	143.6	123.6	135.1	123.3	115.4	97.7	102.1	107.8	108.5	117.8	118.4	129.1
2007	141.9	143.0	153.1	135.4	119.7	94.0	100.7	93.6	93.2	96.4	108.8	118.9
2008	129.5	120.7	133.6	120.4	101.8	82.3	84.8	88.8	99.3	106.7	103.5	118.9
2009	125.0	116.6	136.6	129.2	124.1	100.2	103.4	103.8	108.5	123.6	118.4	129.1
2010	138.7	125.0	143.1	132.3	116.8	101.5	95.7	99.9	93.2	100.2	98.5	116.0
2011	135.6	125.0	153.1	135.4	122.6	112.2	99.5	105.2	107.2	102.8	112.8	127.6
2012	134.0	123.6	138.3	130.8	124.1	112.2	96.9	98.6	104.5	109.4	122.6	129.1
2013	134.0	143.0	143.1	133.8	114.0	96.4	96.9	102.5	99.4	112.1	108.8	132.2
2014	143.6	133.8	153.1	138.5	138.0	122.1	111.5	109.2	111.2	117.8	117.0	124.7
2015	137.2	132.3	148.0	138.5	142.9	119.2	118.6	119.0	125.4	135.7	128.5	144.8
2016	155.2	146.5	161.8	146.6	139.7	113.6	114.3	114.7	118.1	122.0	115.5	132.2
2017	148.5	135.3	144.7	127.7	112.6	106.8	91.9	93.6	101.9	106.7	103.5	124.7
2018	140.3	132.3	154.8	136.9	121.1	97.7	98.2	109.2	109.8	110.8	118.4	129.1
2019	150.1	129.3	141.4	132.3	125.6	108.1	102.1	97.4	100.7	108.1	115.6	133.7
2020	153.5	156.4	170.8	140.2	131.7	106.8	106.0	103.8	105.8	120.6	106.1	127.6

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 6

Generación de caudales mensuales mediante los modelos hidrológicos

Con el propósito de determinar los caudales mensuales en la subcuenca de estudio, mediante modelos hidrológicos lluvia-escorrentía, se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Los modelos hidrológicos generan caudales en mm/mes.
- El periodo de calibración abarcara los años 1981-1987 y la validación el periodo de 1988-1992.
- Para poder validar y calibrar el modelo se requerirá que tanto los caudales observados como los generados estén en las mismas unidades.
- Para este caso, los caudales observados se han medido en m^3/s, por las estaciones hidrográficas.
- Para la conversión de los caudales generados en mm/mes a m^3/s, se multiplicará por el área de la zona de estudio, haciendo en cambio correspondiente de unidades en el proceso.
- Debido a la información disponible, los procesos de calibración y validación de los modelos se efectuarán respecto a la cuenca recepción, por lo que se hará uso de su información fisiográfica, meteorológica e hidrométrica que se describen en el Capítulo 5.

Bajo lo mencionado, a continuación, se detallará la obtención de los parámetros de los cuatro modelos hidrológicos y se mostrará los caudales generados por estos, tanto en su periodo de calibración como validación. Posterior a ello en el Capítulo 7 se analizarán los resultados y se determinara que modelo es el más eficiente para representar los caudales de la subcuenca Charanal.

6.1. Modelo Lutz Scholz

A continuación, se muestran los resultados de la calibración y validación:

6.1.1. Calibración

Para este proceso no se ha tomado el año de 1983, debido a la presencia de precipitaciones extraordinarias, las cuales afectarían la generación de los valores de aportación en el año promedio (parte determinística del modelo) y, por consiguiente, la obtención de la ecuación generadora de caudales (parte estocástica del modelo).

Esta calibración consistirá en determinar los parámetros del modelo, tanto para su etapa determinística como la estocástica, con las cuales será posible generar una serie de caudales medios mensuales en el tiempo. A continuación, se detalla el proceso:

a) Aportación año promedio

En base a lo detallado en el ítem 3.3.1., se muestra en la Tabla 28 los caudales para un año promedio y cada procedimiento detallado para la obtención de los parámetros que influyen en él.

Tabla 28. Aportación para un año promedio

Mes	Nº Días del mes	Precipitaciones		Gasto	Abast.	Aportación	
		P.P. (mm/mes)	PE (mm/mes)	Gi (mm/mes)	Ai (mm/mes)	CMi (mm/mes)	CMi (m3/mes)
ENE	31	83.77	44.61		16.00	60.61	3.53
FEB	28	140.23	87.34		11.52	98.86	6.37
MAR	31	150.48	98.21	15.57		113.78	6.63
ABR	30	81.28	42.15	8.23		50.38	3.03
MAY	31	22.57	3.63	4.25		7.88	0.46
JUN	30	2.50	0.00	2.25		2.25	0.14
JUL	31	3.60	0.00	1.16		1.16	0.07
AGO	31	3.78	0.00	0.60		0.60	0.03
SET	30	3.25	0.00	0.32		0.32	0.02
OCT	31	16.87	4.24		0.23	4.47	0.26
NOV	30	19.45	5.72		1.84	7.56	0.45
DIC	31	62.75	33.12		2.79	35.91	2.09
TOTAL		590.53	319.00	32.38	32.38	383.77	23.09

Fuente: Elaboración Propia

Precipitación total anual promedio (P.P.):

A partir de los valores promedios mensuales de la precipitación media obtenidos en la Tabla 23 para en el periodo 1981-1992 (con excepto 1983), determinándose que para subcuenca San Pedro la precipitación total anual promedio es 634.29 mm/año.

Precipitación efectiva – Método de la FAO (P.E.):

En la Tabla 29, se muestran los valores de la precipitación efectiva del periodo 1981 - 2020 obtenidos a partir de las Ecuaciones *(44*) y *(45*. Sin embargo, para el proceso de calibración se trabajó solo con el periodo 1981-1987 (con excepto 1983), determinándose una precipitación efectiva total anual promedio es mm/año 319 mm/año.

Tabla 29. Precipitación Efectiva mediante la formulación de la FAO en mm/mes

AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	7.2	127.2	259.6	20.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	422.2
1982	16.0	32.2	0.5	36.6	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	32.8	150.4	296.0
1983	212.9	210.4	398.7	280.4	94.1	65.0	0.0	0.0	0.0	13.7	4.3	42.4	1321.9
1984	47.3	160.2	105.2	36.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	10.3	368.5
1985	49.6	63.1	78.0	11.1	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.5	220.4
1986	69.0	60.3	18.7	90.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	19.4	259.1
1987	78.6	81.0	127.2	58.4	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	347.9
1988	62.7	70.3	0.0	34.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	174.7
1989	190.8	180.4	199.1	61.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	640.3
1990	24.4	36.1	82.4	58.3	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	1.6	210.4
1991	0.0	92.7	123.1	35.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2	284.3
1992	104.0	105.7	286.9	140.8	41.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	10.9	690.2
1993	57.9	271.4	370.0	103.6	14.4	0.0	3.9	0.0	0.0	0.2	0.0	46.5	867.9
1994	172.7	259.7	265.7	99.6	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	823.4
1995	36.9	86.6	55.2	32.2	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.3	232.8
1996	23.5	26.2	68.7	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	125.2
1997	9.6	45.4	75.0	76.5	11.2	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	14.5	166.7	401.0
1998	113.2	401.6	531.8	250.9	28.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1327.5
1999	27.6	222.3	159.7	69.4	19.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.4	517.2
2000	23.4	92.0	195.6	92.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.6	433.4
2001	64.7	126.5	367.8	54.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	6.9	626.8
2002	3.4	153.1	337.2	211.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	5.4	22.6	739.3
2003	38.1	69.2	58.0	26.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	198.1
2004	22.6	34.2	25.5	38.8	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	132.9
2005	6.0	33.1	156.9	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	213.1

Cont. Tabla 29. Precipitación Efectiva mediante la formulación de la FAO en mm/mes													
AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2006	116.0	201.8	237.4	60.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	14.4	636.0
2007	38.4	17.7	137.3	19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	215.5
2008	107.6	275.0	264.0	155.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.3	0.0	805.1
2009	144.7	206.7	168.8	28.4	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	569.4
2010	34.6	169.2	145.1	62.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	420.8
2011	15.3	63.6	12.9	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	15.7	268.0
2012	123.0	286.6	184.4	106.4	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	709.4
2013	38.7	38.8	139.3	6.7	36.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	263.3
2014	25.9	44.8	109.7	4.2	23.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	212.4
2015	43.7	33.2	306.5	31.8	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	420.9
2016	51.6	121.7	159.9	71.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	413.9
2017	72.7	292.5	562.9	94.1	52.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	8.3	1092.6
2018	55.3	32.6	37.3	40.4	38.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.4	0.0	222.3
2019	53.1	301.8	72.4	78.4	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3	537.3
2020	29.3	199.7	173.1	58.4	25.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	56.0	542.0

Fuente: Elaboración propia

Coeficiente de agotamiento (a):

Por las características climatológicas y el tipo de vegetación que presenta la subcuenca y según la clasificación de la Tabla 7, se establece que es una cuenca de agotamiento muy rápido y se determina:

$$a = -0.00252 \times LnAR + 0.034$$

$$a = -0.00252 \times Ln(156) + 0.034$$

$$a = 0.0213$$

Retención de la cuenca (R):

La retención de la cuenca se calculará mediante la Ecuación *(46* . En la Tabla 30 se muestran los resultados obtenidos, donde PEi es la precipitación efectiva promedio mensual en mm/mes del periodo 1981-1987 (sin 1983) y CMi es el caudal aforado promedio mensual en mm/mes del periodo 1981-1987 (sin 1983).

Tabla 30. Determinación de la retención mensual (mm/mes)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
C.M.	28.6	75.8	125.3	65.6	32.9	13.0	7.7	6.9	4.4	4.0	3.9	30.3
P.E.	44.6	87.3	98.2	42.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	5.7	33.1
Ri	16.0	11.5	-	-	-	-	-	-	-	0.2	1.8	2.8

Fuente: Elaboración Propia

De la sumatoria de la retención para cada mes (Ri), se obtiene una retención anual de 32.4 mm/año.

Abastecimiento de la retención (Ai):

Según la Tabla 30 se puede decir que son los meses de octubre a febrero donde se da el abastecimiento y no gasto (G=0), por lo que se admite decir que todo lo almacenado (Ai) es igual a lo retenido por la cuenca (Ri). Haciendo uso de la Ecuación *(51*, se pueden calcular además los coeficientes de abastecimiento para cada mes (ai) como se muestran en la Tabla 31.

Tabla 31. Determinación de los coeficientes de abastecimiento

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
a_i	0.49	0.36	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.06	0.086

Fuente: Elaboración Propia

Gasto de la retención (Gi):

Previa a la determinación del gasto de retención, se debe realizar el cálculo de la relación de descarga del mes actual y del mes anterior mediante la Ecuación *(48*, los resultados se pueden ver en la Tabla 32. El gasto de la retención se dio en entre marzo y septiembre, y sus valores se obtuvieron mediante la Ecuación *(49*.

Tabla 32. Determinación relación de descarga del mes actual y del mes anterior

MES	Días del mes	gi
Marzo	31	0.52
Abril	30	0.27
Mayo	31	0.14
Junio	30	0.07
Julio	31	0.04
Agosto	31	0.02
Septiembre	30	0.01

Fuente: Elaboración Propia

b) Generación de caudales para periodos extendidos

Obtenidos los valores de caudal mensual de un año promedio (Qt), caudal del mes anterior (Qt-1) y precipitación efectiva promedio mensual (P.E.) (Ver Tabla 33), se realiza una regresión múltiple, donde se obtienen los parámetros B1, B2, B3, R2 y S. Determinados los parámetros y reemplazando en la Ecuación *(56*, se tendrá la Ecuación *(100*:

Tabla 33. Variables dependientes (Y), independientes (X1 y X2)

MES	Y	X1	X2	MES	Y	X1	X2
	Qt (mm)	Qt-1 (mm)	PEt(mm)		Qt (mm)	Qt-1 (mm)	PEt(mm)
ENE	60.61	35.91	44.61	JUL	1.16	2.25	0
FEB	98.86	60.61	87.34	AGO	0.6	1.16	0
MAR	113.78	98.86	98.21	SET	0.32	0.6	0
ABR	50.38	113.78	42.15	OCT	4.47	0.32	4.24
MAY	7.88	50.38	3.63	NOV	7.56	4.47	5.72
JUN	2.25	7.88	0	DIC	35.91	7.56	33.12
TOTAL					383.77	383.77	319.02

Fuente: Elaboración Propia

$$Q_t = 1.249 + 0.030Q_{t-1} + 1.220PE_t + 0.219z \quad (100)$$

Para la obtención de los caudales mensuales del proceso de calibración a partir de Ecuación *(100*, se necesitará la generación de números aleatorios normalmente distribuidos con media igual cero y variancia igual a la unidad, estos se obtuvieron mediante uso de la herramienta "Análisis de datos" del MS. Excel y se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34. Números aleatorios

AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1981	-0.96	-0.38	-0.87	-1.58	-1.04	0.65	-1.64	-0.62	-0.09	-1.43	1.3	-1.39
1982	-1.31	-0.45	0.16	-0.44	-0.62	-0.79	-0.89	-1.25	0.1	-1.58	-0.45	0.55
1983	0.24	0.09	-0.6	0.75	0.01	-2.09	0.52	-0.07	0.64	0.29	-1.16	-0.9
1984	0.74	0.22	-0.57	0.24	-0.2	-0.42	1.09	0.14	1.19	0.06	0.48	0.49
1985	0.22	0.17	1.02	-1.72	0.63	-1.01	1.14	1.05	0.88	1.22	-0.36	0.36
1986	0.78	0.66	-0.81	0.49	-0.42	0.06	1.46	-0.68	1.29	1.34	-1.57	-0.3
1987	0.62	-0.44	-0.66	1.04	1.07	-0.73	-1.72	1.85	-0.95	1.9	0.82	0.86
1988	-0.23	1.66	1.5	0.46	-0.37	-0.98	1.55	-0.59	-2.09	0.84	-1.08	-0.18
1989	-1.71	-1.39	1.02	0.78	-0.81	1.8	1.05	-0.14	-0.83	1.16	1.07	1.15
1990	0.09	-1	0.79	2.97	0.88	-0.47	0.24	1.54	-0.91	0.99	0.15	-0.66
1991	-0.68	0.18	0.3	-1.22	-0.92	0.08	0.55	-0.6	-0.39	-1.42	0.75	-0.4
1992	-0.64	-0.55	-0.51	-1.13	-1.61	0.21	-1.21	0.18	-0.42	-0.57	-0.8	-1.12
1993	0.5	-0.55	-0.07	-2.18	0.18	-0.01	1.91	-0.85	1.28	-1.22	0.41	0.26
1994	-1.08	0.14	-0.54	-0.39	-1.05	-1.45	-0.64	0.06	0.1	0.55	-0.83	-0.5
1995	1.29	0.98	-1.24	1.38	0.23	1.15	0.77	-0.68	-0.21	-0.42	-0.49	0.37
1996	-2.12	1.2	0.09	0.39	-1.09	0.14	2.07	-0.72	0.47	0.79	-0.17	-0.52
1997	0.64	-0.21	0.06	1.62	-0.2	-0.48	0	-0.28	0.76	0.84	0.23	1.35
1998	0.07	-0.06	-1.32	0.73	2.29	0.51	0.38	-0.1	1.03	-0.69	0.75	-0.57
1999	-0.86	-0.09	-0.98	0.1	-0.02	-0.24	0.86	-0.5	0.95	-0.72	-0.2	-0.63
2000	-0.84	0	-0.55	-0.48	-1.22	-0.19	1.85	0.24	-0.53	1.39	1.45	0.34
2001	0.91	-0.28	0.46	-1.1	-0.5	-1.26	-0.33	-0.51	0.54	-0.93	-0.16	-1.57
2002	-0.97	1.19	-0.63	-1.35	0.09	-0.15	-0.05	-0.99	-1.49	1.4	1.01	0.13
2003	0.66	-0.14	-0.53	-1.82	1.56	-0.51	-0.84	-0.46	0.58	-0.79	-0.69	-0.33
2004	0.12	-0.64	-0.97	-0.13	0.56	0.89	0.51	-0.31	-0.82	1.83	0.88	1.18
2005	-0.31	0.58	1.14	-0.38	-1.13	0.06	0.17	-1.27	1.44	-0.36	-0.52	-0.44
2006	-0.22	-1.86	2.75	1.02	1.39	0.69	1.09	1.25	0.31	0.85	-1.02	1.98
2007	0.43	-0.6	-0.06	-1.19	-2.24	0.49	0.26	-0.1	-0.59	0.12	-0.16	0.23
2008	-0.28	0.08	-1.73	-0.01	-0.51	-0.07	-0.38	0.27	0.18	0.72	0.13	0.66
2009	-1.73	-0.33	0.49	-0.07	-0.03	-1.31	-0.04	0.5	-0.19	-0.7	2.15	1.38
2010	1.3	-0.36	1.72	-1.11	0.18	-0.93	0.43	0.38	0.73	-0.11	2.4	0.85
2011	1.58	1.05	-0.07	-1.83	-0.89	-0.11	-0.65	-1.33	-1.14	-0.81	0.1	1.28
2012	-2.13	0.8	-0.09	1.42	-0.69	-0.9	-1.41	-0.12	-1.31	0.18	-0.41	0.64

Cont. Tabla 34. Números aleatorios												
AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	2.63	0.36	0.53	-0.42	-1.41	-1.37	-0.52	0.29	-0.51	-0.37	-0.37	0.83
2014	1.44	-0.4	0.43	-0.04	0.29	-0.88	1.26	3.23	2.09	0.87	0.13	0.08
2015	0.84	-0.4	-0.61	-0.16	0.57	-0.84	-0.29	0.37	0.51	0.69	-0.39	-0.01
2016	-1.6	-0.03	-2.15	-1.62	-0.65	0.3	-0.41	-1.15	-0.33	1.58	-0.05	-1.54
2017	-0.38	-1.96	1.2	0.33	-1.54	-0.35	-0.32	1.31	-0.98	0.67	0.63	0.28
2018	0.81	-0.25	1.13	0.66	-0.76	-1.19	-1.51	-2.63	-0.46	-2.28	-0.44	0.78
2019	-1.37	-1.62	-0.19	-0.61	-2.85	-1.69	0.15	-0.03	0.24	-0.85	-0.53	0.46
2020	1.01	1.66	0.54	1.91	0.89	-0.83	-0.55	0.63	-0.63	0.28	0.64	-0.05
2013	2.63	0.36	0.53	-0.42	-1.41	-1.37	-0.52	0.29	-0.51	-0.37	-0.37	0.83
2014	1.44	-0.4	0.43	-0.04	0.29	-0.88	1.26	3.23	2.09	0.87	0.13	0.08
2015	0.84	-0.4	-0.61	-0.16	0.57	-0.84	-0.29	0.37	0.51	0.69	-0.39	-0.01
2016	-1.6	-0.03	-2.15	-1.62	-0.65	0.3	-0.41	-1.15	-0.33	1.58	-0.05	-1.54
2017	-0.38	-1.96	1.2	0.33	-1.54	-0.35	-0.32	1.31	-0.98	0.67	0.63	0.28
2018	0.81	-0.25	1.13	0.66	-0.76	-1.19	-1.51	-2.63	-0.46	-2.28	-0.44	0.78
2019	-1.37	-1.62	-0.19	-0.61	-2.85	-1.69	0.15	-0.03	0.24	-0.85	-0.53	0.46
2020	1.01	1.66	0.54	1.91	0.89	-0.83	-0.55	0.63	-0.63	0.28	0.64	-0.05

Fuente: Elaboración Propia

Los caudales medios mensuales generados para la etapa de calibración, se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35. Caudales mensuales generados - Calibración – Lutz Scholz (m^3/s)

AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1981	0.59	9.28	17.24	1.99	0.27	0.09	0.05	0.07	0.08	0.06	0.09	0.40
1982	1.11	2.44	0.17	2.54	0.34	0.08	0.06	0.06	0.08	1.65	2.33	9.95
1983	14.26	15.75	26.49	19.81	6.79	4.64	0.22	0.08	0.09	0.97	0.38	2.83
1984	3.25	11.35	7.25	2.73	0.70	0.09	0.09	0.08	0.09	0.14	0.09	0.76
1985	3.33	4.75	5.30	0.96	0.45	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.96
1986	4.61	4.60	1.41	6.20	0.25	0.08	0.09	0.07	0.09	0.09	0.16	1.34
1987	5.25	6.10	8.52	4.29	0.39	0.08	0.05	0.10	0.07	0.10	0.09	0.09

Fuente: Elaboración propia

6.1.2. Validación

Para el proceso de validación del modelo se empleó la Ecuación *(100*, con la finalidad de generar los caudales fuera del periodo de calibración. En la Tabla 36 se muestran estos caudales generados del periodo 1988-1992.

Tabla 36. Caudales mensuales generados - Validación (m^3/s)

AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	1.87	5.13	0.24	2.38	0.64	0.08	0.09	0.07	0.05	0.08	0.06	0.07
1989	12.49	13.51	13.44	4.62	0.79	0.12	0.09	0.07	0.07	0.09	0.09	0.09
1990	1.67	2.73	5.53	4.21	0.55	0.09	0.08	0.09	0.07	0.09	0.24	0.17
1991	0.07	6.78	8.29	2.68	0.68	0.10	0.08	0.07	0.07	0.06	0.09	1.71
1992	6.90	7.66	18.99	10.14	3.07	0.17	0.06	0.08	0.07	0.07	0.08	0.77

Fuente: Elaboración propia

6.2. Modelo GR2m

El desarrollo del modelo hidrológico GR2m se llevará a cabo mediante el uso de unas hojas de cálculo estructuradas y programadas por CEMAGREF (2008), donde presentan en su configuración dos procesos a realizar: calibración y validación. El principal objetivo de calibrar es obtener valores óptimos de los parámetros y así lograr que el sistema sea lo más próximo a la realidad; en otras palabras, se busca que haya un buen ajuste entre los datos observados y los simulados. El objetivo de validar es verificar que los parámetros calibrados sean óptimos para predecir valores en un periodo diferente a la calibración.

6.2.1. Calibración

El proceso de calibración consistirá en obtener los valores óptimos para los parámetros X1 y X2, con la finalidad de que estos generen caudales similares a los observados. Para funcionamiento del modelo requerirá de variables de entrada como el periodo de calentamiento (meses) y el periodo de prueba (meses), se encuentran en la Tabla 37; además de los valores de caudal observado, precipitación media (mm/mes) y evapotranspiración se muestran la Tabla 20, Tabla 23,Tabla 27 respectivamente.

Tabla 37. Variables de entrada al modelo GR2m para la calibración

Periodo	**meses**
Duración del periodo de calentamiento	12
Duración del periodo de prueba	72

Fuente: Elaboración propia

Con la información obtenida, ya se puede dar corrida al modelo mediante la herramienta SOLVER en Excel y obtener los valores de los parámetros X1 y X2, cuyos valores resultantes para esta etapa se aprecian en la Tabla 38.

Tabla 38. Valores optimizados de la calibración GR2m

Parámetros del modelo	**Transf.**	**Réels**
x1: Cap. de almacenamiento del reservorio agua (mm)	6	403.43
x2: Coeficiente de intercambio subterráneos	1.5	1.5

Valores iniciales	
Nivel de llenado inicial S0 (max.: x1 mm)	201.71
Nivel de llenado inicial R0 (max.: 60 mm)	30

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se obtuvieron los caudales mensuales simulados para la calibración, tal como se muestra en la Tabla 39.

Tabla 39. Caudales mensuales generados - Calibración – GR2m (m^3/s)

AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1981	1.72	5.69	16.64	4.11	1.94	1.25	0.94	0.79	0.73	0.67	0.66	0.63
1982	0.64	0.82	0.70	0.84	0.76	0.72	0.65	0.63	0.63	0.64	0.78	3.29
1983	11.27	16.86	33.92	24.75	8.36	5.06	1.87	1.17	0.95	0.85	0.80	0.95
1984	1.29	5.54	6.29	3.68	1.95	1.29	0.95	0.81	0.75	0.68	0.67	0.65
1985	0.84	1.55	2.40	1.65	1.18	0.94	0.78	0.70	0.68	0.63	0.64	0.62
1986	0.93	1.62	1.30	2.28	1.37	1.03	0.82	0.73	0.70	0.64	0.65	0.65
1987	1.14	2.35	4.85	3.79	1.80	1.19	0.90	0.77	0.72	0.66	0.65	0.61

Fuente: Elaboración propia

6.2.2. Validación

Para la validación se tomaron como datos de entrada, aquellos que se muestran en la Tabla 40. El periodo de calentamiento se ha tomado como cero, debido a que este ya se consideró en la etapa de calibración. Para el periodo de prueba se tomó el número de meses correspondientes al proceso de validación. Por otro lado, las variables de entrada como caudal observado, precipitación media (mm/mes) y evapotranspiración se muestran la Tabla 20, Tabla 23,Tabla 27 respectivamente.

Tabla 40. Variables de entrada al modelo GR2m para la validación

Parámetros del modelo	**Transf.**	**Real**
x1: Cap. de almacenamiento del reservorio agua (mm)	6	403.43
x2: Coeficiente de intercambio subterráneos	1.5	1.5

Cont. Tabla 40. Variables de entrada al modelo GR2m para la validación	
Valores iniciales	
Nivel de llenado inicial S0 (max.: x1 mm)	11.21
Nivel de llenado inicial R0 (max.: 60 mm)	20.44
Periodo	
Duración del periodo de calentamiento (mes)	0
Duración del periodo de prueba (mes)	60

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se obtuvieron los caudales mensuales simulados para la validación, tal como se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41. Caudales mensuales generados - Validación – GR2m (m^3/s)

AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	0.79	1.46	1.03	1.09	0.92	0.81	0.71	0.66	0.65	0.62	0.63	0.60
1989	3.40	10.73	14.61	6.21	2.56	1.46	1.01	0.83	0.76	0.68	0.67	0.63
1990	0.64	0.85	1.49	1.94	1.31	1.00	0.81	0.72	0.69	0.64	0.65	0.62
1991	0.61	1.18	3.11	2.36	1.46	1.06	0.83	0.73	0.70	0.64	0.64	0.64
1992	1.50	3.54	16.80	11.01	4.33	1.93	1.18	0.91	0.81	0.71	0.69	0.66

Fuente: Elaboración propia

6.3. Modelo Témez

A continuación, se muestran los resultados de la calibración y validación:

6.3.1. Calibración

Para este proceso se ha seguido con la metodología descrita en el apartado f) del ítem 3.3.3 Modelo Temez. Con la finalidad de obtener un juego de valores para los parámetros calibración de modelo, que generen caudales similares a los observados, se empleó la función SOLVER del Excel teniendo en cuenta las restricciones de la Tabla 9 y las siguientes consideraciones:

- Se tomó como función objetivo el coeficiente de Nash, el cual se maximizará.
- Las celdas variables son las que corresponden a: Hmax, C, Imax y α.

Con lo anterior mencionado, en la Tabla 42 se muestran los parámetros calibrados que generaron el máximo valor de la función objetivo.

Tabla 42. Parámetros del modelo Témez calibrados

Parámetro	Valor
Hmax (mm)	50
C	0.2
Imax (mm)	150
α (1/mes)	0.9

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 43, se muestran los caudales generados a partir de los parámetros calibrados.

Tabla 43. Caudales mensuales generados - Calibración – Témez (m^3/s)

AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1981	0.04	3.68	11.21	2.81	1.22	0.52	0.21	0.08	0.04	0.01	0.01	0.03
1982	0.15	0.55	0.36	0.65	0.45	0.20	0.08	0.03	0.01	0.26	0.66	4.63
1983	8.96	10.84	20.96	15.10	5.37	3.60	1.64	0.67	0.28	0.22	0.18	0.72
1984	1.19	6.03	4.31	2.41	1.19	0.53	0.21	0.09	0.04	0.02	0.02	0.07
1985	0.84	1.81	2.34	1.28	0.58	0.26	0.10	0.04	0.02	0.01	0.00	0.10
1986	1.30	1.92	1.07	2.45	1.14	0.48	0.19	0.08	0.03	0.01	0.02	0.19
1987	1.60	2.71	4.34	2.74	1.32	0.56	0.22	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00

Fuente: Elaboración propia

6.3.2. Validación

En este punto se usarán los parámetros calibrados para corroborar que estos generen caudales similares a los observado, fuera de su periodo de calibración. En esta fase se espera también que la función objetivo sea la máxima posible. En la Tabla 44 se puede apreciar los caudales generados para este proceso.

Tabla 44. Caudales mensuales generados – Validación - Témez(m^3/s)

AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	1.01	1.95	0.97	0.84	0.54	0.25	0.10	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
1989	6.36	8.61	9.08	3.92	1.83	0.81	0.32	0.13	0.05	0.03	0.01	0.01
1990	0.23	0.74	1.87	1.95	1.02	0.45	0.18	0.07	0.03	0.02	0.02	0.03
1991	0.02	2.05	3.69	2.03	1.01	0.45	0.18	0.07	0.03	0.01	0.01	0.26
1992	2.50	3.76	12.91	6.65	3.01	1.46	0.58	0.23	0.10	0.04	0.02	0.09

Fuente: Elaboración propia

6.4. Modelo ABC

A continuación, se muestran los resultados de la calibración y validación:

6.4.1. Calibración

Para este proceso se ha seguido con la metodología descrita en el apartado e) del ítem 3.3.4 Modelo abc.

Con la finalidad de obtener un juego de valores para los parámetros calibración de modelo, que generen caudales similares a los observados, se empleó la función SOLVER del Excel teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se tomó como función objetivo el coeficiente de Nash, el cual se maximizará.
- Las celdas variables son las que corresponden a los parámetros a, b y c.

- El almacenamiento de agua subterránea del mes anterior (Gt-1) como valor inicial se ha asumido un valor de 0:
- Las restricciones serán las siguientes:

  0<=a<=1

  0<=b<=1

  0<=c<=1

  0<=a+b<=1

En la Tabla 45 se muestran los parámetros calibrados. Los cuales generaron el máximo valor de la función objetivo. En la Tabla 46, se muestran los caudales generados a partir de los parámetros calibrados.

Tabla 45. Parámetros del modelo ABC calibrados

	Valor
a	0.57
b	0.11
c	0.81

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Caudales mensuales generados - Calibración – Témez (m^3/s)

AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1981	0.55	4.87	12.03	11.87	3.74	1.27	0.42	0.25	0.07	0.16	0.37	0.73
1982	1.55	2.93	2.46	2.42	2.64	1.06	0.24	0.06	0.15	1.29	3.04	6.40
1983	11.97	16.35	19.72	24.06	16.08	8.91	4.33	0.94	0.38	1.05	1.62	2.46
1984	4.14	7.80	9.85	7.32	3.69	1.61	0.60	0.43	0.46	0.62	0.75	1.01
1985	2.76	5.30	5.91	4.93	2.19	1.05	0.23	0.10	0.10	0.14	0.17	0.84
1986	3.31	5.96	4.40	4.85	4.52	1.29	0.31	0.30	0.35	0.25	0.59	1.49
1987	3.89	6.94	7.88	8.15	4.31	1.36	0.35	0.19	0.06	0.15	0.31	0.39

Fuente: Elaboración propia

6.4.2. Validación

En este punto se usarán los parámetros calibrados para corroborar que estos generen caudales similares a los observado, fuera de su periodo de calibración. En esta fase se espera también que la función objetivo sea la máxima posible. En la Tabla 47 se puede apreciar los caudales generados de este proceso.

Tabla 47. Caudales mensuales generados - Validación – ABC (m^3/s)

AÑO	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	2.40	5.63	4.00	2.54	2.73	1.28	0.29	0.07	0.06	0.18	0.49	0.74
1989	5.66	13.53	13.60	11.48	5.19	1.84	0.42	0.10	0.12	0.40	0.46	0.16
1990	1.21	3.34	4.90	6.22	4.03	1.47	0.40	0.13	0.03	0.30	0.83	1.00
1991	0.86	3.59	7.56	7.38	3.67	1.52	0.37	0.08	0.02	0.19	0.43	1.39
1992	4.70	8.28	12.69	15.90	9.29	4.05	1.06	0.31	0.23	0.24	0.52	1.15

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 7

Análisis de resultados de los modelos hidrológicos

7.1 Calibración y validación de modelos hidrológicos

7.1.1 Modelo Lutz Scholz

7.1.1.1 Calibración. En el hidrograma de calibración que se muestra en la Figura 30, se puede observar que los caudales generados se ajustan a los observados en los periodos de estiaje. En los periodos de grandes avenidas existe mucha variabilidad, ya que se presenta una sobreestimación por parte de los caudales generados en los meses de enero a abril de 1981; sin embargo, es los meses de enero a abril de 1983, 1984 y 1987 donde se presenta una subestimación de los caudales generados.

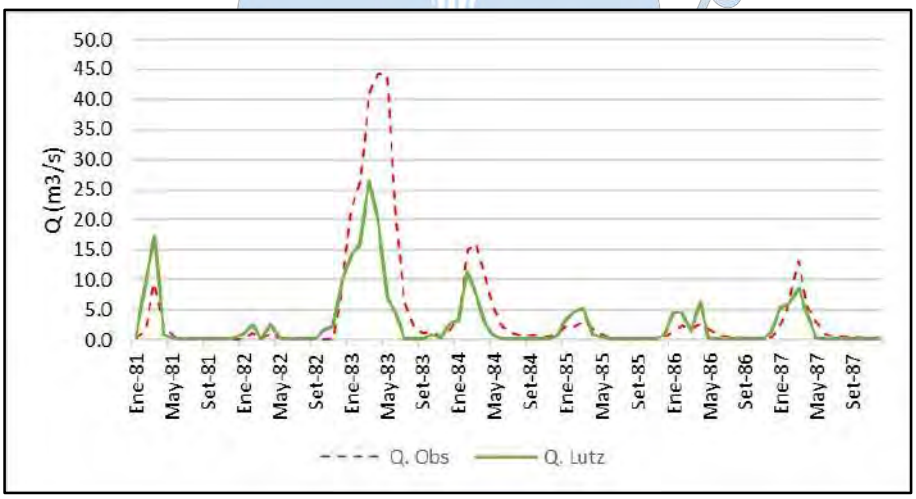


Figura 30. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de calibración Lutz Scholz

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 31, se presenta la línea de tendencia junto con un coeficiente de determinación y correlación buena de 0.67 y 0.82 respectivamente. La ecuación de la línea de tendencia muestra una desviación por debajo de la línea identidad (x=y), y esto se debe a que los caudales generados subestiman a los observados cuando coinciden en temporadas de grandes avenidas como se observa en la nube de puntos.

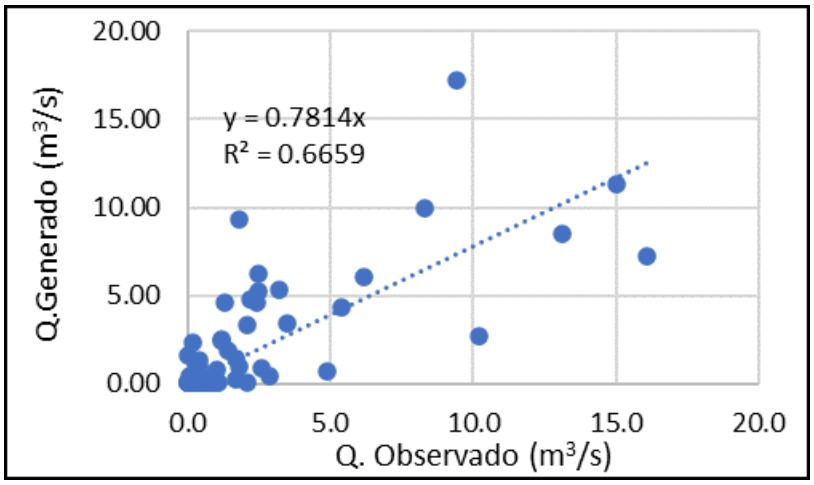


Figura 31. Línea de tendencia caudal generado vs observado proceso de calibración Lutz Scholz

Fuente: Elaboración propia

7.1.1.2 Validación. La Figura 32 muestra el hidrograma de validación, donde se ve una mejoría en la representación de los caudales en la temporada de estiaje; sin embargo, en los meses de enero hasta abril de todos los años del periodo de validación, existe una leve sobrestimación por parte de los caudales generados.

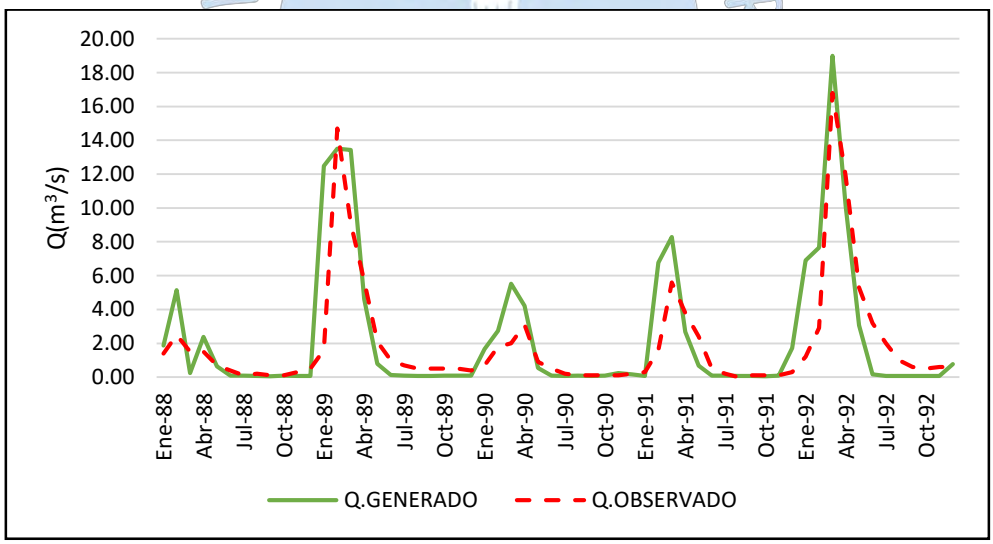


Figura 32. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de validación Lutz Scholz

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 33, se muestra la línea de tendencia la cual presenta un coeficiente de determinación, R^2, de 0.79. La ecuación ahora muestra una pequeña desviación por encima de la línea identidad (y=x), y esto se le atribuye los caudales generados que ahora sobrestiman a los observados en las épocas de estiaje, lo anterior comentado se puede evidenciar en la nube de puntos.

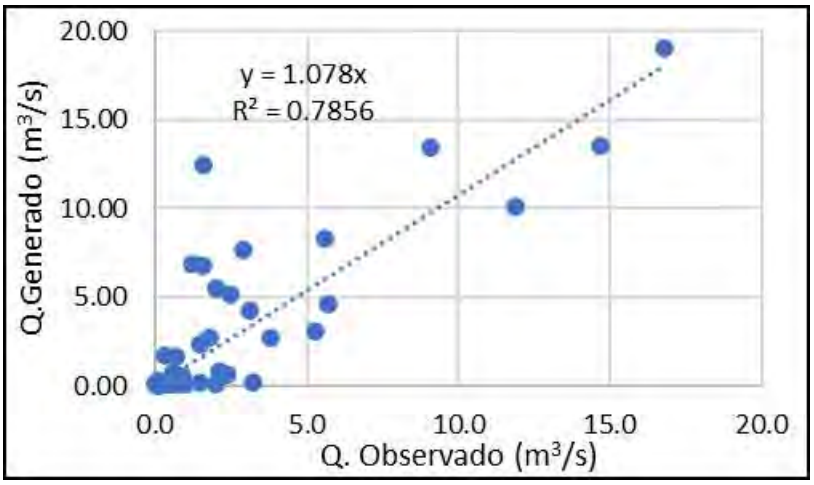


Figura 33. Línea de tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de validación Lutz Scholz

Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Modelo GR2m

7.1.2.1 Calibración. El hidrograma de calibración de la Figura 34, se puede apreciar la buena tendencia a lo largo del periodo de los caudales generados respecto a los observados. Se puede apreciar 4 periodos no satisfactorios, que coinciden con los periodos de grandes avenidas, de los cuales tres de ellos se evidencia subestimación de los caudales generados en los meses de enero a marzo de los años 1983, 1984 y 1987. Por otro lado, en los periodos de estiaje se aprecia como los caudales generados presentan una leve sobrestimación.

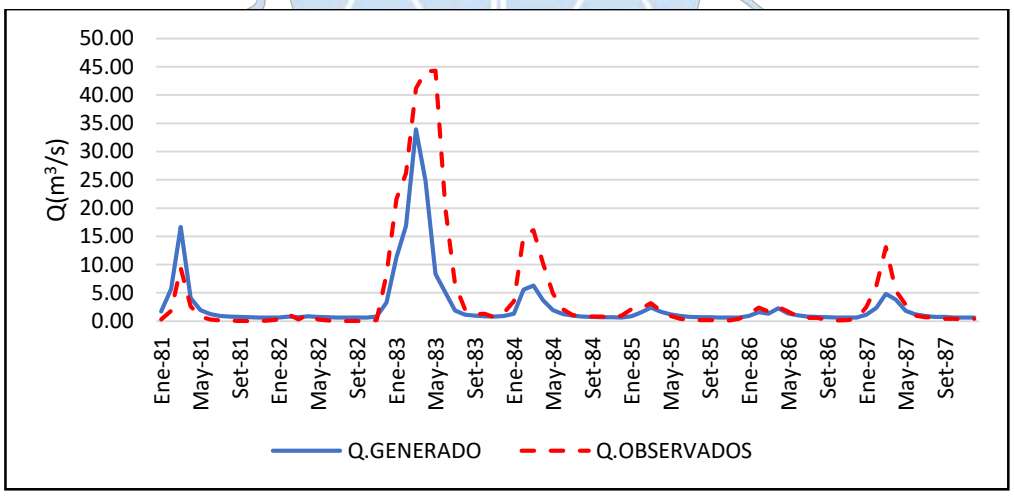


Figura 34. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de calibración GR2m

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 35 se observa como la nube de puntos se agrupa alrededor de la línea de tendencia, donde se obtuvo un coeficiente de determinación R^2= 0.78 y un coeficiente de correlación de R= 0.88, resultando un nivel de ajuste muy bueno, según Tabla 12. Por otro

lado, la gráfica muestra una desviación por debajo de la línea identidad (y=x); y esto se debe a la subestimación de los caudales generados por el modelo, reafirmando lo antes mencionado en la descripción del hidrograma de calibración del GR2m.

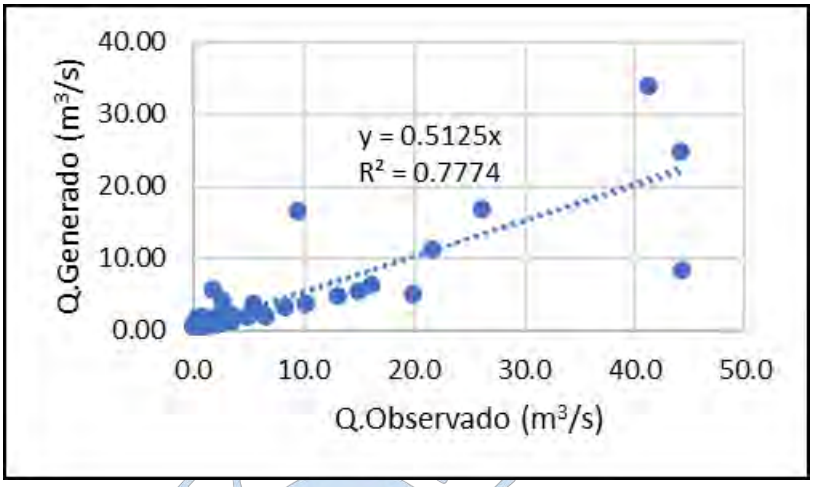


Figura 35. Línea de tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de calibración GR2m

Fuente: Elaboración propia

7.1.2.2 Validación. En la Figura 36, se muestra el hidrograma de validación de los caudales generados y observados. Se puede observar como el modelo logra una representación casi excelente de los caudales pico observados, sin embargo, se mantiene la leve sobrestimación en las épocas de estiaje.

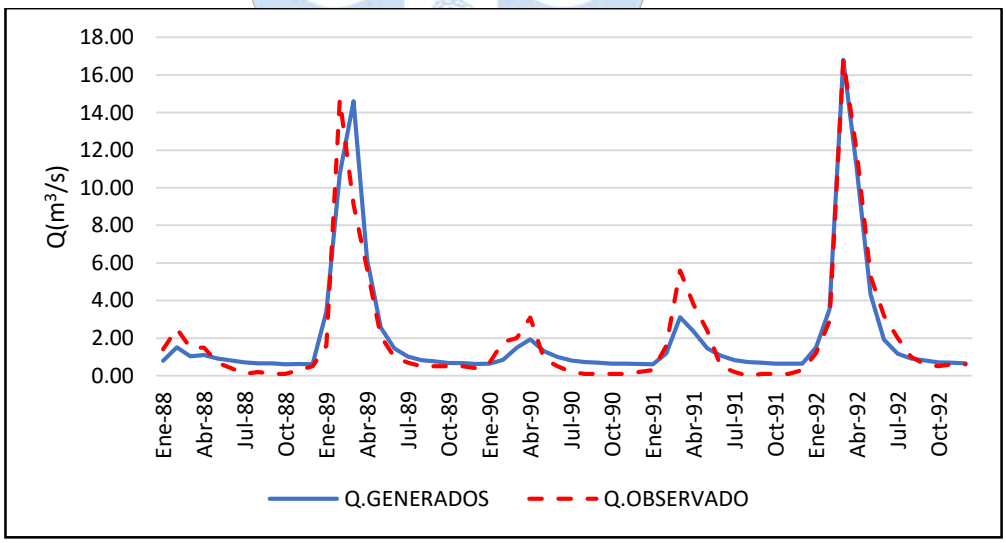


Figura 36. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de validación GR2m

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de validación, se obtuvo un coeficiente de determinación R^2= 0.91 y un coeficiente de correlación de R=0.95 muy buenos, según Tabla 12. En la Figura 37, se muestra como la nube la nube puntos y su línea tendencia, intentan acomodarse a la línea identidad (y=x), sin embargo, aún persiste una pequeña desviación; esto se debe a la existencia una de subestimación por parte de los caudales generados, que ocurren los puntos de grandes avenidas.

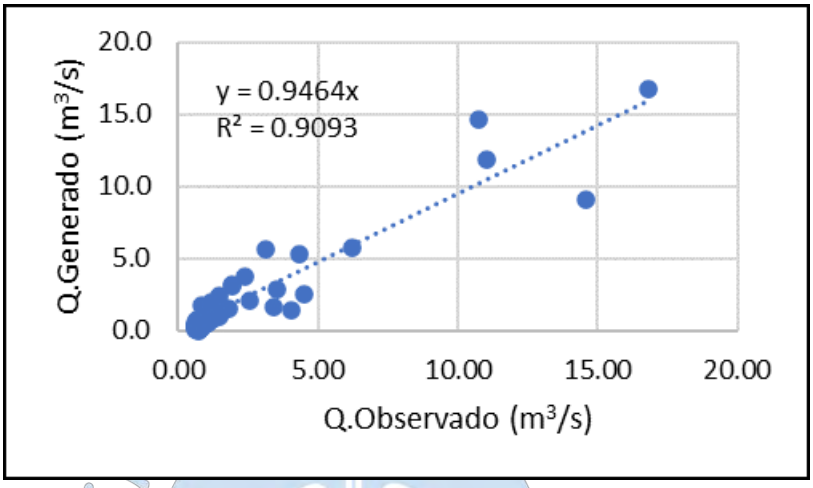


Figura 37. Línea de tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de validación GR2m

Fuente: Elaboración propia

7.1.3 Modelo Témez

7.1.3.1 Calibración. En el hidrograma de calibración que se presenta en la Figura 38 se puede observar que los valores generados tienen comportamiento variable en temporadas de estiaje, ya que en los meses de abril a octubre de los años 1983 y 1984 se presenta subestimación, mientras que, el resto del periodo para esta misma temporada hay un buen ajuste. En periodos de grandes avenidas, vemos una representación no tan buena, ya que los caudales generados subestiman por mucho a los observados. Lo anterior mencionado se puede observar que los meses de enero hasta abril de los años de 1983,1984 y 1987 donde existe mucha variabilidad.

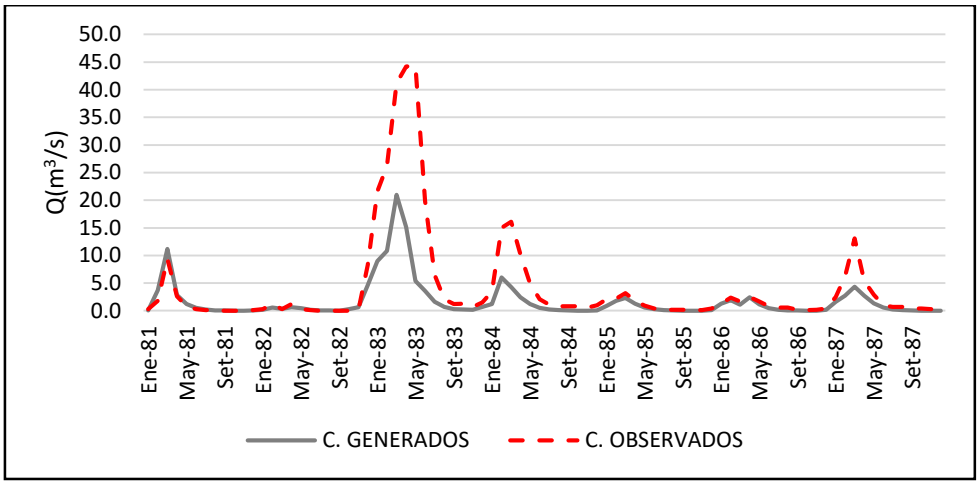


Figura 38. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de calibración Témez

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en la Figura 39 se muestra la tendencia entre los caudales generados y observados, resultando un coeficiente de determinación y correlación muy buenos de 0.79 y 0.89 respectivamente. La ecuación de la línea tendencia muestra una desviación muy acentuada por debajo de la línea identidad (y=x); y esto se debe a que el modelo genera caudales muy por debajo de los observados en las épocas de grandes avenidas. Lo anterior comentado se puede evidenciar en la siguiente nube de puntos.

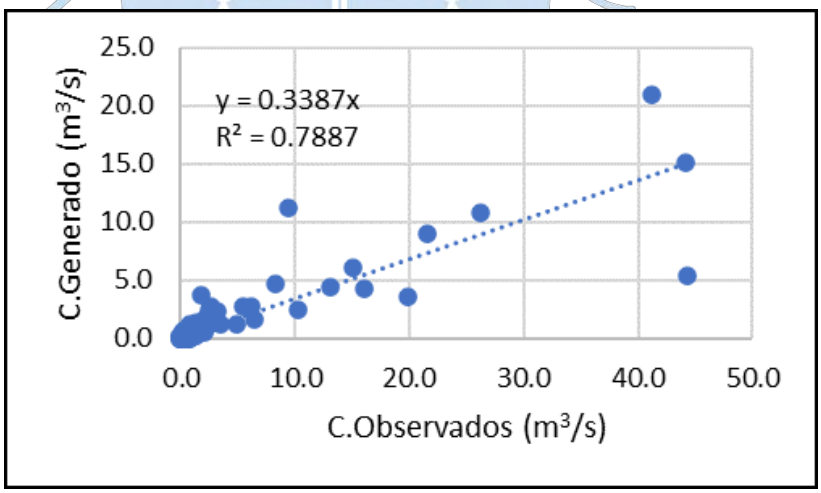


Figura 39. Línea de tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de calibración Témez

Fuente: Elaboración propia

7.1.3.2 Validación. En el hidrograma de validación que se presenta en la Figura 40, se puede observar que los valores generados tienen un mejor ajuste en todo el periodo; sin embargo, aún persiste una pequeña subestimación en periodos de grandes avenidas como el febrero de 1989 y marzo del 1992.

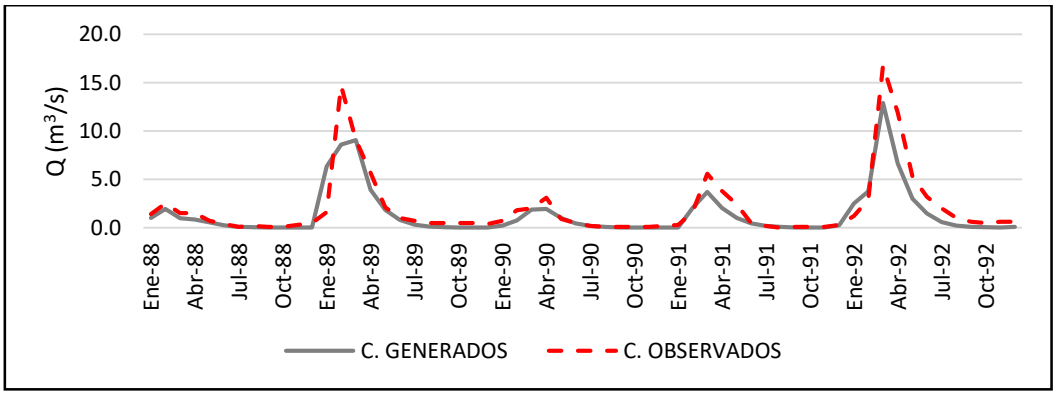


Figura 40. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de validación Témez

Fuente: Elaboración propia

La tendencia entre caudales generados y observados, dio como resultado un coeficiente de determinación y correlación excelentes de 0.89 y 0.94 respectivamente. La línea tendencia, acompañada de su ecuación, se puede observar en la Figura 41. La ecuación indica una mejoría en la desviación que igualmente se ubica por debajo de la línea identidad (y=x); esto se debe a la existencia de caudales generados que subestiman a los observados en los puntos de grandes avenidas como se evidencia en la nube de puntos.

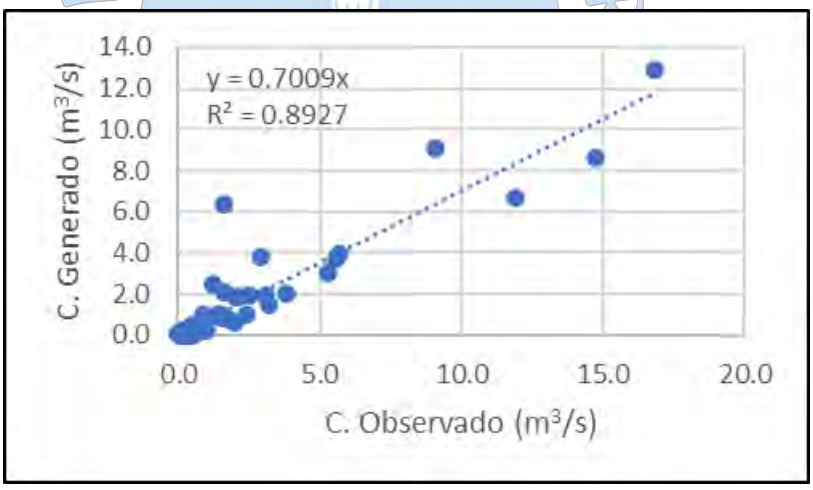


Figura 41. Línea tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de validación Temez

Fuente: Elaboración propia

7.1.4. Modelo ABC

7.1.4.1 Calibración. En el hidrograma de calibración que se presenta en la Figura 42 se observan que los valores generados tienen un buen ajuste en los periodos de estiaje, mientras que, en aquellos donde se han presentan grandes avenidas, ocasionados por fenómenos climáticos atípicos, los caudales generados subestiman a los observados en los meses de enero hasta abril de los años de 1983 y 1984. Por otro lado, se analizó la tendencia de los caudales

generados con los observados obteniéndose un coeficiente de determinación y correlación muy buenos de 0.82 y 0.91 respectivamente. La línea tendencia acompañada con su ecuación, se puede observar en la Figura 43. La ecuación indica una desviación por debajo de la línea identidad (y=x); y esto se debe a la incidencia de caudales generados que subestiman a los observados en los puntos donde existen mayores caudales como se evidencia en la nube de puntos.

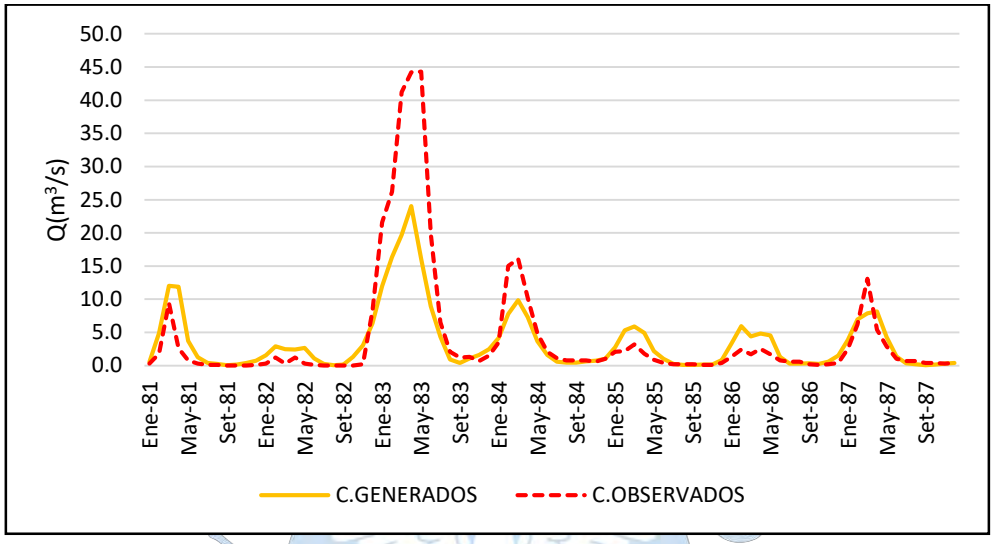


Figura 42. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de calibración ABC

Fuente: Elaboración propia

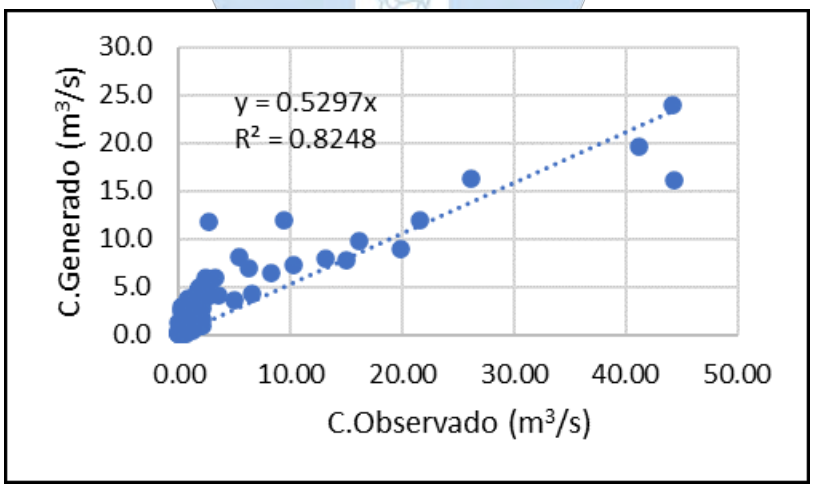


Figura 43. Línea de tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de calibración ABC

Fuente: Elaboración propia

7.1.4.2 Validación. En el hidrograma de validación que se presenta en la Figura 44 se observa que, los valores generados tienen un mejor ajuste en todo el periodo, sin embargo,

aún se presenta una leve sobrestimación por parte de los caudales generados en los meses de enero a abril de los años 1988, 1990 y 1991 La tendencia entre caudales generados y observados, dio como resultado un coeficiente de determinación (R2) y correlación (R) excelentes de 0.85 y 0.92 respectivamente.

La línea tendencia acompañada con su ecuación, se puede observar en la Figura 45. La ecuación ahora muestra una desviación por encima de la línea identidad (y=x); y esto se debe a que los caudales generados por el modelo sobreestiman a los observados en los periodos de grandes avenidas. Lo antes mencionado se puede evidenciar en la nube de puntos.

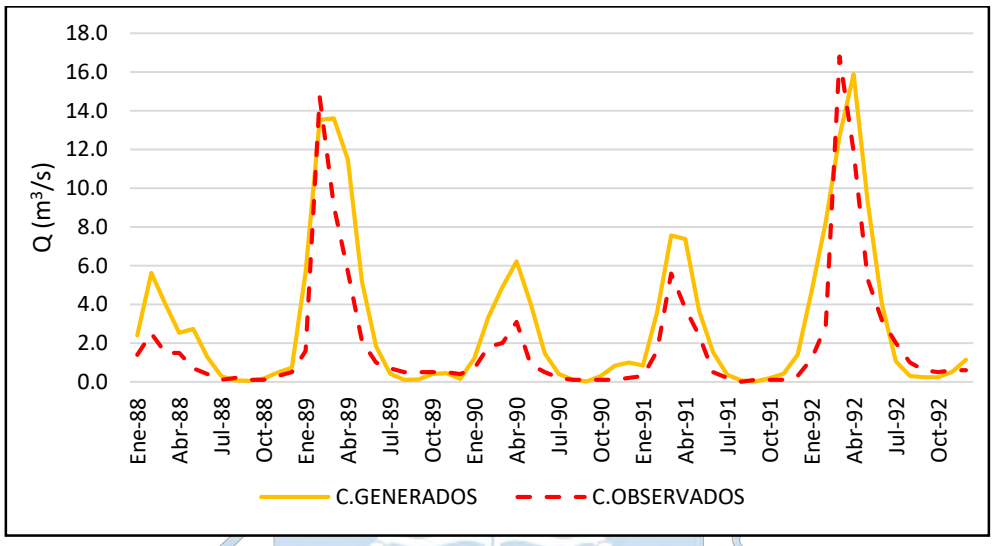


Figura 44. Hidrograma entre caudal generado vs observado proceso de validación ABC

Fuente: Elaboración propia

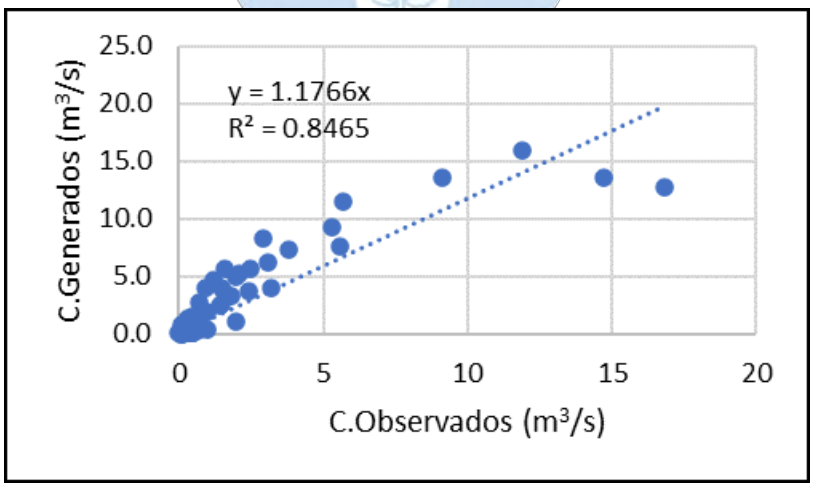


Figura 45. Línea tendencia entre el caudal generado vs observado proceso de validación ABC

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar se generaron los hidrogramas promedio mensuales a partir de los caudales generados por los cuatro modelos hidrológicos en conjunto con los observados. En la Figura 46, corresponde a la etapa de calibración, se aprecia como los caudales generados subestiman a los observados, siendo los modelos Lutz, GR2m y abc los que intentan alcanzar los valores picos generados por las grandes avenidas (enero hasta junio), sin embargo, en estos meses el modelo Temez no logra alcanzar un comportamiento adecuado a la tendencia de los caudales observados. Para los meses de estiaje vemos como el comportamiento de los caudales simulados se acomodan a los observados, predominando el GR2m.

De la misma manera, para el hidrograma de validación mostrado en la Figura 47, se observa como GR2m es el que mejor representa a los caudales observados en el periodo de grandes avenidos seguido de los modelos abc y Lutz Scholz que presentan una leve subestimación, a diferencia del modelo Temez que subestima de manera considerable a los observados.

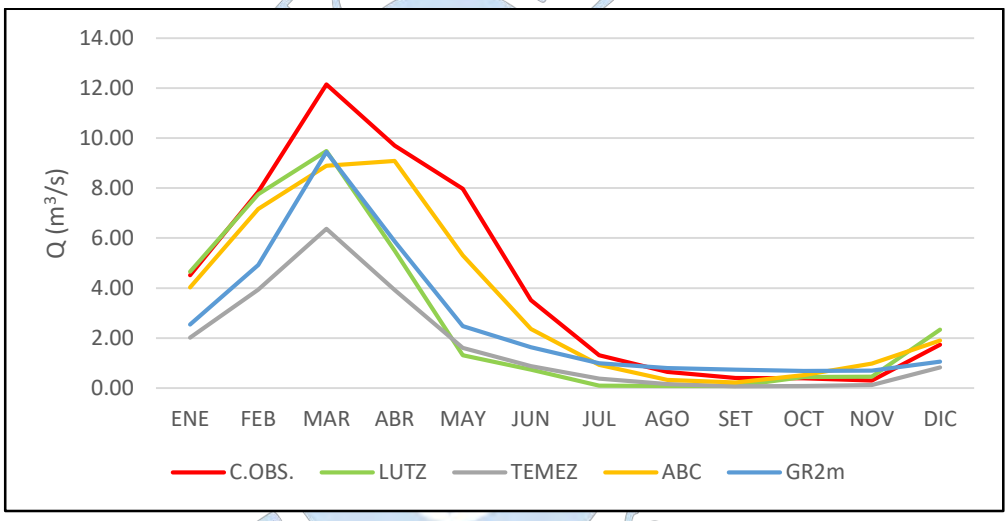


Figura 46. Hidrograma promedio mensual entre caudal observado y generado por los modelos- Calibración

Fuente: Elaboración propia

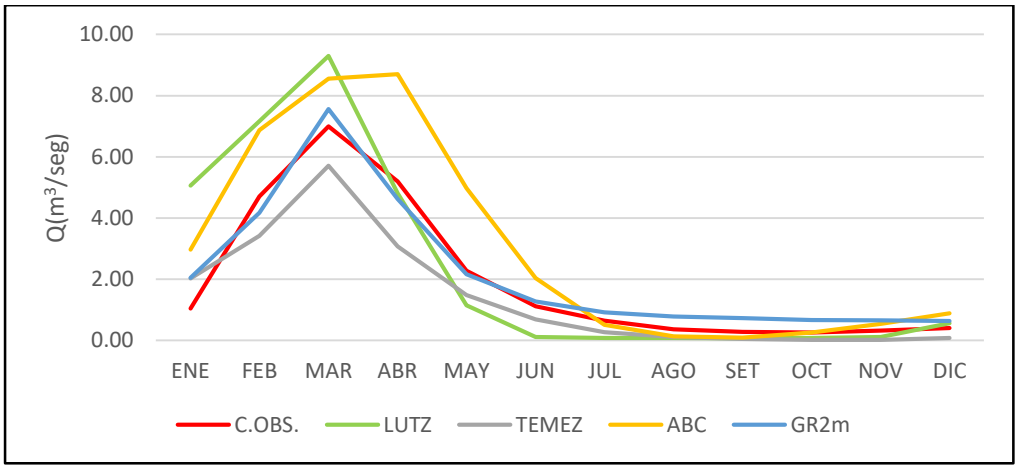


Figura 47. Hidrograma promedio mensual entre caudal observado y generado por los modelos- Validación

Fuente: Elaboración propia

7.2 Medidas de bondad de ajuste

Este análisis consiste en comparar las medidas de bondad de ajuste para cada proceso (calibración y validación), con el fin de elegir cuál de los modelos es el mejor para representar los caudales en la subcuenca de estudio.

Para ambos procesos se emplearon como medida de bondad de ajuste: Eficiencia de Nash y Sutcliffe, Raíz del error cuadrático medio y Porcentaje de sesgo. A continuación, en la Tabla 48 y Tabla 49 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 48. Resultado de las medidas de bondad de ajuste – calibracion

Modelo	NSE		RMSE	RSR		R^2		R	
	Valor	N.A.	Valor	Valor	N.A.	Valor	N.A.	Valor	N.A.
Lutz Scholz	0.52	Bueno	2.33	0.56	Bueno	0.67	Muy bueno	0.82	Muy bueno
GR2m	0.62	Muy bueno	5.57	0.44	Muy bueno	0.78	Muy bueno	0.88	Muy bueno
Temez	0.43	Bueno	6.81	0.49	Muy bueno	0.79	Muy bueno	0.89	Muy bueno
ABC	0.66	Muy bueno	5.27	0.46	Muy bueno	0.82	Muy bueno	0.91	Muy bueno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Resultado de las medidas de bondad de ajuste – validación

Modelo	NSE		RMSE	RSR		R^2		R	
	Valor	N.A.	Valor	Valor	N.A.	Valor	N.A.	Valor	N.A.
Lutz Scholz	0.57	Bueno	2.21	0.44	Muy bueno	0.79	Muy bueno	0.89	Muy bueno
GR2m	0.87	Muy bueno	1.19	0.36	Muy bueno	0.91	Muy bueno	0.95	Muy bueno
Temez	0.80	Muy bueno	1.5	0.39	Muy bueno	0.89	Muy bueno	0.94	Muy bueno
ABC	0.62	Muy bueno	2.06	0.68	Bueno	0.85	Muy bueno	0.92	Muy bueno

Fuente: Elaboración propia

De los modelos hidrológicos empleados es el GR2m quien cuenta con los mejores valores de bondad de ajuste para ambos procesos, de acuerdo con los rangos referenciales mostrados en el ítem 3.5., los resultados obtenidos indican que este modelo tiene un ajuste "Muy bueno". Por otro lado, se tuvo en cuenta también el análisis visual de su hidrograma, el cual nos muestra como los caudales generados se intentan ajustan a los valores observados a lo largo de todo el periodo de estudio.

Los resultados del modelo Lutz Scholz indican un ajuste "muy bueno" en la calibración y validación. Visualmente el hidrograma sigue una respuesta similar respecto a la serie de caudales observados; sin embargo, aún persiste la variabilidad en los periodos de avenidas (subestimación y sobreestimación).

Estadísticamente, el modelo ABC, responde con valores de medidas de bondad de ajuste "muy buenos" en la etapa de calibración y validación; sin embargo, en su hidrograma generado se detectó, en la etapa de calibración, valores muy sesgados correspondientes a altos caudales (subestimación). En la validación se mostró una mejoría, pues ahora los caudales generados sobreestiman por poco a los observados.

El modelo Témez en su proceso de calibración presenta estadísticos poco favorables, como lo evidencia el valor de eficiencia de Nash; sin embargo, es en la etapa de validación donde el modelo muestra una excelente performance. Visualmente, este modelo es deficiente para estimar valores pico, como ocurre en las épocas de avenida, pues los subestima en ambos procesos. Lo que se busca es que este modelo tenga un buen desempeño en ambos procesos, por lo que el modelo Témez no se presenta como una opción adecuada.

7.3 Determinación de caudales mensuales para la subcuenca Charanal

Calibrados y validados los modelos hidrológicos sobre la cuenca recepción, en el Apéndice D se muestran los caudales desde 1981 hasta 2020 para la subcuenca Charanal, según cada modelo en m3/s, estos se obtienen mediante el producto de los caudales generados sobre la cuenca recepción en mm/meses y el área de la subcuenca Charanal.

Adicional a ello, en la Figura 49 se observa un hidrograma, de color rojo se muestran los caudales observados para la cuenca San Pedro, de amarillo los caudales generados por la cuenca San Pedro a futuro y de color azul los caudales simulados a futuro en la cuenca Charanal, desde 1993 hasta el 2020. En la figura se puede apreciar como los valores de los caudales generados para la cuenca recepción están por debajo de los caudales generados en la subcuenca Charanal, y esto por la mayor cobertura que cuenta esta última. Por otro lado, vemos los cómo lo caudales generados, por el modelo GR2M, logran identificar periodos de grandes avenidas como el año 1998 y 2017, correspondientes a fenómenos extraordinarios.

Para una mejor representación de los resultados plasmados en el Apéndice D, se realizó las curvas de duración de caudales para el periodo 1981-2020. En la Figura 48, se muestran dichas curvas y se puede observar cómo en la zona de mínimos caudales,

correspondiente a la cola de curva, los caudales obtenidos por los modelos hidrológicos siguen un mismo patrón y presentan un buen ajuste, teniendo en cuenta que el modelo GR2m es el que presenta los mayores caudales de los modelos en esta zona. Por otro lado, los caudales entre 10 m^3/s a 30 m^3/s, presentan variaciones más notorias respecto al porcentaje de excedencia, por ejemplo, para el caudal de 10 m^3/s la probabilidad de que el caudal sea excedido según el GR2m es 14%, sin embargo, para el modelo ABC es del 27%. Finalmente, se observa como el modelo GR2m genera los mayores caudales, pero con una probabilidad muy baja de que sean excedidos en el tiempo.

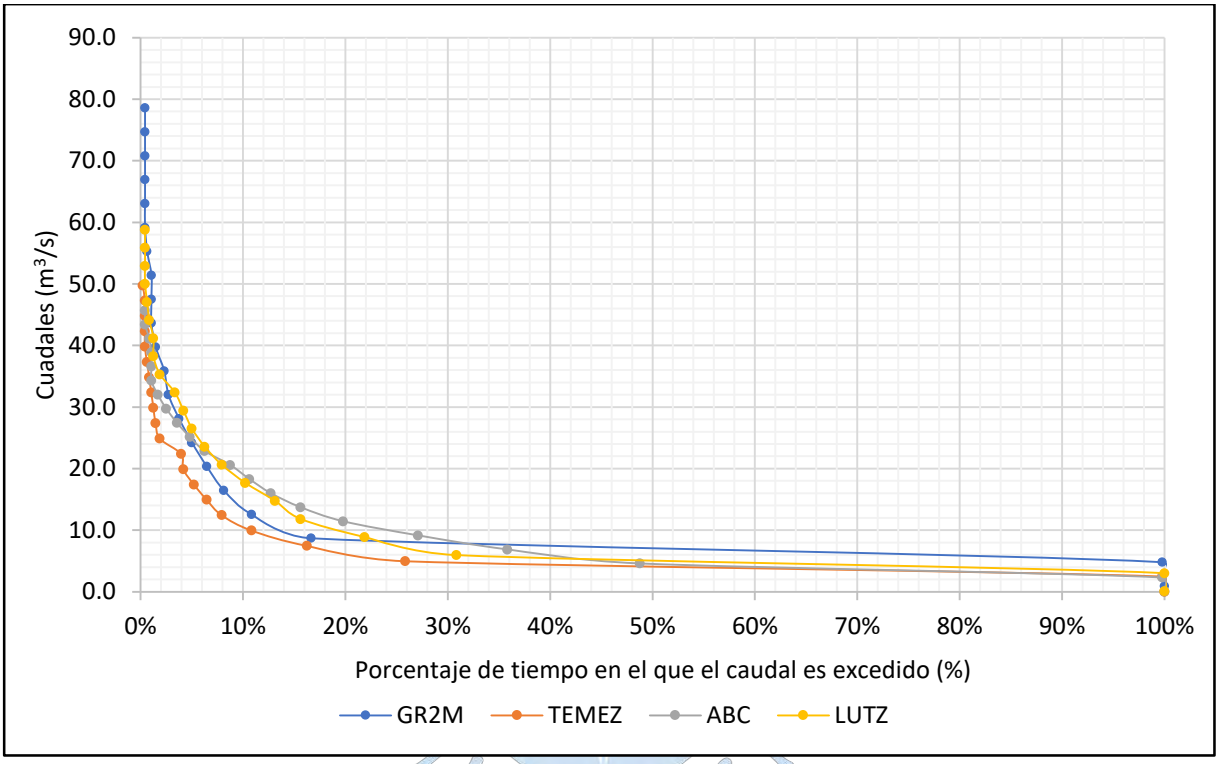


Figura 48. Curva de persistencia de los caudales generados por los modelos hidrológicos

Fuente: Elaboración propia

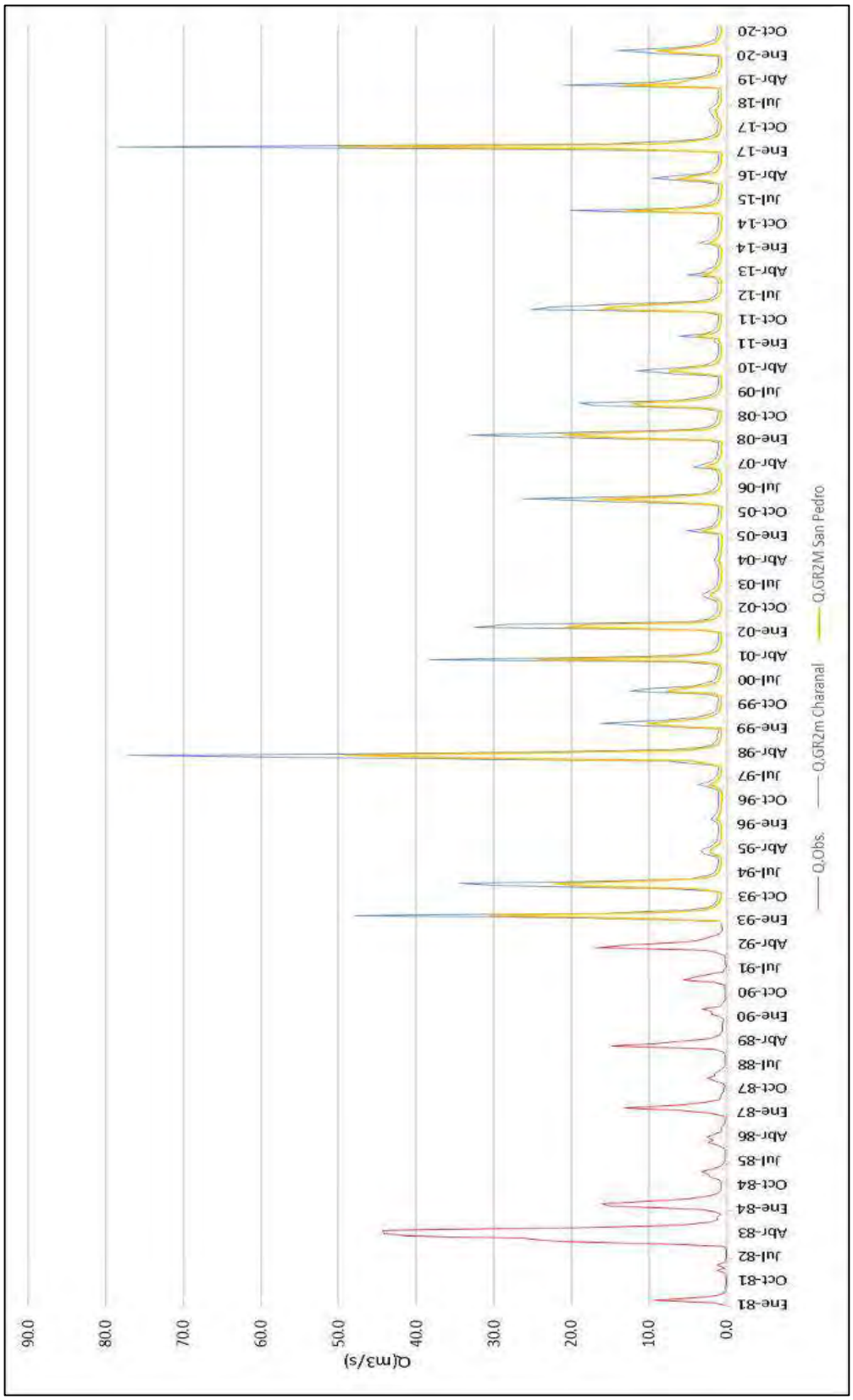


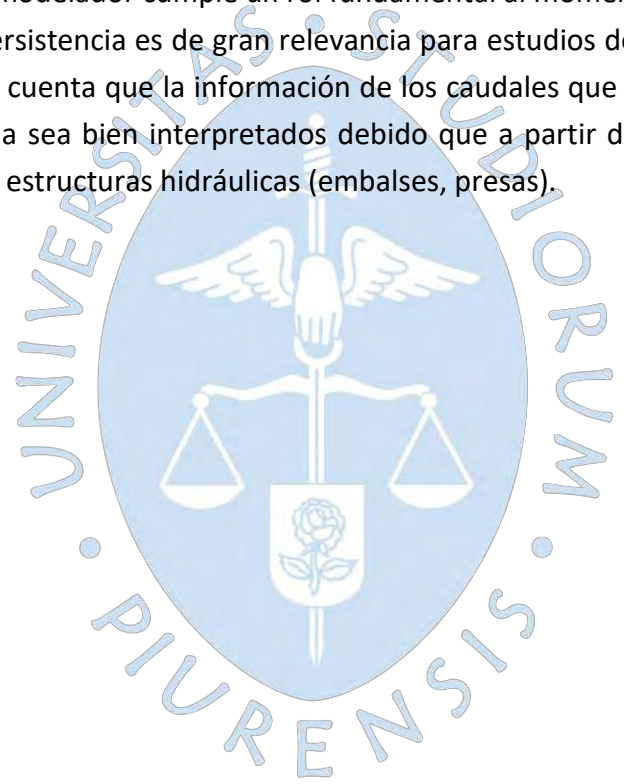
Figura 49. Comportamiento de los caudales mensuales del modelo GR2m para cuenta de recepción y subcuenca Charanal 1981 – 2020

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

- A partir del modelo digital de elevación Alos Palsar ingresado en el software libre qGIS se pudo obtener de los parámetros fisiográficos que facilitaron la caracterización de la cuenca de estudio.
- En el desarrollo del relleno de información, se observó que no siempre las estaciones más cercanas guardan una buena correlación entre sí. Esto se debe a que la altitud es un factor influyente y cumple un rol importante en el comportamiento climatológico.
- La determinación de la evapotranspiración potencial se realizó por el método de Thornwaite, debido a la poca información con la que disponía. En la literatura se encuentran otros métodos que pueden ser más precisos, pero que requieren de más parámetros para su cálculo.
- El modelo lluvia-escorrentía GR2m se presenta como una de las mejores opciones para la obtención de caudales mensuales en la subcuenca Charanal, puesto que sus valores óptimos de bondad de ajuste y la distribución de puntos no tan sesgada, permiten catalogar este modelo como un instrumento para la gestión del recurso hídrico de la zona.
- El análisis visual de los hidrogramas juega un rol muy importante, pues a partir de ellos se pueden identificar preliminarmente el comportamiento del modelo en base a los caudales observados.
- El modelo ABC y Lutz se presentan como segundas opciones, para la generación de series de caudales mensuales en la subcuenca Charanal, por los resultados obtenidos.
- El modelo Lutz Scholz, a pesar de ser un modelo que se desarrolló para cuencas de la sierra peruana (Cusco, Huancavelica, Junín y Cajamarca), presento un buen desempeño en la generación de caudales dentro de la subcuenca Charanal.
- El bajo desempeño del modelo Temez en la generación de caudales para periodos de grandes avenidas, se debe a que rango de valores de sus parámetros fueron obtenidos mediante cálculos empíricos en la sierra de España.
- Los cuatro modelos hidrológicos empleados presentan una característica en común, y es que sus caudales generados no logran ajustarse en los periodos de máximas avenidas.

- A partir de la herramienta SOLVER del MS Excel se logra alcanzar los parámetros optimizados del proceso de calibración, los cuales permiten generar a los modelos hidrológicos caudales mensuales similares a los observados.
- El producto grillado PISCO se presenta como una opción más rápida de obtención de información meteorológica, además que puede ser usada en zonas donde no se tengan registros de estaciones, ya que tiene buenas correlaciones con los datos registrados del SENAMHI. Sin embargo, para uso se debe tener muy en cuenta las limitaciones que presenta dicho producto tal como se muestra en el ítem 2.6 Producto PISCO.Se determinó a partir del comportamiento pluvial, que la cuenca de recepción San Pedro capta las mayores precipitaciones dentro de subcuenca Charanal.
- Las condiciones iniciales para los modelos, repercuten sobre los resultados, por lo que el criterio del modelador cumple un rol fundamental al momento de asumirlos.
- La curva de persistencia es de gran relevancia para estudios de hidráulica, por ello se debe tener en cuenta que la información de los caudales que se muestren con alta o baja ocurrencia sea bien interpretados debido que a partir de dicha información se puede diseñar estructuras hidráulicas (embalses, presas).



Recomendaciones

- Si se desea trabajar con datos de las estaciones meteorológicas a cargo de Senamhi se debe verificar que estas no presenten ausencia de información, si fuera el caso esta deberá ser estimada mediante diferentes metodologías para su correcta empleabilidad.
- Es necesario que en estudios hidrológicos las estaciones meteorológicas que aporten información cuenten con una variedad de variables climáticas, puesto que ello permitirá a que se realice una mejor caracterización de la zona y eficacia al estudio.
- Se recomienda el uso del software libre qGIS en todos los estudios que no se encuentren financiados pues este logra los mismos resultados de caracterizar de manera eficiente una cuenca hidrológica que con un software con restricción de licencia para su uso; ambos son aptos para el uso evaluación de futuras investigaciones con proyectos hidrológicos.
- La aplicación de los modelos hidrológicos se debe extender en zonas de todo el país con similares condiciones a la cuenca actual de estudio, esto con la intención de generar rangos y mapas paramétricos que puedan caracterizar dichas regiones y así facilitar su aplicación en investigaciones futuras.
- Para poder corroborar la información de caudales obtenidos, esta debe ser reanalizada con nuevos registros que en un futuro se dispongan o nuevas verificaciones con distintos modelos hidrológicos a los empleados.

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Referencias bibliográficas

Aguirre M.; Torres H.; Ruiz R. (2003). Manual de procedimientos para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas del Perú.

Aliaga Araujo, Vito (1985). Hidrología Estadística. McGrawill. Lima – Perú.

Alonso, J., & Silveira, L. (2019). Estimación de la disponibilidad hídrica en microcuencas forestadas con Eucalyptus. II Congreso de Agua, Ambiente y Energía, Montevideo, Uruguay, 2019.

ANA. (2001). *Diagnóstico de la cuenca del río Piura con enfoque de gestión de riesgos y énfasis en los recursos agua, suelo y cobertura vegetal*. Piura. pp 7.

ANA. (2014). *Tratamiento del causo el río Piura para el control de inundaciones*. Lima. pp 119.

ANA. (2015). *Manuales de modelamiento hidrológico ABC en Excel*, Lima, Perú.

Aybar, C.; Lavado-Casimiro, W.; Huerta, A.; Fernández, C.; Vega, F.; Sabino, E. & Felipe-Obando, O. (2017). *Uso del Producto Grillado "PISCO" de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico*. Nota Técnica 001 SENAMHI-DHI-2017, Lima-Perú.

Ayllón, T. (2003) Elementos de meteorología y climatología. México. Editorial: Trillas.

Bateman, A. (2007). Hidrología básica y aplicada. Universidad Politécnica de Cataluña · Barcelona Tech – UPC. España.

Breña Puyol, A. F., & Jacobo Villa, M. A. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial.* México.

Buguña, N. (2019). *Aplicación de Modelos Hidrológicos para la estimación de caudales Mensuales en la Subcuenca del Río Bigote*. Universidad de Piura.

Busnelli, J & Horta, L.R. (2014). Morfometría de cuencas montañas y metamorfosis fluvial, Tucumán. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Buenos Aires: Asociación Geológica Argentina, 71(1), 11-20. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v71n1/v71n1a02.pdf

Cabezas Calvo-Rubio, F. (2016). Análisis estructural de modelos hidrológicos y de sistemas de recursos hídricos en zonas semiáridas. Universidad de Murcia.

Cabrera, J. (2012a). Modelos hidrológicos. Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno El Niño, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Perú

Cabrera, J. (2012b). Calibración de modelos hidrológicos. Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno El Niño, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Perú.

Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., Del Río, J. L., de Armentia, A. L., & De Marco, S. G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Revista Universitaria de Geografía, 27(1).

Campos, D. (1998). Procesos del Ciclo Hidrológico. San Luis Potosi -México: Universitaria Potosina.

Cañari, G. (2019). Determinación de la precipitación media mediante el software Hydraccess - cuenca Yicanota-Pisac. Revista: Irrigando N°6.

Cemagref, (2008). GR: Modèles Hydrologiques du Génie Rural. Consultado en la web: http://fresno.cemagref.fr/webgr/index.htm

CENAPRED. (2019). *Informe de Evaluación de Riesgo por Lluvias intensas en el Sector 08, Distrito de Frías, Provincia de Ayabaca, Departamento de Piura.* Obtenido de https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/7301.

Chávez, A. (2006). Caracterización hidrológica de diez cuencas del norte y centro de la vertiente peruana del Pacífico. Tesis (Licenciado en Ingeniería Civil). Piura: Universidad de Piura.

Chávez, A. (2009). Aplicación del método de regionalización para la determinación de caudales en el puente Carrasquillo (Tesis de Máster en Ingeniería Civil con Mención en Recursos Hídricos). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.

Chereque, W. (1989). Hidrología: para estudiantes de ingeniería civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial.

Chow, V., Maidment, D. & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGraw Hill

Cordova, M. (2016). Parámetros geomorfológicos de cuenca cuencas hidrográficas. PRONTUBEAN. Obtenido de http://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26.

Cruz, E., & Romero, J. (2018). *Análisis comparativo de los modelos lluvia escorrentía: gr2m, Temez y Lutz-Scholz aplicados en la subcuenca del río* Callazas. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Lima. Perú.

Diario RPP Noticias. (18 de marzo de 2017). *Desborde del río Charanal inunda centenares de viviendas*. Obtenido de https://rpp.pe/peru/piura/desborde-de-rio-charanal-inundacentenares-de-viviendas-noticia-1037912.

DINAGUA. (2011). *Manual de Diseño y Construcción de Pequeñas Presas* (Vol. 1: Diseño Hidrológico/Hidráulico). Montevideo, Uruguay.

FAO, O. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la Determinación de los Requerimientos de Agua de los Cultivos.*

Farías, M. (2005). Apuntes de hidrología. Módulo 1: Variables hidrológicas.

Fernández, M., Vela, A., & Castaño, S. (1997). La utilización de modelos en hidrología. Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete, (12), 305-318.Garreaud, R., & Meruane C. (2005). *Instrumentos meteorológicos y humedad atmosférica*. Modulo I. Chile.

Gomariz Castillo, F. J. (2016). *Estimación de variables y parámetros hidrológicos y análisis de su influencia sobre la modelización hidrológica: Aplicación a los modelos Témez y SWAT (Proyecto de investigación)*. Universidad de Murcia. España.

Herrera Velásquez, J. (2015*). Generación y calibración de caudales medios mensuales mediante el modelo gr2m, en la cuenca del río Coata*. Universidad Nacional del Altiplano.

Huatuco, M. (2015). *Precipitación.* [Diapositivas de PowerPoint]. Universidad Peruana del Centro. Ingeniería Civil. Huancayo – Perú.

Huerta, A.; Aybar, C.; Lavado-Casimiro, W. (2018). PISCO temperatura v.1.1. SENAMHI - DHI-2018, Lima-Perú.

Ibáñez, S. A. R. A., Moreno, H., & Gisbert, J. M. I. B. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. Universidad politécnica de Valencia.

INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Obtenido de Sistema de Consulta de Base de Datos: http://censo2017.inei.gob.pe/

Instituto Nacional de Recursos Naturales. (2003). *Administración Técnica del Distrito de Riego Chincha-Pisco. Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río San Juan*.

Juarez, J. (2020). *Análisis hidrológico en la subcuenca Charanal usando como herramienta el software libre gvSIG*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.

Lizarazo, A. (2004*). Estudio del modelo de simulación de caudales medios mensuales aplicado a una cuenca hidrográfica Cucuta*. Universidad Francisco Jose de Caldas.

Londoño, H. (2001). Cuencas hidrográficas: bases conceptuales-caracterizacion planificacion-administración. Ibague.

López, L. (2020). Proyecto de Ley 46382019-CR. Ley que declara de interés nacional y necesidad publica la construcción de Puentes sobre las subcuencas del río Piura: subcuenca Charanal - Las Damas, subcuenca Yapatera, subcuenca La Gallega y subcuenca Corral Medio que une los centros poblados de los distritos de la provincia de Morropón con las demás provincias de la región Piura. https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Dictamenes/Proyectos_de_Ley/04638DC23MAY20201002.pdf

López, M. P. (2012). *Calibración del modelo para el transporte de contaminantes en los sedimentos en la cuenca de Jequetepeque*, Cajamarca, Perú (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

Lux Cardona, B. (2016). Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas.

Medina, J. (1991). Fenómenos geodinámicos: estudio y medidas de tratamiento. Soluciones Prácticas.

Mejía Marcacuzco, A. (2006). *Hidrología Aplicada.* Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Mouelhi, S., Michel, C., Perrin, C., & Andréassian, V. (2006). Stepwise development of a two-parameter monthly. *Journal of Hydrology 318, 318*(1-4), 200-214. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.014.

Municipalidad Distrital de Morropón (2015). *Plan de Manejo de los Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Morropón*. Obtenido de http://www.munimorropon.gob.pe/assets/pmrs-morropon-2015.pdf

Neyra, D. y Olivares, A. (2019). *Análisis hidrometeorológico de la cuenca del río Piura durante El Niño Costero 2017* (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.

Oñate, F., Bosque, J., Sastre, A., & Ponce, V. (2016). Calibración, validación y evaluación de un modelo hidrológico concentrado en un área montañosa al sur del Ecuador. Agrociencia, 50(8), 945-963.

Otivo, J. (2010). *Memoria de descriptiva mapa ocupación del territorio y uso actual del suelo*. Piura, Perú.

Palacios, C. (2010). *Caudales de diseño en el Río Piura y su variación histórica ante el Fenómeno el Niño*. Universidad de Piura.

Paredes, J., Solera, A., Andreu, J. & Lerma, N. (2014). *Herramienta EvalHid para evaluación de Recursos Hídricos*. Universidad Politecnica de Valencia.

Pizarro, R., González, P., Wittersshein, M., Saavedra, J., Soto, C. 1993. Elementos técnicos de hidrología III. Proyecto regional mayor sobre uso y conservación de recursos hídricos en áreas rurales de América latina y el caribe. Talca: Universidad de Talca. pp 135.

Pizarro, R., Ramírez, C. & Flores, J. (2003). Análisis comparativo de cinco métodos para la estimación de precipitaciones areales anuales en períodos extremos. Bosque (Valdivia), 24(3), 31-38. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002003000300003.

Pizarro, R., Soto, M., Farías, C. & Jordan, C. (2005). Aplicación de dos Modelos de Simulación Integral Hidrológica, para la estimación de caudales medios mensuales, en dos cuencas de Chile central. Bosque (Valdivia), 26(2), 123-129.

Rendón, E. (2016). *El análisis de vulnerabilidad como instrumento para la toma de decisiones: el caso de agricultura en la provincia de Morropón, Piura*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Rodríguez, F. E., & Rodríguez Villalba, A. J. (2020*). Comparación de los modelos hidrológicos lluvia–escorrentía GR2M y GR4J en la obtención de caudales medios en la cuenca del río Subachoque*. Colombia.

SANAA. (2004). Cuencas Hidrográficas. El Salvador. Obtenido de http://www.ersaps.hn/documentos/videoteca/Cuencas.pdf

Sánchez, S. (2010). *Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca" Tres Valles, S LP"*. (Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias). Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. México.

Scholz, L. (1980). Generación de Caudales Mensuales en la Sierra del Perú. Plan Meris II. Cuzco–Perú.

Sellers, C., Buján, S., Corbelle, E., & Miranda, D. (2017). Morfología interpretativa de alta resolución usando datos LiDAR en la cuenca hidrográfica del río Paute en Ecuador. In Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (págs. 171-185). Cuenca: Universidad del Azuay.

Te Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1996). Hidrología Aplicada. McGraw-Hill.

Tellez, A. (2016). Modelación hidrológica del sistema de explotación Gállego-Cinca de la confederación hidrográfica del Ebro mediante el modelo de precipitación escorrentía HBV. (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev. 38: 55-94.

Traverso, K. (2018). *Generación de Caudales Medios Mensuales a partir de las características hidrológicas de la cuenca del Río Huancané.* Universidad Nacional del Altiplano.

Tucci. (1993). Escoamento superficial. In Hidrología: ciencia y aplicación. Sao Paulo: Universidade de Sao Paulo.

UNESCO. (1982). Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur. Uruguay.

Vega, F. Respuesta de la vegetación a diferentes escalas temporales de sequía en los Andes Peruanos. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI. Dirección de Hidrología –DHI. Diciembre, 2019.

Velázquez, A. P. (2017). Método Kriging de inferencia espacial.

Vílchez Mata, M. S., Sosa Senticala, N. L., Jaimes Salcedo, F., Mamani Pachari, Y., & Cerpa Cornejo, L. M. (2017). Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la región Piura.

Villón, M. (2011). Libro "Hidrología". Edición Villon. Lima–Perú.

Watler R.W., Faustino M. J. 2013 c. Unidad II. Caracterización y Diagnostico de Cuencas Hidrográficas. Curso Internacional en Línea de Especialización en: "Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas". CATIE. Turrialba. Costa Rica.

Zegarra, D. (2001). La agroindustria de la caña de azúcar en Ayabaca: diagnóstico y propuesta de desarrollo sectorial. Tesis para optar el título de Licenciado en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Piura, Perú.

Zenteno, E. (2017). *Agua y más*. Autoridad Nacional del Agua. Edición agosto 2017. Perú.

Apéndice

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Apéndice A. Análisis de información Climatológica

Estimación de datos faltantes para la precipitación y temperatura

Este proceso se llevó a cabo en base a la teoría del ítem 2.3 Relleno de datos faltantes, en el cual se describe el método de regresión lineal usado para el relleno de información necesaria en el rango de años de 1981 hasta 2020.

Precipitación:

El completado de datos para esta variable ha sido efectuado mediante el método de regresión lineal con el apoyo de información extraída de Senamhi y Producto PISCO. En el Apéndice A.1. se muestra el completado de datos el cual presenta las siguientes características:

- Los datos de las celdas en color amarillo representan el llenado de información a partir de la Estación Chulucanas.
- Los datos de las celdas en color verde representan el llenado de información a partir de la estación Hacienda Bigote.
- Los datos de las celdas en color celeste representan el llenado de información a partir de la estación Morropón.
- Los datos de las celdas en color rosado representan el llenado de información a partir de la estación San Pedro.
- Los datos de las celdas en color lila representan el llenado de información a partir de la estación Sapillica.
- Los datos de las celdas en color rojo representan el llenado de información a partir de la estación Ayabaca.
- Los datos de las celdas en color plomo representan el llenado de información a partir de la estación Chalaco.
- Los datos con letra a color rojo representan el llenado de información a partir de la información del Producto PISCOp.
- Los datos sin color representan la información extraída de Senamhi.

Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)

AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	1	0.8	9.4	1.9	3.2	11.7	62.5	81.1	75.8
	2	16.4	34.8	11.3	41.0	320.8	267.5	247.1	188.7
	3	223.3	349.8	578.8	511.6	243.3	338.1	275	348.3
	4	20.0	23.8	24.3	24.7	33.3	149.5	136.8	101.3
	5	0.6	9.8	0.0	3.7	35.9	51.5	10.8	9.5
	6	0.0	7.3	0.0	0.0	11.0	21.9	2	4.8
	7	1.2	7.3	0.0	0.0	10.3	8.1	0	0.3
	8	0.7	7.3	0.9	0.0	0.0	12.0	9.7	13.9
	9	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
	10	2.9	9.6	3.7	3.4	0.0	34.8	28	47.4
	11	0.6	0.0	0.1	0.7	10.7	35.3	3	6.5
	12	1.5	1.1	1.6	2.3	18.1	114.5	61.2	40.8
1982	1	0.0	6.1	7.9	6.0	16.4	130.3	125	87
	2	0.8	16.2	3.1	30.3	58.9	153.3	144.9	136.3
	3	0.0	0.1	0.0	7.9	15.7	41.1	64	48.9
	4	5.8	64.2	13.9	18.0	75.1	137.8	113.5	154.5
	5	0.5	0.0	0.1	5.0	55.1	105.3	40.9	36.9
	6	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	5.0	0	1
	7	0.8	0.0	0.0	0.6	0.0	5.3	0	2.1
	8	0.0	0.1	0.0	1.6	0.0	0.0	0	0.1
	9	1.5	0.1	0.0	2.9	0.0	10.6	0	7.8
	10	0.0	0.4	0.2	3.8	76.1	139.4	55.6	55
	11	3.3	0.0	0.4	26.9	64.0	119.8	108.6	81.2
	12	105.9	210.9	110.2	176.6	244.4	413.3	354.6	576.4
1983	1	672.3	296.0	574.8	744.9	299.0	502.1	349.8	355.7
	2	463.0	286.1	299.3	530.0	92.0	165.3	163	297.5
	3	854.2	667.4	494.4	699.5	313.7	526.0	600.9	620.5
	4	1150.7	352.3	1030.7	772.0	199.7	340.5	404.7	286.2
	5	742.5	55.0	372.2	617.5	208.2	354.3	126	172.1
	6	242.0	96.2	97.6	149.3	34.3	71.5	31	33.3
	7	2.4	7.3	5.9	0.0	4.1	22.3	15	11
	8	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	1.2	0	0.3
	9	1.7	7.3	3.5	0.0	24.1	54.9	9.1	13.3
	10	2.2	12.7	3.2	8.1	51.6	99.5	62.3	53.5
	11	0.0	8.3	0.6	1.5	32.6	68.6	39.3	29
	12	6.9	19.4	8.9	18.0	147.7	256.0	106.1	97

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1984	1	26.1	3.5	26.9	29.7	73.9	139.3	194.2	105.6
	2	105.0	0.0	206.4	205.9	98.4	516.6	410.4	457.3
	3	89.9	6.3	108.7	117.9	108.3	396.8	298.4	232
	4	4.0	0.0	6.9	16.5	75.7	296.4	138.9	121.9
	5	0.8	0.0	2.5	4.1	31.8	102.9	70.4	51.3
	6	0.1	0.0	7.9	0.0	21.3	53.9	21.2	16.7
	7	0.0	0.0	7.8	6.4	3.0	36.6	23.2	13.4
	8	1.5	0.0	0.2	0.0	15.4	8.1	5.3	1.7
	9	0.9	0.0	1.3	3.0	0.0	29.6	27	26.9
	10	3.1	0.0	2.5	11.0	2.1	114.4	65.2	66.6
	11	0.0	0.0	0.6	0.5	5.4	50.5	13.1	30
	12	0.3	0.0	0.0	7.8	53.1	62.0	62.9	45.1
1985	1	7.2	41.1	0.0	24.4	89.1	104.7	120.6	140.1
	2	42.9	9.2	28.4	111.3	135.6	63.3	98.4	97.6
	3	59.7	11.4	88.4	139.1	108.1	117.2	167.4	173.4
	4	0.0	12.5	0.1	5.3	61.3	51.2	74	39.3
	5	3.9	0.0	8.7	12.4	23.6	95.3	57.5	44.4
	6	0.0	0.0	0.0	0.8	11.8	2.1	0	0
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0	0.3
	8	0.2	1.1	1.9	5.8	0.0	16.4	4.4	7.1
	9	0.0	0.0	0.0	4.4	6.0	3.8	0	0.8
	10	0.4	10.2	0.0	2.6	0.0	29.2	13	12.1
	11	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	11.3	7.1	1.7
	12	2.4	12.3	2.5	11.2	42.6	104.6	70.5	80.7
1986	1	16.4	31.4	20.4	46.5	109.5	217.3	139.3	122.3
	2	8.7	45.5	17.8	47.0	112.7	180.7	200.9	179.5
	3	5.2	14.5	12.5	21.5	46.2	57.0	119.2	92.6
	4	17.8	30.4	34.0	100.5	159.4	279.4	202.6	242.4
	5	1.3	0.0	0.0	11.0	20.7	62.8	16.2	13
	6	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0	0
	7	0.1	0.0	0.0	2.0	3.7	0.0	2	0
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9	19.7	9.2	14.3
	9	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	10.4	11.3	7
	10	3.5	0.0	4.4	1.5	6.9	28.9	14.8	9.6
	11	4.6	0.2	0.0	8.1	19.0	52.2	48.9	42.3
	12	1.4	3.5	8.7	24.0	38.3	171.5	78.4	88.9

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1987	1	50.9	67.8	70.5	73.7	123.0	253.3	104.2	152.5
	2	130.5	96.0	86.9	175.6	108.0	181.4	103.2	77.1
	3	239.4	356.2	396.7	182.6	159.0	234.2	204.9	319.3
	4	101.8	139.7	121.8	68.0	122.8	242.7	111.2	155.6
	5	0.0	0.0	1.0	2.9	36.7	53.2	7.2	14.6
	6	0.0	0.0	0.0	0.7	10.1	0.0	0	0.5
	7	0.0	0.0	0.8	10.9	2.3	29.9	7.8	30.3
	8	3.2	0.0	0.7	2.0	0.0	8.2	3	1.9
	9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	9.1	3.2	0.8
	10	0.8	0.1	3.4	2.6	1.3	32.0	21.4	35.9
	11	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	49.0	0	12.9
	12	0.0	0.0	0.0	0.2	16.7	18.4	21.2	14.6
1988	1	9.6	45.2	20.4	31.9	77.2	278.6	168.4	170.8
	2	7.3	89.3	14.6	17.3	153.9	285.2	184.3	186.4
	3	0.0	3.0	0.3	1.5	18.3	39.5	5	25.3
	4	16.1	19.5	13.4	29.9	78.5	198.0	177	85.1
	5	3.4	9.5	0.0	23.9	30.7	139.4	34.6	41.1
	6	0.0	0.0	0.0	2.3	6.6	5.6	2	1.6
	7	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	1.8	0	3.3
	8	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	3.7	1	0
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	2	6.4
	10	0.0	1.0	0.0	2.3	7.7	28.4	4	7.7
	11	0.0	3.6	2.8	3.1	0.0	81.8	35.3	66
	12	0.0	0.0	0.6	4.5	9.3	40.7	30	62.4
1989	1	40.1	6.4	108.2	52.2	282.4	399.6	289.2	195.9
	2	225.6	167.9	155.0	320.7	170.2	285.8	377.1	269.5
	3	148.5	110.8	114.2	248.6	249.4	357.1	236.2	562.6
	4	65.9	72.7	66.6	87.6	117.3	320.7	58	118.2
	5	0.0	0.0	7.8	5.0	64.6	36.3	5.9	18.3
	6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	17.8	9.5	10.4
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0	0.3
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	0	0.6
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.5	3	11.7
	10	2.1	0.5	1.7	3.3	0.0	152.7	23.9	45
	11	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	1.5	0	1.1
	12	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	3.7	21.2	18.4

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1990	1	1.3	9.8	0.0	3.2	69.5	45.2	42	36.2
	2	3.8	2.5	8.5	29.2	83.5	139.0	125.4	145.2
	3	33.4	25.8	17.5	53.7	213.4	194.1	138.4	107.1
	4	0.0	17.4	0.0	68.1	94.3	324.4	139.3	158.4
	5	2.8	0.0	5.6	20.1	22.3	153.5	32.2	20.8
	6	0.0	0.5	0.2	0.0	0.0	28.6	6.6	8.1
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5	0	4.3
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	3.5
	9	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	2.2	1.9	0.2
	10	0.0	4.1	0.0	1.3	14.8	19.1	9.2	87.5
	11	0.0	0.0	0.0	5.0	11.0	78.4	31.7	90.2
	12	0.0	0.0	0.0	6.8	7.0	84.2	37.7	50.6
1991	1	0.0	0.5	0.0	6.2	4.8	42.9	20.2	25.7
	2	13.7	38.5	17.0	65.7	225.0	225.6	148.7	125.8
	3	41.3	67.7	45.6	79.3	204.3	407.4	264.3	277.1
	4	4.9	1.9	7.8	12.5	149.3	111.4	97.9	66.9
	5	0.0	0.1	0.0	1.4	57.0	39.1	18	30.2
	6	0.0	0.1	0.0	0.9	1.3	13.6	11	13.3
	7	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	1.4	0	0
	8	0.0	0.1	0.0	4.1	0.0	1.1	0	0
	9	0.0	8.1	0.0	1.2	0.7	3.0	0.5	0
	10	0.0	0.1	1.0	10.1	10.7	33.4	8	20.2
	11	0.0	0.1	0.0	1.6	12.0	26.0	7.9	10.6
	12	5.8	2.4	8.8	23.4	101.7	72.9	53.6	96
1992	1	37.2	16.0	41.4	54.8	209.1	51.7	87.7	113.6
	2	81.0	76.3	86.9	156.6	199.4	162.1	113.6	147.8
	3	396.6	373.2	414.8	571.1	352.6	210.6	205.8	250.2
	4	252.4	241.3	264.9	182.0	242.7	312.8	213.7	311.4
	5	34.9	90.3	39.0	39.5	140.1	117.6	37.5	160.5
	6	0.0	0.2	0.3	14.0	13.7	16.9	4	16.2
	7	0.0	7.6	0.0	0.5	2.5	0.4	0	0.7
	8	0.0	0.6	0.0	1.5	0.0	49.5	7.2	5.7
	9	0.0	0.1	0.0	5.1	7.6	81.7	7.9	4.5
	10	0.0	0.1	0.0	5.2	6.4	37.0	2.2	0.0
	11	0.0	1.1	0.0	6.3	25.2	24.3	21.2	41.9
	12	1.2	2.5	9.0	7.8	53.8	62.9	48.5	66.1

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1993	1	4.1	0.1	7.0	5.1	121.4	82.9	86	83.3
	2	147.6	228.2	156.1	264.2	498.4	539.0	280	316.5
	3	279.5	416.7	293.1	478.3	607.3	403.3	338.1	449.6
	4	50.3	92.5	55.0	110.0	196.6	363.2	145.9	234.8
	5	2.0	1.1	4.8	6.2	68.3	82.6	16.8	56.6
	6	0.0	0.0	7.8	5.0	4.3	2.9	0	0.0
	7	0.0	0.0	7.8	5.0	25.4	76.8	0.5	0.0
	8	0.0	0.0	7.8	5.0	5.2	55.5	0	0.0
	9	0.0	0.1	7.8	5.1	42.1	94.4	4.8	2.7
	10	1.8	3.1	9.5	8.5	20.9	72.1	15.2	14.1
	11	2.8	0.0	5.7	5.0	0.9	51.0	24.1	23.8
	12	4.2	44.2	7.1	55.2	113.4	169.6	121.3	129.9
1994	1	10.9	40.0	14.1	50.4	256.7	320.8	243	262.7
	2	74.6	208.1	80.2	241.3	496.1	573.3	240.7	260.2
	3	112.5	291.1	119.6	335.6	422.9	496.1	263.3	284.9
	4	25.6	146.2	29.3	171.0	166.3	225.4	164.6	177.2
	5	0.0	0.0	0.9	4.2	45.8	68.6	27.6	36
	6	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	14.0	1.5	7.8
	7	0.0	0.0	0.0	0.8	1.9	0.7	0	0
	8	0.0	0.0	0.0	0.3	3.2	1.1	2.1	2.1
	9	0.0	0.0	0.0	0.2	3.3	30.2	7.1	17.2
	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0	6
	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	55.3	6.9	9.9
	12	11.8	16.3	15.0	20.3	59.2	45.0	95.7	110.3
1995	1	84.5	60.8	90.5	68.1	76.8	45.6	103.2	131.4
	2	61.2	108.9	66.3	108.3	125.6	205.3	181.7	248.8
	3	8.1	42.9	11.2	14.4	108.1	197.3	231.1	211.8
	4	37.3	24.1	41.5	43.2	59.2	203.5	152.7	90.3
	5	0.0	0.1	0.0	0.0	26.5	52.7	47	25.6
	6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.6	0	0.9
	7	0.0	0.1	0.0	0.0	2.4	7.5	2	10.1
	8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.1	0	2.7
	9	0.0	0.1	0.0	0.8	0.0	2.0	4.5	4.9
	10	0.0	0.1	0.0	0.0	0.9	19.1	3.5	7.8
	11	0.0	0.1	1.1	0.3	10.7	83.6	23.8	15.7
	12	5.3	9.9	8.2	15.2	52.2	138.5	75	105.2

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1996	1	0.0	0.1	1.6	3.7	32.8	172.2	125.3	63.2
	2	0.0	20.3	0.4	11.7	50.7	198.9	127.7	100.5
	3	121.8	55.5	129.3	70.5	103.0	245.9	203.5	171.8
	4	0.0	1.1	0.0	2.3	28.0	82.8	53.1	81.9
	5	0.0	0.5	0.1	0.4	3.1	20.6	21.7	15.4
	6	0.0	0.0	0.0	2.2	0.8	19.6	6.5	3.5
	7	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0	1.9
	8	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.3	0.5	1.5
	9	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	4.1	0	0.3
	10	0.0	0.0	0.8	3.2	0.2	44.6	25.3	21.4
	11	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	1.7	3.2	2.5
	12	0.0	0.0	1.8	1.9	0.2	26.0	0	29.8
1997	1	0.0	107.0	2.7	2.2	23.3	60.4	63.4	58.4
	2	61.3	25.0	66.4	62.4	78.3	166.0	162.3	99.2
	3	64.6	77.9	89.0	83.9	106.6	206.8	262.8	172.7
	4	66.7	111.6	33.3	108.9	169.4	195.9	118.3	135.4
	5	0.0	0.0	0.1	2.1	77.7	6.0	24.6	7
	6	1.6	0.0	1.7	3.6	23.7	4.3	21.4	9
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.6	5.4
	8	0.0	0.0	1.1	2.0	3.0	0.0	0	0.9
	9	1.8	3.0	2.1	0.0	29.7	127.9	26.1	37.9
	10	1.0	2.0	3.8	8.3	10.3	56.8	62.3	18.8
	11	6.6	2.5	3.5	11.1	43.9	130.0	71.5	88.6
	12	209.0	78.5	219.9	276.0	241.6	268.9	223.5	378.4
1998	1	402.6	438.7	367.1	817.2	181.3	186.7	191.7	169.7
	2	564.0	614.1	511.1	763.3	446.0	412.8	370.9	400.9
	3	677.4	737.3	612.3	1109.6	542.0	454.4	303.4	422.6
	4	211.8	231.3	196.8	254.2	507.6	402.2	366.7	426.2
	5	30.9	77.0	34.8	36.2	70.6	233.0	122.7	86.1
	6	0.0	0.0	0.0	2.9	6.1	18.8	12.9	4.7
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.5	0	1.2
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	8.1	4.9
	9	1.7	2.0	0.0	0.0	3.1	59.7	28.9	12
	10	0.0	0.0	2.4	3.5	8.7	82.6	29	41.5
	11	0.9	0.0	0.0	5.0	0.9	95.7	8	30
	12	0.0	7.0	0.0	4.5	11.5	30.3	57.6	72.8

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)

AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1999	1	15.0	25.5	10.0	13.6	38.1	146.3	104.7	144.7
	2	281.1	388.5	340.3	251.0	208.0	685.1	396.2	552.5
	3	44.0	255.4	133.4	140.8	214.6	579.3	320	274.1
	4	63.8	116.2	97.5	67.7	155.5	174.6	215.4	160.2
	5	11.0	42.0	18.2	22.2	32.6	207.2	128.4	108.8
	6	0.9	0.5	1.0	4.9	3.3	103.7	61.8	21.4
	7	0.0	0.0	0.0	3.2	0.8	2.0	2.6	5
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0	1.6
	9	0.2	2.5	2.6	1.5	0.0	41.4	17.5	16.6
	10	5.2	0.0	1.0	2.0	1.5	22.9	20.2	20.5
	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	9.7	8.0
	12	10.0	14.5	8.5	15.4	23.0	130.1	122.8	131.5
2000	1	10.4	46.7	26.0	24.2	36.7	104.4	114.5	112.6
	2	80.0	331.2	219.5	88.4	89.1	327.9	279.4	318.7
	3	99.0	267.7	247.1	237.5	191.3	407.5	456.5	517.5
	4	54.5	95.8	46.2	82.7	150.0	368.9	241.3	243.1
	5	12.6	11.6	9.1	23.2	37.8	157.4	118.4	118.3
	6	10.1	6.1	5.3	10.4	0.1	37.1	43.4	27.5
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	3	0
	8	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	4
	9	0.4	14.0	0.0	1.5	1.5	76.6	58.5	44.8
	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0	0.3
	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	3.1	1.3
	12	20.7	52.0	41.2	23.1	7.8	104.8	131.4	81.3
2001	1	42.8	128.5	77.6	80.6	64.9	287.7	215	224.7
	2	134.1	113.0	115.6	170.7	147.0	247.3	276.9	338.2
	3	438.6	374.0	433.1	466.5	621.0	478.3	321.7	348.7
	4	48.6	152.9	83.1	60.0	145.6	132.5	138.2	125.1
	5	0.4	1.4	1.4	6.9	7.6	86.9	22.2	27.6
	6	0.1	0.0	0.4	2.2	0.0	9.6	4.5	5.2
	7	0.6	0.0	0.0	5.1	0.7	10.5	6.4	1.7
	8	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.5	0	5
	9	0.1	0.8	0.0	1.8	0.1	6.9	5.9	13.9
	10	0.3	13.0	0.0	1.7	1.5	16.8	20.3	10
	11	1.7	6.7	4.1	7.7	21.7	91.6	75.9	64.5
	12	9.2	2.5	1.7	3.8	29.5	83.9	65.5	54.1

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2002	1	0.0	0.0	0.4	1.8	12.4	68.0	58.5	23.2
	2	79.3	137.6	145.2	228.8	169.4	287.2	296.3	333
	3	341.7	289.9	391.6	484.5	484.6	432.3	397.8	368.3
	4	211.3	231.9	222.7	434.5	273.7	306.6	225.6	271
	5	0.6	2.0	3.1	2.0	10.2	133.7	34.5	31
	6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.6	8.7
	7	0.0	0.0	0.5	1.0	0.2	17.0	12.7	4.7
	8	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.2	0	0.8
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0	0
	10	5.9	7.3	8.8	11.6	21.9	71.1	52.5	77.2
	11	0.1	3.8	0.0	1.3	24.6	107.2	60.6	28.5
	12	0.3	6.7	1.0	9.4	53.4	178.8	122.7	97.9
2003	1	29.3	31.5	33.9	128.8	75.8	67.4	102.1	136
	2	63.5	152.9	79.5	118.8	78.1	150.3	191.4	196.6
	3	17.8	12.8	18.3	25.4	113.6	344.2	141.5	127.5
	4	4.5	0.5	4.3	12.3	77.2	194.2	113.8	77.9
	5	0.2	0.0	0.0	0.0	2.9	90.8	29.2	24.1
	6	1.0	0.4	1.0	2.3	2.4	41.7	17.2	31.6
	7	0.0	0.0	0.0	1.2	1.5	9.6	0.6	1.2
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0	0.5
	9	0.8	0.0	0.0	1.0	0.0	2.3	3.5	2.6
	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.3	7.4	3.3
	11	0.0	7.3	0.4	1.0	1.0	29.6	29.3	20.8
	12	3.4	7.4	4.5	15.7	13.3	73.8	72.9	57.6
2004	1	56.5	48.8	67.5	58.3	30.0	131.4	143.3	85.5
	2	22.2	28.6	21.1	27.3	88.3	124.9	169.5	73.1
	3	1.6	2.2	10.2	13.1	59.6	116.9	146.1	112.2
	4	41.6	88.2	81.5	60.9	65.9	141.5	201.1	121.2
	5	1.7	5.9	3.2	5.0	29.1	72.5	38.7	19.4
	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	3.5	4.9
	7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	8.7	3.3
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
	9	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	47.7	18.4	7.5
	10	6.4	18.6	8.2	9.3	1.2	32.0	37	59.2
	11	0.0	0.6	0.0	4.2	2.1	57.4	13.3	14.9
	12	11.1	11.5	16.3	21.8	1.3	89.2	98.2	80.5

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2005	1	1.5	0.4	2.0	7.3	7.6	96.4	92.4	39.2
	2	1.7	47.1	14.3	11.9	34.1	185.9	202.1	232.5
	3	94.9	188.4	125.9	186.0	132.9	501.4	330	450.1
	4	0.9	2.3	0.0	1.6	17.0	109.2	62.3	68.4
	5	0.0	0.0	0.0	1.3	2.4	53.6	28.9	12.1
	6	0.0	0.0	0.0	3.6	0.5	19.7	7.9	1.4
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0	0
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
	9	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	4.3	1.5	6.6
	10	1.1	0.3	0.7	4.1	0.2	43.2	24.3	24.6
	11	0.1	1.0	0.0	0.0	0.0	24.6	15.3	12.7
	12	3.9	4.4	0.8	8.5	5.6	161.0	98.2	98.2
2006	1	25.7	22.1	15.9	65.2	209.9	190.9	143.6	69.5
	2	151.0	366.8	290.7	308.4	215.6	379.2	325.5	392.6
	3	135.2	227.7	177.6	208.6	354.6	453.8	406.8	571.1
	4	28.8	50.3	107.6	84.2	135.6	196.8	105.4	126.4
	5	0.0	0.7	0.0	0.0	4.2	15.1	18.7	13.7
	6	0.8	0.0	0.3	0.7	0.1	69.0	20.5	20.4
	7	0.2	0.0	0.2	1.1	0.5	9.0	1.2	6.5
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.5	2	10.1
	10	0.0	0.0	0.2	0.0	0.6	13.1	3.4	6.4
	11	9.7	6.9	2.0	10.5	3.8	98.1	135.4	76
	12	2.9	7.1	5.6	4.1	8.3	218.4	128.1	75
2007	1	27.3	36.6	39.2	65.2	62.2	152.9	146.4	102.2
	2	3.2	0.9	9.0	17.4	37.8	76.2	116.4	105.9
	3	40.3	125.0	123.2	127.9	205.4	430.1	279.6	237.9
	4	0.9	3.4	4.4	3.0	21.3	214.6	166.6	121.7
	5	0.6	0.9	0.0	0.0	0.0	87.6	26.5	33.8
	6	0.5	0.0	0.3	0.8	0.0	3.4	1.1	8.9
	7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	9.9	4.3
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0	0.4
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0	5
	10	6.8	5.2	5.4	6.2	3.5	20.5	38.7	55.1
	11	1.8	9.4	7.3	1.2	2.7	84.6	74.8	75.6
	12	0.7	0.0	0.0	2.8	0.0	56.8	37	16.2

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2008	1	36.3	91.9	55.8	96.0	139.9	201.8	259.7	314.2
	2	546.5	472.6	581.4	523.3	148.1	473.3	449.1	607.2
	3	287.5	521.4	444.0	487.6	215.4	333.4	373.5	524.7
	4	31.2	214.9	81.0	126.5	303.7	417.0	224.7	408.7
	5	1.6	6.5	2.0	2.7	7.0	85.8	52.9	38.3
	6	1.7	1.0	0.2	2.6	6.6	16.2	17.9	12.5
	7	1.4	0.0	0.5	5.7	1.6	0.6	0.5	3.1
	8	0.3	0.0	0.0	1.5	0.0	17.7	8.7	12.6
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7	3.2	3.1
	10	0.0	2.7	2.9	3.2	3.0	129.0	58	59.7
	11	6.8	10.1	13.4	11.5	5.2	75.7	69.6	60.4
	12	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	22.1	49.9	30.4
2009	1	165.8	186.7	213.0	278.9	143.3	495.1	395.6	339.9
	2	58.0	127.9	72.2	234.4	329.9	303.2	403.7	307.4
	3	112.1	243.7	149.1	232.5	158.7	385.2	361.4	409.1
	4	14.1	29.1	6.7	12.7	76.6	206.4	87.9	128.5
	5	5.9	11.0	0.9	12.0	18.3	167.0	123.0	99.4
	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	13.4	7.1
	7	0.2	0.2	0.7	0.0	0.0	6.8	5.3	1.4
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	3.6	6.2
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	1.6	1.7
	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	3.0	5.1
	11	4.1	5.1	7.1	5.4	4.0	62.2	46.0	18.4
	12	1.4	11.9	5.0	12.2	14.5	85.4	63.0	101.5
2010	1	20.4	43.1	23.9	33.2	64.4	130.6	96.3	110.3
	2	216.2	238.3	197.9	162.9	288.5	343.5	252.7	333.4
	3	138.6	144.9	105.8	154.7	271.5	255.4	188.0	237.3
	4	26.4	65.7	30.2	53.6	164.7	163.0	120.1	187.5
	5	2.3	0.6	1.1	0.0	15.0	81.0	59.8	39.3
	6	0.0	0.3	0.0	5.3	0.0	30.7	22.8	9
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	8.4	3.7
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	11.3	1.1
	9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	6.3	4.9	4.2
	10	9.8	5.5	7.8	6.8	4.6	23.9	17.8	16.8
	11	2.3	3.6	1.6	2.3	7.5	37.1	27.5	21.1
	12	1.3	8.9	3.1	8.0	6.7	116.2	85.7	72.3

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2011	1	49.2	8.9	5.2	12.0	15.0	127.0	93.6	117.6
	2	16.6	99.8	84.5	43.7	82.9	292.5	215.3	227.9
	3	1.2	0.0	0.0	12.3	26.7	120.8	89.1	65.1
	4	85.3	129.2	129.3	213.5	233.7	423.6	311.6	310.2
	5	2.0	0.0	1.2	3.3	6.4	33.1	24.6	55.8
	6	3.8	0.0	4.7	0.0	14.2	11.3	8.6	6.8
	7	0.7	0.0	0.0	0.0	3.2	22.1	16.5	18.9
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.8	0.7
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	9.7	16.8
	10	2.5	0.2	0.7	1.2	7.3	65.2	48.2	47.2
	11	1.9	14.5	8.3	4.8	6.6	70.0	51.7	59.4
	12	6.2	10.9	9.4	9.2	46.8	103.8	76.6	108.6
2012	1	34.7	81.5	38.7	34.5	124.3	465.5	342.4	276.8
	2	447.6	613.5	639.9	236.4	481.3	508.7	374.2	624.8
	3	320.3	343.3	374.0	348.5	151.6	388.8	286.0	254.7
	4	87.3	99.3	128.8	155.5	196.8	193.0	142.1	273.7
	5	0.0	0.0	1.3	0.0	23.5	62.2	46.0	22
	6	0.0	0.1	0.0	0.0	34.4	8.7	6.7	3.9
	7	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.3	0.2
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	3
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.9	1.2
	10	0.2	4.2	3.3	0.0	2.6	51.7	38.3	82.7
	11	7.3	8.4	5.7	12.7	4.2	129.8	95.7	98.7
	12	1.1	5.5	2.4	0.0	7.9	38.4	28.5	23.2
2013	1	7.4	34.8	22.6	58.3	84.1	108.9	80.3	66.7
	2	13.2	12.2	14.3	41.7	66.1	225.8	166.2	74.7
	3	127.8	110.7	140.9	258.0	159.6	259.7	191.1	183.4
	4	4.2	3.0	3.6	2.2	23.5	110.6	81.6	42
	5	18.6	18.0	17.1	33.4	93.1	213.9	157.5	117
	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	5.9	0
	7	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	38.6	28.6	4.3
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.4	12.3	8.4
	9	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.5	5.2
	10	8.0	17.1	12.5	12.1	14.7	77.3	57.1	75.8
	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	5.5	0.5
	12	1.2	1.8	4.0	5.0	6.1	63.6	47.0	38.4

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2014	1	4.0	29.0	10.1	23.3	64.9	62.6	63.0	56.2
	2	6.0	16.6	21.0	36.8	83.4	227.0	201.8	71.6
	3	32.0	137.7	77.2	94.3	139.4	344.2	375.3	240.3
	4	6.8	7.7	9.3	17.9	23.0	63.2	41.8	20.2
	5	4.6	16.7	6.5	15.6	72.6	137.1	114.3	75.4
	6	0.9	4.9	3.4	3.9	5.8	11.2	9.9	4.3
	7	0.6	0.3	0.3	1.0	0.6	0.7	1.5	0.5
	8	0.0	0.3	0.2	0.4	0.3	0.0	0.9	3.2
	9	0.1	0.3	0.3	1.4	1.9	9.8	4.0	0.8
	10	3.0	11.3	9.0	15.3	11.2	65.3	27.6	51.3
	11	2.1	8.0	3.4	5.5	4.7	22.2	18.7	59.8
	12	3.7	4.9	4.3	12.2	18.1	41.2	67.3	56.1
2015	1	10.2	41.6	21.3	38.8	79.4	117.7	108.9	127.8
	2	16.3	48.1	39.1	56.4	81.4	83.7	95.8	82.5
	3	349.1	437.2	405.9	463.7	387.9	456.0	418.8	360.6
	4	11.3	11.6	28.6	37.8	78.0	173.2	142.5	72.4
	5	4.0	8.7	6.1	11.2	29.3	65.3	61.4	50.7
	6	0.5	2.4	1.5	1.8	3.0	2.2	4.1	3.2
	7	0.1	0.5	0.2	0.5	0.5	0.6	1.3	1.5
	8	0.0	0.3	0.2	0.5	0.4	0.3	0.8	1.0
	9	0.0	0.4	0.1	0.5	0.0	0.1	0.9	9.3
	10	0.3	1.9	1.0	2.6	9.4	51.8	14.5	16.7
	11	2.1	6.1	2.2	5.2	8.4	40.4	30.5	43.6
	12	0.8	4.9	2.3	5.0	9.1	16.1	16.0	15.1
2016	1	66.2	180.0	106.7	173.5	92.3	90.2	119.3	156.3
	2	164.0	188.5	203.5	252.4	138.4	151.2	244.8	110.2
	3	107.5	150.2	124.7	183.8	267.1	279.4	290.9	219.9
	4	47.0	90.4	96.1	136.3	104.9	209.9	192.5	107.6
	5	0.5	2.2	0.7	1.5	14.0	64.6	39.5	28.5
	6	2.2	13.2	9.6	10.0	11.1	20.0	26.4	4.4
	7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.6
	8	0.0	0.4	0.2	0.5	2.5	1.4	1.2	1.0
	9	0.3	4.5	1.6	2.5	4.4	23.4	45.3	26.9
	10	0.0	0.5	0.2	0.7	3.1	4.9	1.9	12.1
	11	0.0	0.5	0.0	0.4	2.7	22.1	8.0	21.1
	12	4.8	7.6	1.1	12.1	21.4	113.3	50.0	88.3

Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2017	1	183.7	116.3	189.3	146.5	91.8	161.4	260.9	218.6
	2	510.5	544.0	571.5	688.8	167.6	281.0	361.6	406.4
	3	943.6	868.4	809.2	1208.3	351.3	570.9	676.9	735.0
	4	47.2	251.6	143.7	138.6	159.2	267.7	171.6	193.7
	5	8.3	31.8	43.6	20.5	132.7	225.9	156.1	147.2
	6	0.6	4.8	2.8	0.6	0.0	0.2	22.0	21.6
	7	1.4	4.8	0.6	1.4	0.0	0.0	0.9	1.8
	8	1.8	0.9	0.5	1.0	0.1	16.7	3.3	18.6
	9	0.4	0.0	0.9	0.5	0.0	1.4	3.3	13.7
	10	7.8	7.3	10.2	8.7	44.9	87.4	34.2	38.0
	11	1.3	0.0	0.2	1.9	0.0	14.4	18.1	6.5
	12	3.7	1.2	4.7	3.3	41.6	82.3	67.0	38.9
2018	1	7.8	13.5	5.7	1.2	86.5	153.0	169.4	135.9
	2	12.8	55.1	11.8	15.7	71.2	128.9	197.2	124.4
	3	1.8	21.8	4.1	19.1	87.2	154.1	235.8	63.2
	4	55.3	73.8	54.5	18.4	104.1	180.8	111.0	213.5
	5	3.3	26.5	3.6	3.2	115.6	199.0	107.1	88.5
	6	0.0	0.0	0.0	22.3	0.0	2.6	4.3	4.8
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	0.0
	8	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.8	0.2	0.0
	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	1.4	0.5
	10	0.0	1.4	0.1	0.0	15.8	41.5	9.9	12.4
	11	20.9	5.4	6.2	0.0	68.9	125.3	58.8	67.8
	12	1.3	3.6	4.8	0.0	5.0	24.5	51.6	14.3
2019	1	5.8	38.9	32.3	15.7	86.2	152.6	154.4	123.8
	2	309.0	544.1	344.5	659.6	247.3	406.8	239.6	339.0
	3	26.6	123.2	54.2	5.2	144.5	244.5	212.0	315.0
	4	25.4	164.3	35.5	48.5	191.5	318.8	158.4	147.1
	5	0.9	5.6	3.6	3.4	42.5	65.3	36.7	40.7
	6	2.0	0.0	0.0	0.0	1.9	5.4	5.9	18.3
	7	1.1	0.0	0.1	1.0	3.8	0.8	6.7	8.1
	8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	2.0	2.4	5.3
	9	0.0	0.0	0.2	1.2	0	0.7	0.0	3.8
	10	4.0	2.0	2.2	3.1	6.3	106.2	2.8	31.5
	11	0.2	1.4	2.6	0.7	3.2	50.9	34.2	52.6
	12	20.0	7.8	6.1	13.5	55.3	153.3	124.9	130.3

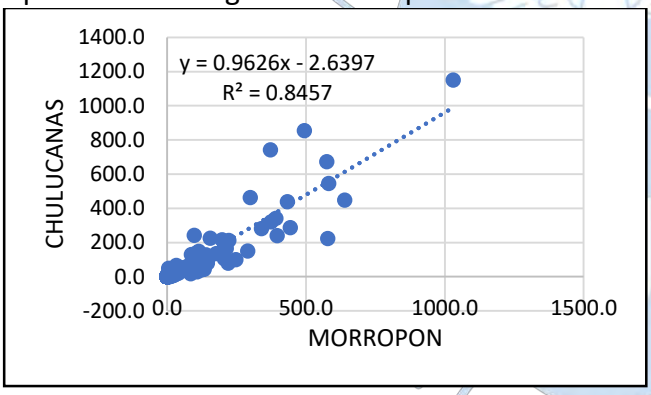
Cont. Apéndice A.1. Datos de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (mm)									
AÑO	MES	CHUL	H. BIGOTE	MORR	S. PEDRO	SAPILLICA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2020	1	5.8	19.9	3.9	30.6	41.0	80.1	109.3	120.6
	2	8.3	46.3	9.8	30.2	69.6	203.8	147.0	149.2
	3	14.3	10.7	6.0	16.8	91.4	160.8	154.2	161.2
	4	17.0	32.2	7.8	35.8	210.2	348.2	205.9	215.7
	5	1.7	13.5	0.5	9.2	59.5	101.8	79.2	82.0
	6	0.1	7.3	0.1	0.4	9.5	39.4	13.3	12.4
	7	5.2	0.0	0.4	0.2	0.0	34.0	21.4	13.8
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	7.2	0.7
	9	0.0	0.0	0.0	0.2	3.0	11.8	5.1	4.7
	10	0.7	0.7	1.0	0.0	0.9	13.6	7.0	8.0
	11	4.5	2.7	7.0	2.6	9.4	42.3	25.3	33.6
	12	7.6	8.7	9.2	12.0	119.1	254.0	204.2	164.3

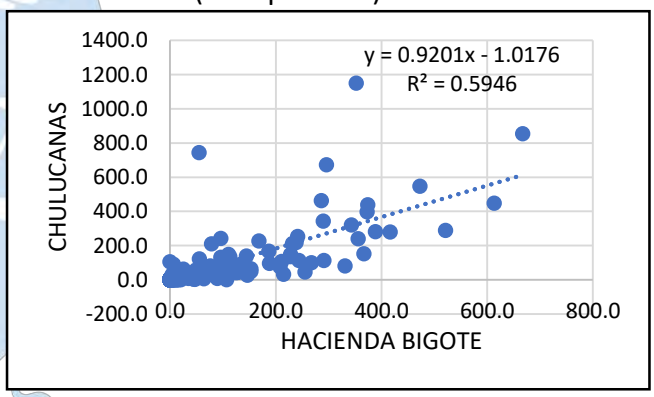
Fuente: https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos

a) Regresión lineal 1981-2013 (Precipitación)

Chulucanas

Apéndice A.2. Regresión lineal para la estación Chucanas 1981-2013 (Precipitación)

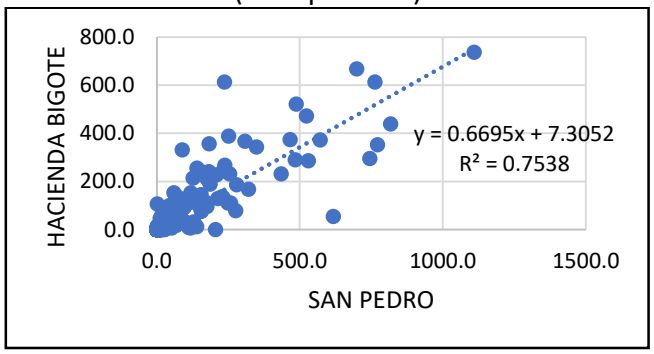




Fuente: Elaboración propia

Hacienda Bigote

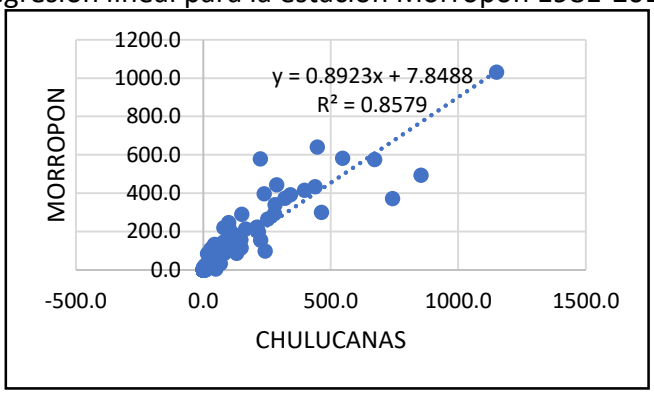
Apéndice A.3. Regresión lineal para la estación Haciendo Bigote 1981-2013 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Morropón

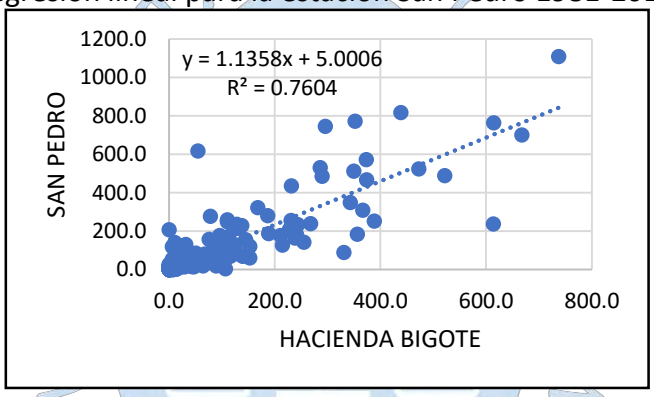
Apéndice A.4. Regresión lineal para la estación Morropón 1981-2013 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

San Pedro

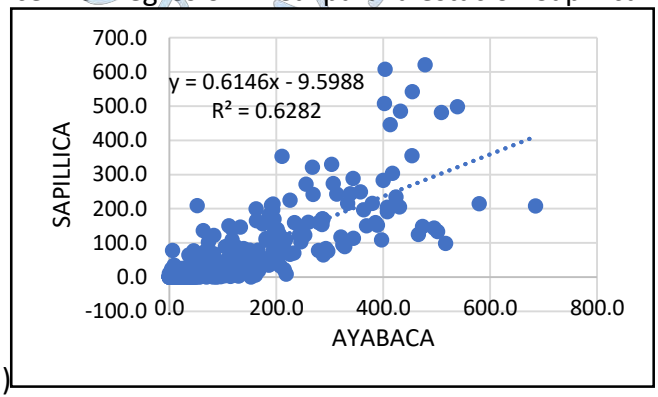
Apéndice A.5. Regresión lineal para la estación San Pedro 1981-2013 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Sapillica

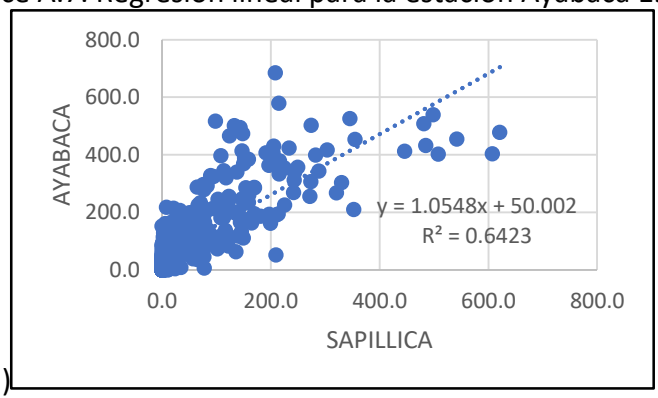
Apéndice A.6. Regresión lineal para la estación Sapillica 1981-2013 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Ayabaca

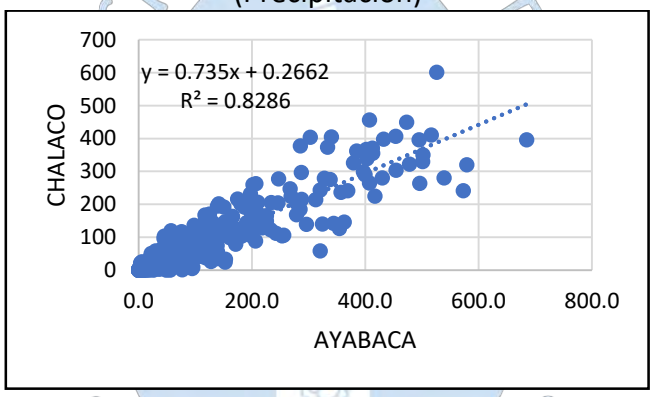
Apéndice A.7. Regresión lineal para la estación Ayabaca 1981-2013 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Chalaco

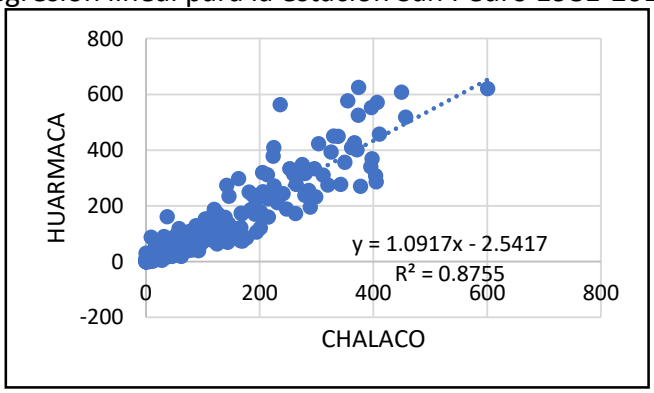
Apéndice A.8. Regresión lineal para la estación Chalaco 1981-2013 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Huarmaca

Apéndice A.9. Regresión lineal para la estación San Pedro 1981-2013 (Precipitación)

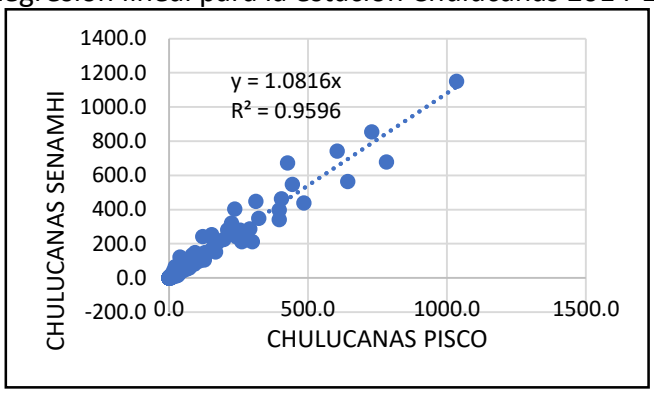


Fuente: Elaboración propia

b) Regresión lineal 2014-2016 (Precipitación) con el apoyo del Producto PISCO

Chulucanas

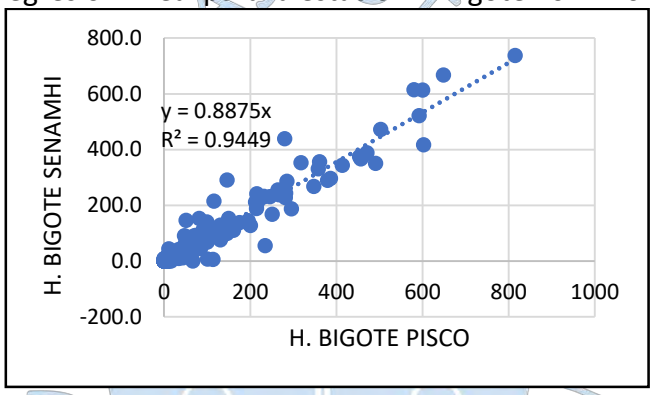
Apéndice A.10. Regresión lineal para la estación Chulucanas 2014-2016 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Hacienda Bigote

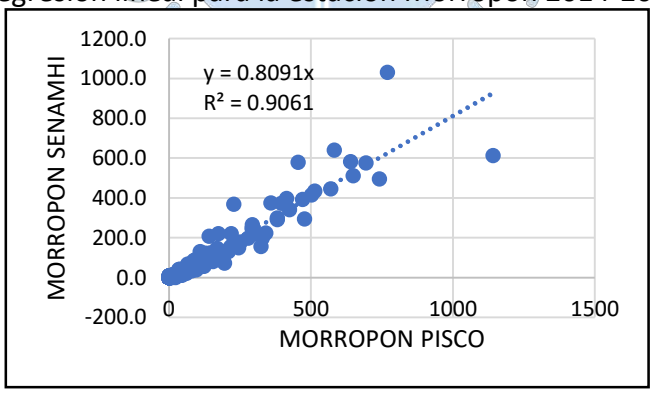
Apéndice A.11. Regresión lineal para la estación H.Bigote 2014-2016 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Morropón

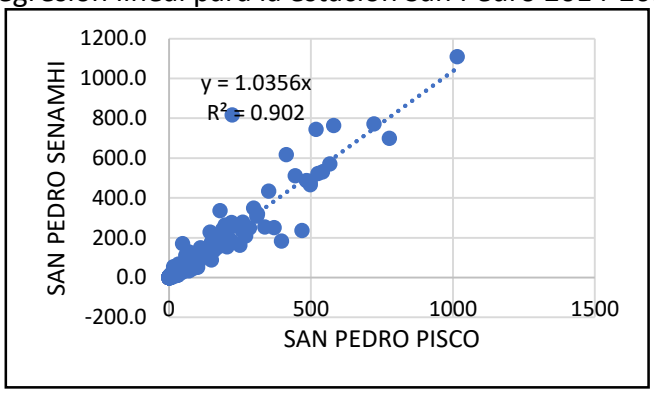
Apéndice A.12. Regresión lineal para la estación Morropón 2014-2016 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

San Pedro

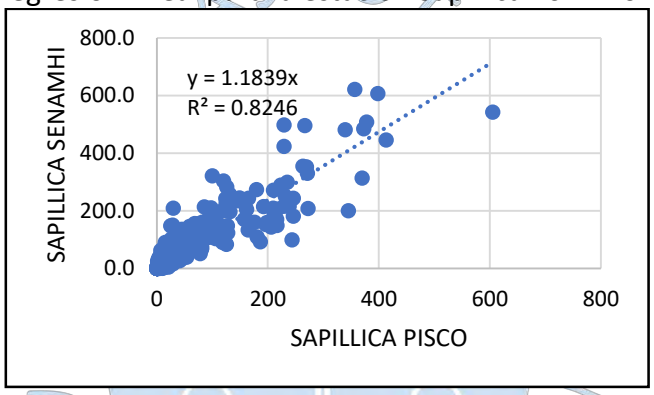
Apéndice A.13. Regresión lineal para la estación San Pedro 2014-2016 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Sapillica

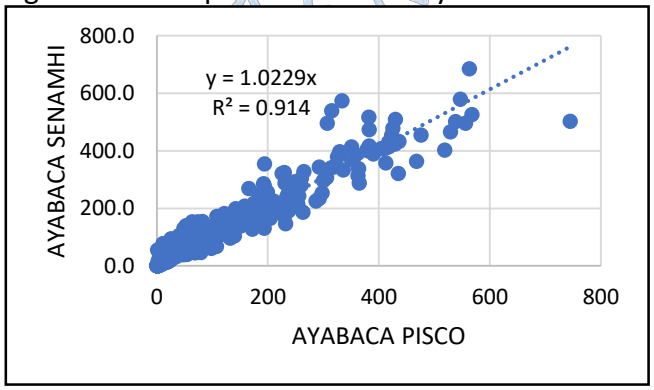
Apéndice A.14. Regresión lineal para la estación Sapillica 2014-2016 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Ayabaca

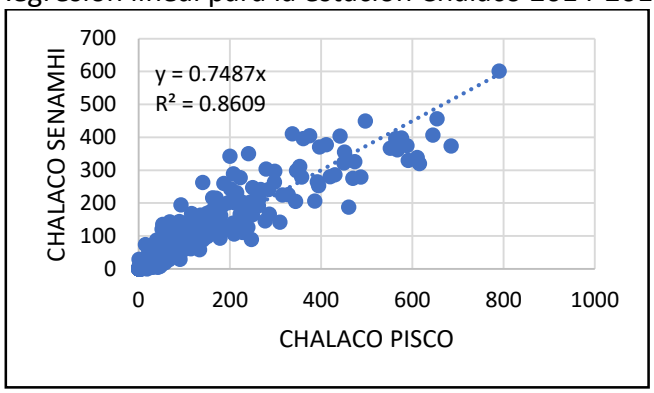
Apéndice A.15. Regresión lineal para la estación Ayabaca 2014-2016 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Chalaco

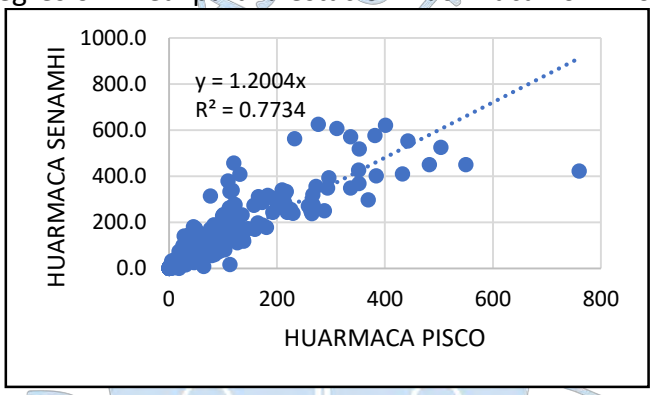
Apéndice A.16. Regresión lineal para la estación Chalaco 2014-2016 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Huarmaca

Apéndice A.17. Regresión lineal para la estación Huarmaca 2014-2016 (Precipitación)

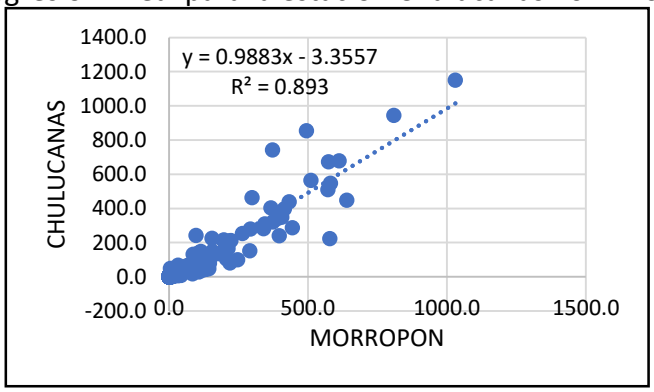


Fuente: Elaboración propia

c) Regresión lineal 2017-2020 (Precipitación)

Chulucanas

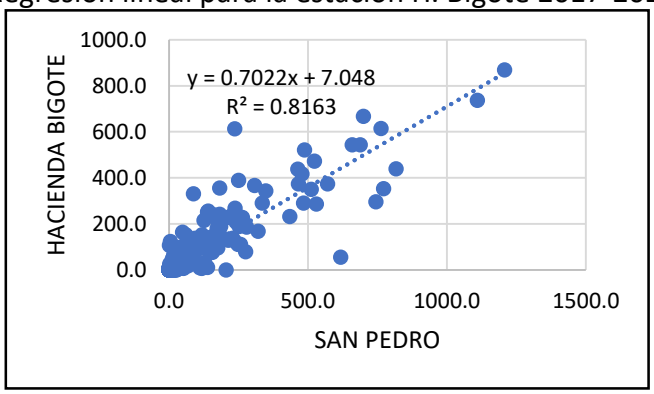
Apéndice A.18. Regresión lineal para la estación Chulucanas 2017-2020 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Hacienda Bigote

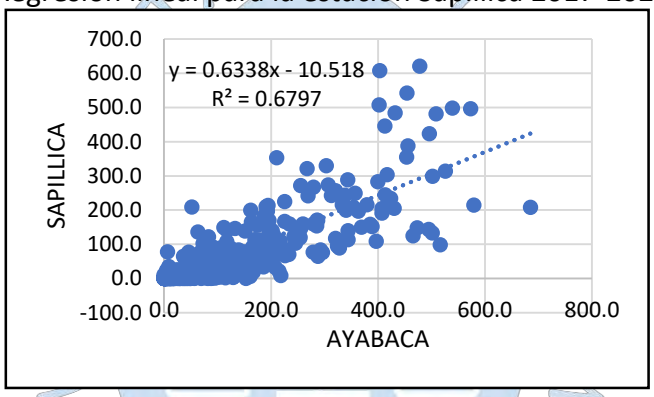
Apéndice A.19. Regresión lineal para la estación H. Bigote 2017-2020 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Sapillica

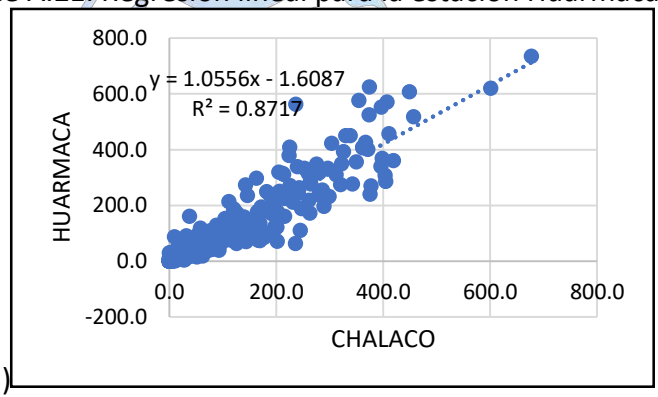
Apéndice A.20. Regresión lineal para la estación Sapillica 2017-2020 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Huarmaca:

Apéndice A.21. Regresión lineal para la estación Huarmaca 2017-2020 (Precipitación)



Fuente: Elaboración propia

Temperatura:

De la misma manera que el completado de precipitación por regresión lineal se efectuó esta variable, tanto para temperatura máxima y mínima con el apoyo de la información extraída de Senamhi y Producto Pisco. Se detalla en el Apéndice A.22. y Apéndice A.39. el completado de datos el cual presenta las siguientes características:

- Los datos de las celdas en color verde representan el llenado de información con el apoyo de la estación San Miguel.
- Los datos de las celdas en color rosado representan el llenado de información con el apoyo de la estación Bernal.
- Los datos de las celdas en color plomo representan el llenado de información con el apoyo de la estación Miraflores.
- Los datos de las celdas en color verde oscuro representan el llenado de información con el apoyo de la estación Malacasi.
- Los datos de las celdas en color plomo representan el llenado de información con el apoyo de la estación Chalaco.
- Los datos en color verde representan el llenado de información con el apoyo de la estación Alto Poclus.
- Los datos de las celdas en color lila representan el llenado de información con el apoyo de la estación Santo Domingo.
- Los datos con letra a color rojo representan el llenado de información a partir de la información del Producto PISCOt.
- Los datos sin color representan la información extraída de Senamhi.

Estimación de datos faltantes (Temperatura máxima)

Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1981	1	33.8	33.0	33.2	16.4	27.9	16.2
	2	34.1	34.2	32.9	16.3	26.8	16.1
	3	33.1	33.6	32.5	16.5	27.3	17.3
	4	31.3	32.1	30.8	17.0	26.6	18.4
	5	31.1	29.1	30.3	18.0	28.1	19.4
	6	29.0	27.3	28.6	18.2	27.8	20.3
	7	28.8	26.5	28.5	18.0	28.0	21.0
	8	29.6	26.8	29.3	19.1	28.0	19.7
	9	31.3	28.4	31.3	19.7	29.5	20.5
	10	32.0	29.7	31.9	18.2	28.5	18.5
	11	31.8	30.1	31.8	18.1	28.6	18.7
	12	33.4	32.1	32.9	17.2	28.3	17.6
1982	1	34.6	33.4	33.9	16.1	29.0	17.2
	2	35.0	34.1	34.6	16.7	29.6	17.4
	3	35.1	33.9	34.5	16.8	29.5	16.6
	4	34.0	32.5	33.2	17.5	28.7	18.4
	5	32.9	30.8	31.9	17.1	28.1	18.8
	6	30.4	28.7	30.0	18.4	28.4	21.4
	7	30.0	28.4	29.6	18.2	28.3	20.9
	8	30.5	28.4	30.2	19.0	28.7	21.9
	9	31.9	30.0	31.5	18.7	29.1	19.8
	10	32.2	30.9	31.6	17.6	28.4	19.2
	11	32.5	32.0	32.2	17.8	27.9	19.4
	12	32.2	33.1	31.5	16.7	26.9	18.4
1983	1	31.2	32.3	30.7	17.2	26.8	18.4
	2	32.1	33.1	31.2	17.2	27.3	19.2
	3	32.2	32.9	31.7	17.5	28.5	18.7
	4	31.6	32.0	31.1	17.2	27.9	18.4
	5	31.2	31.6	30.6	17.5	28.0	19.2
	6	30.5	31.0	29.7	17.7	27.4	21.3
	7	29.6	29.7	29.0	18.4	28.4	21.4
	8	29.6	29.3	29.6	18.6	28.2	22.0
	9	29.6	28.9	29.4	17.8	27.3	20.1
	10	30.7	29.3	30.6	17.2	27.6	18.9
	11	32.1	30.3	32.1	18.1	28.7	19.3
	12	31.8	31.8	31.6	15.9	26.7	17.6

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1984	1	33.6	33.3	33.5	15.8	28.5	17.1
	2	31.9	34.0	31.3	15.3	26.4	16.5
	3	31.5	33.3	30.5	15.9	26.6	17.2
	4	32.3	32.3	31.8	16.2	26.6	17.7
	5	30.9	29.6	30.3	16.5	27.2	18.7
	6	30.2	27.8	29.8	16.6	26.9	18.7
	7	29.9	27.2	28.9	16.4	26.7	19.5
	8	30.4	27.0	29.9	18.2	28.6	20.2
	9	31.2	27.9	30.5	17.9	28.3	19.5
	10	32.7	29.3	32.0	17.1	28.3	18.5
	11	31.7	29.7	31.3	17.2	28.0	17.8
	12	33.5	32.1	32.9	17.2	27.9	17.5
1985	1	32.5	32.2	31.5	14.5	26.6	15.2
	2	34.5	34.0	33.2	16.4	27.8	18.1
	3	33.1	33.8	32.6	16.8	28.2	18.1
	4	33.0	31.9	32.7	16.6	28.1	18.1
	5	30.8	28.2	30.2	17.0	27.7	19.1
	6	30.7	27.8	30.9	18.4	28.3	21.2
	7	28.7	26.1	28.9	17.9	27.2	20.7
	8	29.7	27.1	29.9	17.8	27.4	20.4
	9	31.6	28.4	31.9	18.6	28.5	19.4
	10	31.9	29.1	32.2	18.7	28.7	18.9
	11	32.7	30.4	32.9	18.5	29.2	19.0
	12	33.0	31.8	33.0	16.9	27.7	17.3
1986	1	33.2	33.5	32.8	15.8	27.0	16.8
	2	34.5	34.7	34.1	15.1	27.4	15.7
	3	35.6	33.9	34.7	16.3	29.1	18.2
	4	33.3	32.7	32.4	16.3	26.8	17.4
	5	31.9	29.7	31.0	17.7	27.3	19.4
	6	30.0	27.7	29.6	17.6	28.3	20.9
	7	29.4	26.8	29.1	18.8	28.7	21.4
	8	30.8	28.2	30.4	18.9	29.3	20.1
	9	31.7	29.2	31.4	19.0	28.7	21.6
	10	31.9	29.7	31.6	18.7	28.7	19.2
	11	32.0	30.3	31.8	18.5	28.5	18.9
	12	32.9	32.4	32.3	17.8	27.5	18.7

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1987	1	32.7	34.3	32.2	16.8	27.8	18.0
	2	31.9	34.2	31.5	17.8	27.4	19.9
	3	32.2	33.8	31.7	17.4	27.3	18.6
	4	31.3	33.8	31.0	17.6	27.9	19.4
	5	30.7	31.1	30.8	18.0	27.3	20.2
	6	30.1	29.1	30.1	19.9	28.2	22.5
	7	30.0	28.5	29.9	18.9	28.0	20.3
	8	31.9	29.1	31.4	19.2	28.9	21.6
	9	32.7	30.0	32.5	19.9	29.3	20.6
	10	32.2	29.7	32.0	19.2	28.9	19.8
	11	33.7	31.5	33.3	19.0	29.1	19.4
	12	33.7	32.3	33.5	19.2	28.8	19.7
1988	1	33.6	33.3	32.9	16.8	28.1	16.9
	2	34.2	34.8	33.3	16.5	27.9	17.0
	3	35.3	34.6	34.3	16.9	29.2	18.5
	4	34.2	33.5	33.2	16.8	28.4	17.4
	5	33.2	31.2	32.0	17.6	28.6	19.2
	6	31.0	28.7	30.5	18.0	28.5	19.8
	7	30.5	27.5	30.2	18.0	28.8	19.9
	8	30.9	28.0	30.7	18.7	28.6	20.3
	9	31.5	28.6	31.1	19.1	28.3	19.6
	10	32.1	29.8	31.9	17.9	28.9	18.7
	11	32.5	30.7	32.1	17.0	28.1	17.5
	12	33.0	32.1	32.9	16.7	28.3	16.8
1989	1	32.8	33.9	32.2	15.6	26.9	16.4
	2	31.5	33.9	30.3	15.5	26.7	16.3
	3	31.8	34.5	31.6	15.4	27.1	16.2
	4	31.1	31.4	30.6	17.1	27.2	18.5
	5	30.7	28.8	30.6	17.5	28.1	19.3
	6	28.9	28.1	29.6	17.7	27.4	19.3
	7	29.1	27.2	28.9	18.1	27.6	20.3
	8	30.7	27.5	30.6	18.8	28.8	19.9
	9	31.6	28.5	31.6	18.6	28.8	18.7
	10	32.2	30.1	32.3	17.6	29.0	18.2
	11	33.3	30.9	33.8	19.1	30.1	19.2
	12	33.7	31.9	34.1	18.8	29.6	18.1

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1990	1	34.2	33.6	34.0	17.8	29.4	18.5
	2	34.0	33.8	33.8	16.7	28.9	15.8
	3	35.2	34.8	34.9	17.8	29.9	18.9
	4	**33.8**	**32.9**	**33.0**	17.2	28.6	17.0
	5	31.9	30.8	31.3	18.0	27.9	18.8
	6	31.4	29.1	30.8	18.2	28.8	19.4
	7	29.8	27.5	29.1	18.5	29.0	21.0
	8	31.8	28.2	31.2	19.0	29.3	21.4
	9	32.5	29.5	31.9	19.6	29.7	20.9
	10	32.7	29.7	32.0	18.8	29.5	17.5
	11	34.2	**30.7**	33.6	18.5	29.3	18.5
	12	34.2	32.2	33.5	17.6	28.9	18.3
1991	1	35.2	34.0	34.6	17.9	29.2	18.5
	2	35.3	34.8	34.6	17.4	**28.6**	17.3
	3	35.2	34.9	34.5	17.0	28.8	16.5
	4	34.5	**33.8**	33.9	17.7	29.1	19.0
	5	33.5	32.1	32.8	18.1	29.5	19.1
	6	32.4	29.3	31.7	19.0	29.7	20.4
	7	30.3	27.8	29.7	18.9	29.2	21.4
	8	30.9	27.7	30.3	18.4	29.7	20.7
	9	33.0	29.1	32.4	19.4	30.2	19.8
	10	32.1	29.7	31.5	18.4	29.1	19.5
	11	33.3	30.7	32.7	18.8	29.7	18.6
	12	33.2	31.9	32.5	18.6	29.4	16.5
1992	1	33.2	33.4	32.6	18.1	28.2	18.0
	2	32.8	33.9	32.2	17.3	28.0	18.5
	3	32.4	33.7	31.7	17.9	28.7	20.3
	4	32.1	32.6	31.5	17.4	27.7	20.4
	5	31.7	32.2	31.0	17.1	28.4	18.9
	6	29.8	29.3	29.2	18.5	27.6	22.2
	7	28.7	28.2	28.0	18.4	29.1	22.5
	8	30.2	28.1	29.6	19.1	29.0	22.6
	9	31.6	28.8	31.0	17.5	28.4	20.8
	10	33.8	30.1	33.1	19.0	29.4	20.7
	11	33.9	30.8	33.2	18.2	29.3	19.2
	12	33.4	32.1	**32.8**	18.4	28.1	18.4

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1993	1	34.5	33.8	33.9	17.5	29.1	18.1
	2	32.1	33.8	31.4	16.1	26.9	16.3
	3	32.7	34.0	32.0	16.9	27.5	19.0
	4	32.5	32.2	31.8	17.6	27.9	20.3
	5	30.2	29.3	29.5	17.7	28.1	20.0
	6	31.4	29.3	31.2	18.6	28.9	20.5
	7	30.9	28.3	30.8	18.2	29.2	19.2
	8	32.1	28.2	31.0	18.4	29.6	19.4
	9	33.2	29.4	31.9	17.6	29.2	19.6
	10	34.0	30.1	32.4	17.7	29.4	20.0
	11	33.6	30.3	32.9	18.2	29.7	20.0
	12	33.1	31.1	32.5	17.1	28.6	18.6
1994	1	33.2	32.5	32.5	16.2	28.6	17.4
	2	32.5	33.1	31.9	16.4	27.3	17.6
	3	33.5	32.1	32.9	16.5	27.9	17.8
	4	31.4	30.6	30.8	17.2	27.5	18.7
	5	32.3	28.7	31.7	17.8	27.9	16.7
	6	30.7	27.0	30.1	17.8	27.4	22.1
	7	30.4	25.7	29.8	18.6	28.7	21.8
	8	31.1	26.4	30.4	18.2	28.3	21.9
	9	33.1	28.2	32.4	19.0	29.7	22.4
	10	32.9	29.1	32.3	19.6	29.1	20.3
	11	33.2	29.9	32.6	18.7	29.1	20.2
	12	33.4	32.3	32.8	18.1	28.7	19.1
1995	1	32.5	34.0	31.9	17.7	29.0	19.3
	2	31.7	34.5	31.1	17.1	27.9	17.9
	3	34.7	34.7	34.1	17.6	28.8	18.9
	4	34.5	32.6	33.9	17.9	28.7	20.4
	5	33.7	30.5	33.0	17.8	29.3	20.7
	6	33.0	29.1	32.3	18.9	29.5	22.2
	7	30.5	27.7	29.9	18.9	28.3	21.6
	8	31.3	28.0	30.6	19.8	29.4	23.2
	9	33.4	29.6	32.8	19.6	29.8	22.0
	10	33.2	29.8	32.5	18.9	29.6	19.9
	11	34.0	31.1	33.4	17.8	29.4	18.9
	12	34.0	31.8	33.4	17.2	29.2	18.1

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1996	1	34.5	33.5	33.8	15.9	27.9	16.9
	2	36.0	34.9	35.4	16.3	28.7	17.7
	3	34.2	34.2	33.6	16.1	28.1	17.6
	4	34.1	31.6	33.4	16.9	28.9	18.3
	5	34.0	30.1	32.8	17.9	29.6	20.6
	6	29.5	27.0	30.6	18.4	30.1	20.2
	7	30.7	26.5	30.0	18.4	29.8	22.7
	8	31.3	27.4	30.7	18.9	29.2	21.9
	9	33.1	28.6	32.4	19.2	29.8	22.1
	10	33.4	29.3	32.8	17.2	29.3	19.6
	11	33.8	29.3	33.2	18.0	29.8	20.1
	12	34.7	31.7	34.1	18.2	29.4	19.7
1997	1	34.4	32.7	33.7	16.3	28.9	16.8
	2	34.7	34.4	34.0	17.3	28.5	18.8
	3	33.7	34.8	34.0	17.8	28.6	20.1
	4	33.2	33.0	33.9	17.6	29.7	19.7
	5	32.4	33.5	32.8	19.2	28.8	22.6
	6	31.2	31.5	31.6	18.8	28.2	21.1
	7	32.1	31.4	32.0	19.1	29.9	22.6
	8	32.5	31.2	32.0	19.7	30.5	22.7
	9	33.6	32.3	33.7	19.6	29.9	19.9
	10	34.3	32.1	34.4	19.3	30.5	20.9
	11	33.2	32.7	33.1	18.3	28.8	19.1
	12	32.3	33.2	31.6	18.0	28.6	20.4
1998	1	32.3	32.9	31.7	18.9	29.3	22.0
	2	33.1	33.3	32.4	18.7	30.8	22.2
	3	32.5	33.5	32.2	18.8	29.5	21.9
	4	31.0	32.7	30.8	18.7	29.3	19.7
	5	28.6	30.5	28.8	18.6	29.1	21.8
	6	28.3	29.7	28.0	18.1	28.2	23.6
	7	30.1	28.5	30.3	18.5	29.1	23.3
	8	30.8	27.4	29.7	18.8	29.2	22.0
	9	31.8	28.2	30.2	19.1	29.8	20.8
	10	32.7	28.6	31.3	19.1	29.6	20.0
	11	34.1	29.4	31.9	17.8	29.9	19.3
	12	33.9	30.9	33.2	18.5	29.3	19.2

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1999	1	34.8	32.4	33.4	17.0	29.7	17.9
	2	32.4	32.9	30.9	15.7	27.4	16.3
	3	32.7	34.1	32.0	16.5	28.6	19.7
	4	32.2	31.8	31.0	16.8	28.0	19.4
	5	31.3	28.8	29.3	16.8	27.7	19.8
	6	29.7	27.2	28.5	17.3	28.0	19.7
	7	30.0	26.0	29.6	17.4	28.3	21.2
	8	31.4	26.7	30.4	18.4	30.3	22.0
	9	32.4	27.7	31.3	17.5	29.1	18.4
	10	33.2	29.4	32.8	17.8	30.0	19.6
	11	33.4	30.3	32.4	18.2	30.4	18.0
	12	32.5	31.3	32.0	15.2	28.7	16.7
2000	1	34.5	33.2	33.7	16.0	29.9	17.0
	2	33.0	34.5	31.5	15.4	28.2	17.2
	3	32.4	34.2	32.1	15.9	28.1	17.7
	4	32.9	32.9	32.2	16.5	28.5	18.2
	5	31.7	29.9	30.3	17.0	28.2	18.9
	6	28.2	26.7	26.9	17.4	28.0	20.6
	7	29.1	25.8	28.1	17.9	29.0	22.3
	8	31.7	27.7	30.6	18.5	29.9	22.8
	9	32.5	28.7	31.2	17.9	29.4	19.6
	10	34.4	29.7	32.6	19.2	31.0	21.8
	11	33.6	29.7	32.2	19.2	30.5	20.4
	12	32.5	31.3	31.9	17.5	29.3	19.4
2001	1	33.0	33.2	32.4	15.9	28.9	17.2
	2	33.6	34.6	32.5	16.4	29.1	18.8
	3	32.1	33.0	31.7	16.9	29.1	19.4
	4	31.5	32.0	30.4	17.1	29.0	20.5
	5	29.8	28.4	28.9	17.3	28.7	21.0
	6	26.7	25.5	26.6	17.3	28.7	21.6
	7	29.2	26.4	28.8	18.0	28.7	22.2
	8	31.0	26.9	30.1	19.2	30.9	22.8
	9	32.3	27.8	31.8	18.9	28.9	21.2
	10	32.6	28.0	32.0	20.0	29.9	22.2
	11	32.8	29.4	32.4	18.1	28.9	18.7
	12	33.5	31.3	33.7	17.7	28.8	19.1

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2002	1	35.8	33.2	34.5	17.1	29.9	19.0
	2	33.2	34.1	32.9	16.4	27.5	18.4
	3	32.2	34.5	31.6	17.2	27.9	19.7
	4	31.2	32.2	30.4	16.4	27.3	18.6
	5	31.4	31.5	31.5	17.7	28.0	21.1
	6	30.6	28.2	30.4	17.8	28.2	21.2
	7	29.7	26.8	29.0	18.1	28.2	21.5
	8	30.8	27.2	29.4	19.0	29.9	23.0
	9	33.2	28.7	31.5	19.5	30.1	21.7
	10	32.8	29.4	31.1	18.7	28.1	20.6
	11	33.5	30.4	32.3	17.6	29.2	20.3
	12	33.3	31.9	32.6	17.2	28.0	20.0
2003	1	33.2	33.1	32.2	17.0	28.7	19.4
	2	32.9	34.0	31.5	17.0	27.6	18.4
	3	35.1	34.5	33.6	16.6	27.5	18.3
	4	35.0	32.5	33.2	17.2	28.9	20.4
	5	33.8	30.3	32.0	17.6	29.4	20.3
	6	31.9	28.6	30.7	17.5	28.6	19.5
	7	31.8	28.0	30.8	18.0	28.5	21.4
	8	32.3	28.0	31.6	19.4	30.5	21.6
	9	32.9	28.0	32.7	19.5	30.2	20.8
	10	33.4	29.7	32.8	19.0	29.6	18.8
	11	33.2	30.2	32.9	18.9	29.8	18.7
	12	33.6	32.2	33.5	17.5	29.2	18.1
2004	1	34.2	33.6	33.5	17.2	29.1	17.2
	2	34.2	34.8	34.0	17.0	28.3	17.5
	3	35.5	35.4	35.3	17.5	29.0	19.1
	4	34.3	32.9	33.9	17.2	29.4	18.3
	5	32.9	29.9	32.7	17.9	29.1	19.8
	6	31.1	27.9	30.0	17.7	29.1	22.6
	7	30.6	27.5	29.3	17.9	29.4	20.6
	8	31.9	28.1	31.4	19.0	30.6	21.5
	9	33.1	29.4	32.4	18.5	29.7	20.4
	10	32.5	30.1	32.3	18.0	29.1	18.0
	11	33.7	30.8	32.2	17.9	29.5	18.5
	12	34.3	32.5	32.8	17.5	29.7	17.0

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2005	1	35.2	33.9	34.4	17.3	29.6	17.0
	2	34.2	34.3	32.7	16.5	27.9	16.0
	3	33.1	33.3	30.8	16.8	27.4	16.8
	4	35.1	33.2	32.9	17.9	28.3	15.2
	5	32.6	29.3	30.7	18.0	29.7	19.5
	6	32.1	28.2	30.6	18.5	29.6	20.2
	7	31.5	27.7	30.1	18.9	30.2	20.6
	8	31.9	27.8	31.0	19.5	30.1	21.0
	9	31.9	27.9	31.0	19.8	30.3	20.1
	10	31.9	28.9	31.2	18.3	29.3	18.0
	11	32.1	29.4	31.7	18.4	29.7	19.2
	12	32.9	31.7	32.8	16.9	29.0	16.7
2006	1	34.3	34.0	33.9	13.0	28.5	16.6
	2	32.9	34.3	31.5	16.3	26.9	16.0
	3	32.4	34.2	31.3	16.9	27.7	17.4
	4	33.3	32.4	31.7	17.0	28.4	17.6
	5	32.9	29.7	31.4	18.3	29.2	20.1
	6	30.6	27.5	29.1	17.6	28.6	19.7
	7	30.6	27.2	29.6	18.7	28.8	20.6
	8	32.2	28.3	30.9	19.5	29.5	21.1
	9	33.3	29.1	32.1	19.6	30.1	20.2
	10	33.5	29.7	32.4	19.7	30.3	20.0
	11	33.6	31.2	32.9	18.4	29.5	18.4
	12	34.2	32.4	33.1	17.4	29.0	18.2
2007	1	34.0	33.8	32.6	17.7	28.3	18.3
	2	35.8	34.8	34.4	17.0	28.7	18.3
	3	35.2	34.4	33.0	17.1	28.8	17.3
	4	34.6	32.8	33.1	17.2	28.1	18.4
	5	33.6	29.7	31.9	17.5	29.5	18.8
	6	31.7	27.8	30.3	17.5	28.9	20.2
	7	31.6	27.7	30.6	18.4	29.5	20.1
	8	31.4	27.2	30.2	18.5	29.1	20.0
	9	32.5	27.9	31.5	19.4	29.7	21.6
	10	31.6	27.7	30.6	18.0	28.9	18.9
	11	33.5	29.4	32.1	17.4	29.0	18.4
	12	33.7	30.5	32.8	16.5	29.1	17.5

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2008	1	32.8	32.6	31.5	15.8	26.8	15.7
	2	32.5	33.1	31.4	15.4	26.8	16.5
	3	32.2	33.6	31.4	16.0	27.5	17.3
	4	32.2	31.9	31.0	15.9	27.8	18.2
	5	29.5	29.0	28.7	16.6	27.6	19.0
	6	27.0	26.7	26.5	17.2	26.4	20.6
	7	27.4	27.1	27.1	17.2	26.6	20.5
	8	28.1	27.0	28.2	18.0	26.8	20.5
	9	31.7	28.7	31.5	18.7	28.4	20.8
	10	32.3	28.9	31.7	17.8	29.1	18.8
	11	32.9	29.9	32.1	17.1	28.5	18.5
	12	34.2	31.6	33.7	17.1	29.0	18.2
2009	1	32.6	33.1	31.8	15.9	26.3	16.2
	2	32.2	33.6	31.7	16.1	25.9	17.8
	3	33.3	34.1	32.1	16.6	27.4	17.5
	4	33.7	33.7	32.7	17.2	27.9	18.9
	5	33.5	30.5	32.8	17.9	28.1	20.4
	6	30.4	27.9	30.2	17.9	28.1	21.7
	7	31.0	27.8	31.1	18.5	28.5	21.9
	8	31.8	27.7	31.4	19.1	29.0	22.4
	9	33.4	28.8	32.7	20.0	29.5	23.0
	10	34.5	29.2	34.1	19.8	30.5	21.7
	11	33.9	29.4	33.5	19.0	29.5	20.4
	12	33.7	31.3	32.7	18.3	28.1	19.2
2010	1	33.1	33.3	32.4	17.6	27.0	19.8
	2	32.9	33.7	32.0	17.8	26.8	19.2
	3	32.9	34.2	32.0	18.2	28.7	19.7
	4	33.1	32.6	31.8	18.0	28.7	20.1
	5	32.8	30.4	32.2	18.0	28.7	20.7
	6	32.4	28.6	31.8	17.9	28.9	20.3
	7	31.7	27.6	31.0	18.3	29.4	19.8
	8	32.6	27.6	31.9	19.1	30.1	21.6
	9	32.4	27.7	31.6	18.8	29.7	19.8
	10	32.8	28.0	32.5	19.2	29.8	19.5
	11	33.3	28.7	33.1	17.6	29.1	18.9
	12	33.8	30.6	33.3	16.4	27.9	16.5

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2011	1	34.8	33.1	33.9	16.3	28.7	15.9
	2	34.7	34.1	33.3	16.1	27.0	15.9
	3	36.9	34.4	35.2	16.6	29.9	18.0
	4	34.2	33.1	32.7	16.6	28.1	17.4
	5	32.7	30.3	31.3	18.1	28.3	20.4
	6	31.8	29.4	31.1	18.3	28.2	20.1
	7	30.5	27.1	30.6	17.8	28.1	20.2
	8	31.9	27.8	31.7	19.4	29.2	21.8
	9	33.3	29.2	32.9	19.4	29.7	21.5
	10	32.7	29.0	32.1	17.8	28.7	18.9
	11	33.9	30.7	33.5	18.1	28.7	18.8
	12	33.5	31.7	33.1	16.9	28.0	17.4
2012	1	33.8	33.6	32.5	15.9	26.2	15.5
	2	32.8	33.8	32.1	16.1	26.2	16.2
	3	33.3	34.4	32.4	18.1	27.7	19.4
	4	32.5	33.4	31.9	17.4	28.5	18.7
	5	31.9	31.7	31.5	17.5	28.7	20.1
	6	30.6	30.2	31.1	18.2	28.1	21.3
	7	29.0	28.3	30.0	18.9	27.9	22.4
	8	30.2	28.1	31.5	19.1	28.8	21.4
	9	32.6	29.0	32.6	19.9	29.5	22.7
	10	32.7	28.7	32.3	18.6	29.3	20.2
	11	34.1	29.8	34.1	17.8	29.7	19.6
	12	34.4	31.1	34.1	17.9	29.8	20.0
2013	1	33.9	32.8	32.5	17.6	28.2	18.7
	2	36.3	34.5	34.7	16.8	29.1	18.3
	3	33.5	33.3	32.4	17.6	28.3	19.2
	4	35.0	31.3	33.3	18.9	29.8	20.5
	5	31.5	28.8	30.8	18.0	28.6	19.4
	6	30.9	26.9	30.7	18.7	28.3	20.9
	7	31.9	27.1	31.34	18.4	28.8	21.1
	8	32.9	27.7	32.5	19.4	29.2	21.2
	9	32.9	28.4	32.8	20.2	30.0	22.5
	10	33.2	28.4	32.8	15.1	29.5	21.0
	11	33.3	29.0	33.6	19.5	30.3	21.8
	12	34.4	31.7	34.0	18.7	29.7	20.5

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2014	1	34.5	34.1	33.6	17.6	28.57	19.6
	2	35.0	34.5	34.1	17.6	28.34	18.17
	3	35.1	34.9	34.8	17.3	27.92	18.81
	4	34.2	33.7	33.6	18.0	29.12	20.94
	5	32.8	31.5	32.7	18.1	28.5	20.09
	6	32.4	30.6	32.3	18.2	28.07	18.9
	7	31.4	29.2	31.5	18.8	30.0	19.6
	8	32.1	28.8	31.4	18.3	29.9	19.3
	9	33.8	29.9	32.3	18.5	30.2	22.07
	10	33.8	30.4	32.3	18.2	30.0	21.64
	11	34.0	30.9	32.9	18.1	29.9	20.61
	12	33.7	32.5	33.4	17.6	29.1	20.07
2015	1	34.5	33.9	33.4	16.8	28.1	19.30
	2	34.1	34.8	33.5	17.5	28.4	18.11
	3	33.4	34.80	33.4	17.6	28.2	17.76
	4	33.3	33.7	32.9	18.1	28.8	19.72
	5	32.9	31.76	32.6	18.4	29.0	20.60
	6	31.2	30.56	31.9	18.3	29.4	21.11
	7	31.5	29.68	31.8	18.4	29.5	21.86
	8	32.6	28.99	32.0	19.0	30.6	22.42
	9	34.5	30.71	33.1	18.6	30.8	22.94
	10	34.8	30.77	33.2	18.7	30.9	21.55
	11	34.4	30.79	33.3	18.4	30.3	20.8
	12	34.4	32.72	34.0	17.9	29.2	19.9
2016	1	34.7	34.38	34.2	18.4	29.5	20.5
	2	33.9	35.23	33.7	17.5	28.2	19.6
	3	34.1	35.04	34.3	18.4	29.4	20.4
	4	33.9	33.85	33.4	18.6	29.5	20.0
	5	33.8	31.77	33.5	19.1	30.1	20.2
	6	32.2	30.1	32.1	18.5	29.2	19.1
	7	32.3	29.73	32.0	18.7	29.9	19.5
	8	32.9	29.53	32.2	19.0	30.7	20.3
	9	33.9	30.37	32.7	18.3	30.4	20.5
	10	34.7	30.37	32.5	18.6	30.3	20.9
	11	34.6	31.59	33.6	19.1	30.9	21.5
	12	34.6	32.94	33.9	17.6	29.0	19.8

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2017	1	34.4	34.5	33.5	16.7	28.6	16.9
	2	34.1	33.7	32.7	16.9	28.9	18.8
	3	32.4	33.0	32.2	16.8	28.8	18.4
	4	31.5	32.5	31.1	18.1	28.5	19.9
	5	29.3	30.6	29.0	17.9	28.5	21.0
	6	27.9	28.7	27.6	19.1	28.6	19.9
	7	28.1	26.5	28.5	19.4	29.3	21.0
	8	29.5	26.9	29.8	19.8	29.3	21.5
	9	32.0	28.3	32.3	20.1	29.8	21.5
	10	32.7	29.0	32.3	19.8	29.7	20.1
	11	32.7	29.1	32.3	19.9	29.8	21.0
	12	33.8	31.8	33.3	18.6	29.2	19.3
2018	1	35.0	34.3	34.0	17.8	28.9	18.5
	2	34.9	35.1	33.7	17.2	27.9	16.9
	3	36.2	35.3	34.6	18.2	29.8	17.9
	4	34.5	34.3	33.8	17.7	29.7	18.8
	5	33.0	30.7	31.7	18.5	29.0	19.0
	6	31.2	27.5	30.5	18.8	29.2	20.8
	7	30.5	27.2	30.1	19.7	29.5	21.0
	8	32.9	28.6	32.0	20.4	29.8	21.8
	9	33.5	29.5	33.2	20.9	30.5	21.9
	10	32.6	29.6	31.9	20.1	29.5	21.3
	11	32.9	30.9	32.5	18.8	29.4	19.8
	12	33.5	33.0	33.1	19.4	28.4	20.6
2019	1	34.4	34.9	33.6	19.1	28.4	18.8
	2	33.0	34.9	32.1	18.4	27.6	18.6
	3	33.0	35.8	32.4	19.3	28.3	19.2
	4	33.9	34.3	32.6	19.0	28.7	19.0
	5	32.8	32.1	31.7	19.4	28.5	19.4
	6	32.4	30.0	32.0	19.9	29.1	20.9
	7	31.9	28.5	31.8	20.0	29.3	21.1
	8	32.4	28.2	31.7	20.4	29.8	21.4
	9	33.4	29.0	32.4	21.4	29.8	22.0
	10	33.3	29.9	32.7	19.7	29.2	19.9
	11	33.4	30.6	33.0	19.4	29.6	20.4
	12	34.0	33.0	33.9	19.1	28.8	18.8

Cont. Apéndice A.22. Datos de temperatura máxima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

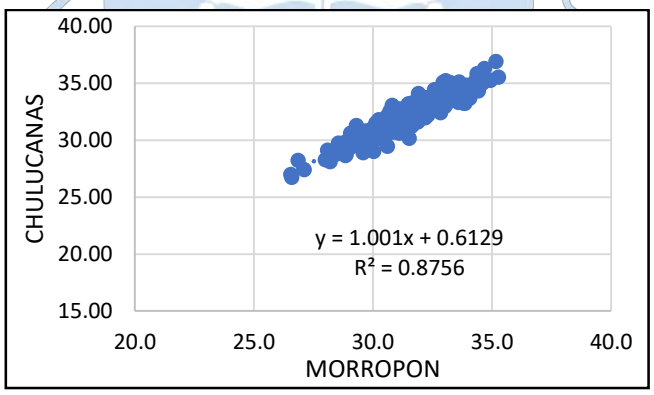
AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2020	1	35.4	35.4	35.1	19.1	29.6	19.1
	2	36.0	36.5	35.7	19.1	29.8	19.7
	3	36.0	36.5	35.2	19.3	30.2	18.4
	4	34.3	34.2	33.6	19.2	29.9	19.9
	5	33.1	31.7	32.6	19.8	29.8	20.5
	6	31.9	29.1	31.5	19.0	30.2	19.7
	7	32.0	28.0	32.1	19.9	29.8	20.4
	8	32.5	28.5	32.5	21.3	31.3	21.3
	9	33.7	29.4	33.6	21.4	30.4	22.2
	10	34.5	31.1	34.5	21.1	30.3	22.4
	11	33.0	30.3	32.8	21.4	29.2	20.7
	12	33.6	32.3	33.2	18.0	28.3	17.7

Fuente: https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos

d) Regresión lineal 1981-2013 (Temperatura máxima)

Chulucanas

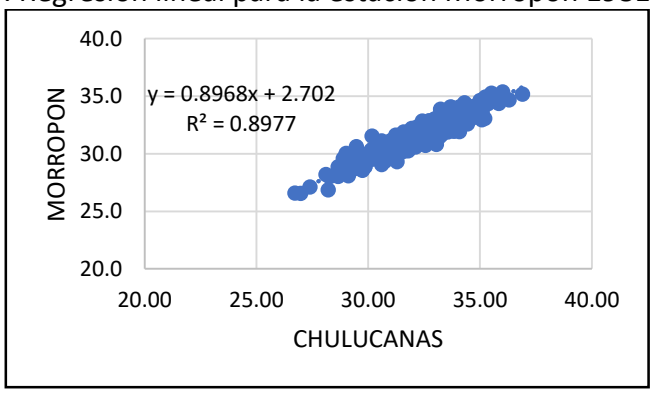
Apéndice A.23. Regresión lineal para la estación Chulucanas 1981-2013 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Morropón

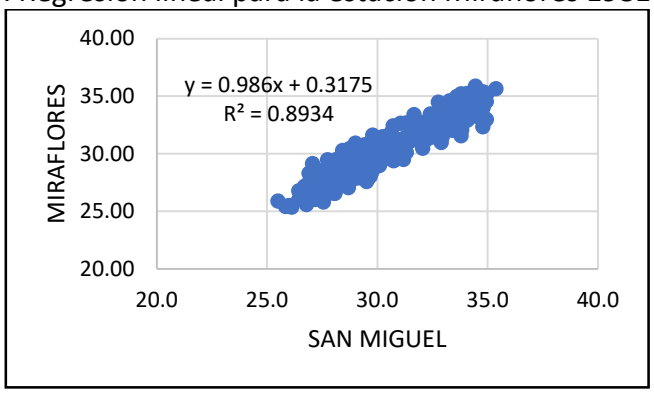
Apéndice A.24. Regresión lineal para la estación Morropón 1981-2013 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Miraflores

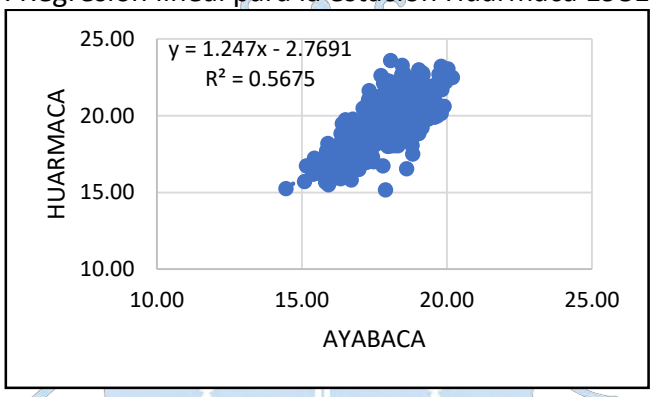
Apéndice A.25. Regresión lineal para la estación Miraflores 1981-2013 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Huarmaca

Apéndice A.26. Regresión lineal para la estación Huarmaca 1981-2013 (T° max)

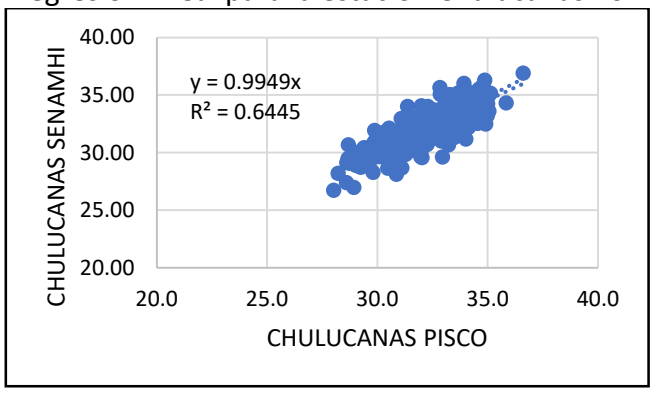


Fuente: Elaboración propia

e) Regresión lineal 2014-2016 (Tº máxima) con el apoyo del Producto PISCO

Chulucanas

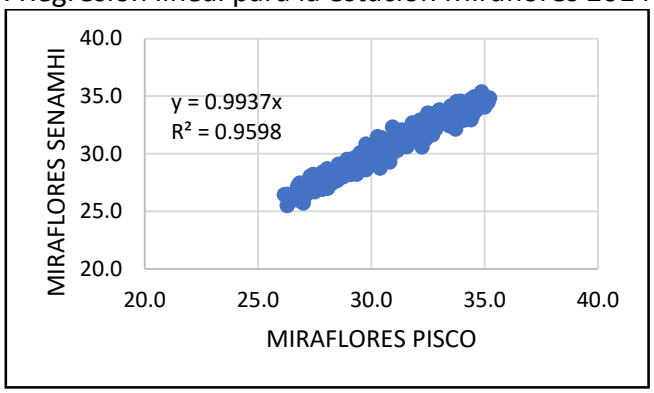
Apéndice A.27. Regresión lineal para la estación Chulucanas 2014-2016 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Miraflores

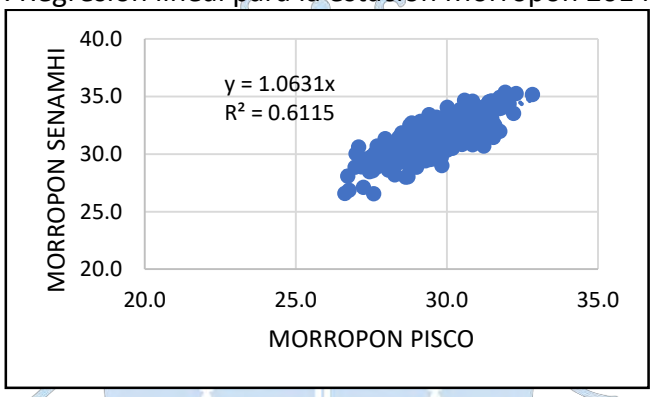
Apéndice A.28. Regresión lineal para la estación Miraflores 2014-2016 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Morropón

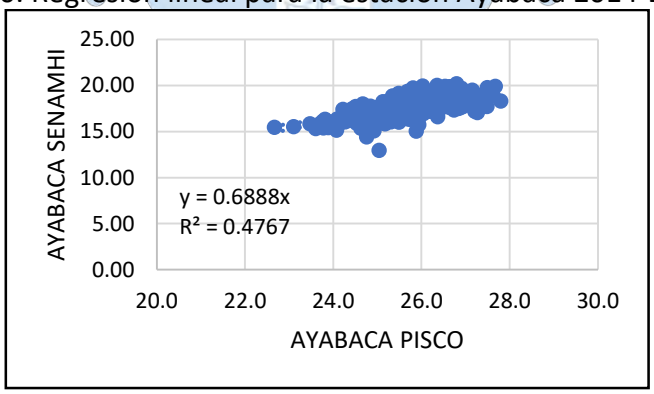
Apéndice A.29. Regresión lineal para la estación Morropón 2014-2016 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Ayabaca

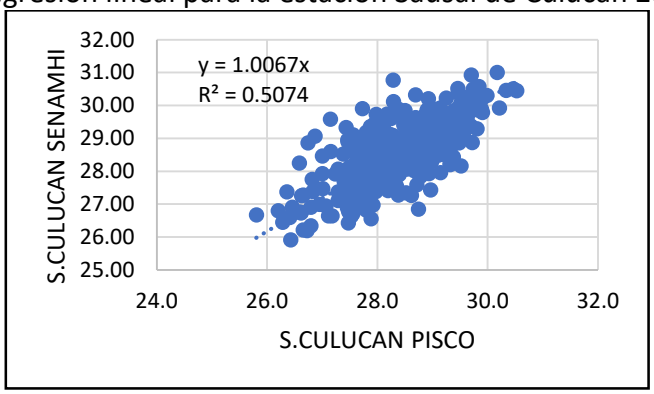
Apéndice A.30. Regresión lineal para la estación Ayabaca 2014-2016 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Sausal de Culucan

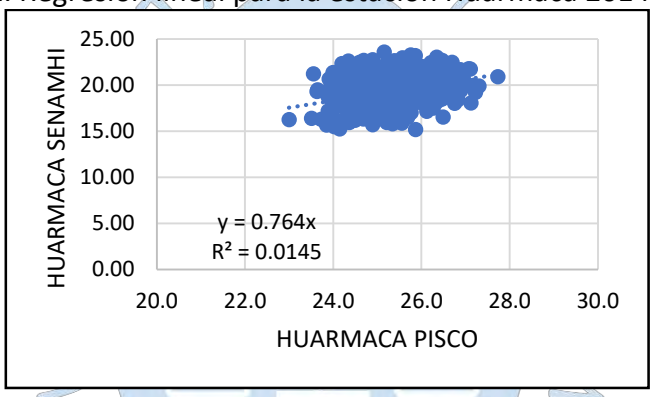
Apéndice A.31. Regresión lineal para la estación Sausal de Culucan 2014-2016 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Huarmaca

Apéndice A.32. Regresión lineal para la estación Huarmaca 2014-2016 (T° max)

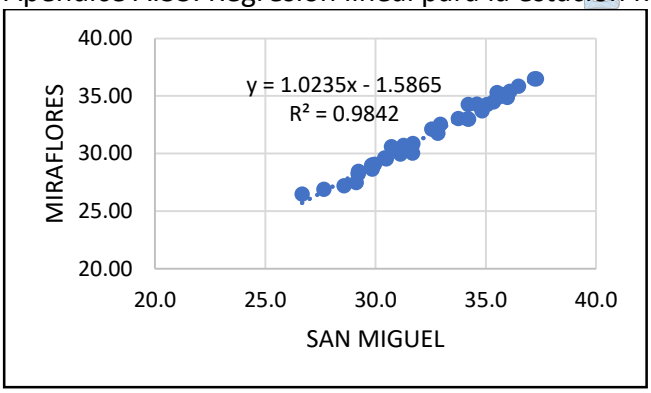


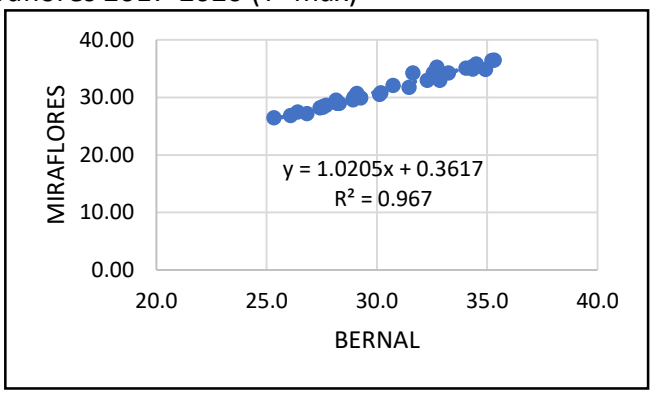
Fuente: Elaboración propia

f) Regresión lineal 2017-2020 (T° máxima)

Miraflores

Apéndice A.33. Regresión lineal para la estación Miraflores 2017-2020 (T° max)

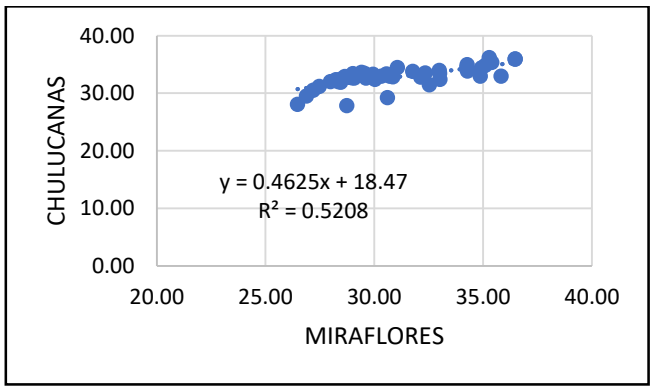




Fuente: Elaboración propia

Chulucanas

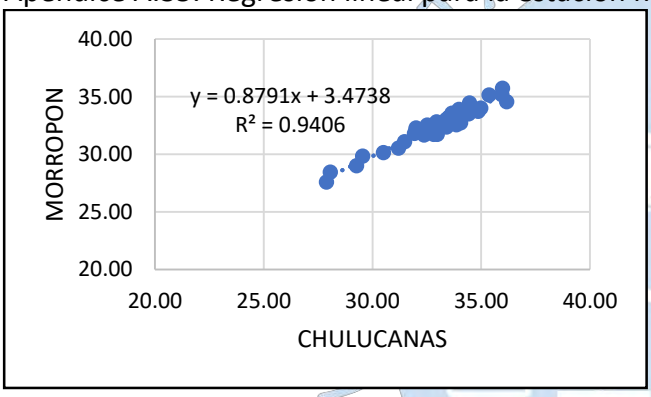
Apéndice A.34. Regresión lineal para la estación Chulucanas 2017-2020 (T° max)

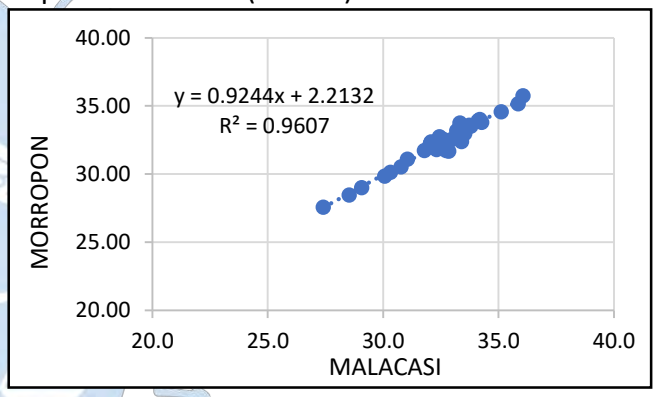


Fuente: Elaboración propia

Morropón

Apéndice A.35. Regresión lineal para la estación Morropón 2017-2020 (T° max)

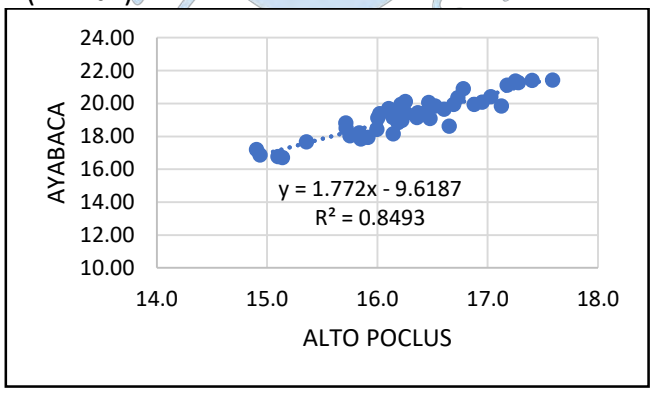




Fuente: Elaboración propia

Ayabaca

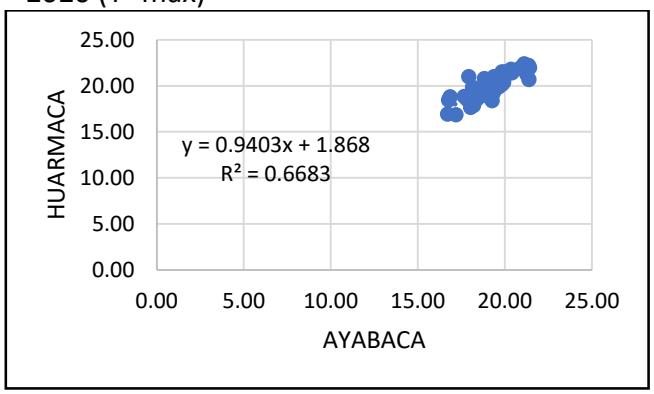
Apéndice A.36. Regresión lineal para la estación Ayabaca 2017-2020 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Huarmaca

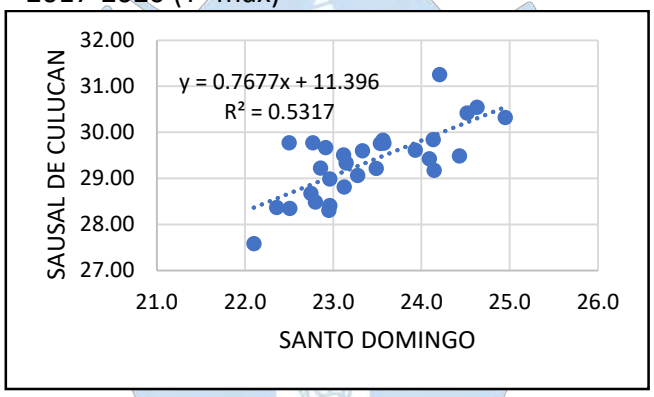
Apéndice A.37. Regresión lineal para la estación Huarmaca 2017-2020 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Sausal de Culucan

Apéndice A.38. Regresión lineal para la estación Sausal de Culucan 2017-2020 (T° max)



Fuente: Elaboración propia

Estimación de datos faltantes (Temperatura mínima)

Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1981	1	20.3	20.2	20.9	8.5	17.2	10.7
	2	22.8	23.0	22.8	9.5	18.3	12.0
	3	21.9	22.0	22.1	9.8	18.6	12.0
	4	19.7	20.3	20.6	10.0	18.0	12.5
	5	17.6	17.9	17.8	9.3	16.5	11.7
	6	16.7	17.1	16.6	9.0	15.6	12.0
	7	14.8	15.3	14.8	8.6	15.6	12.1
	8	15.3	15.2	15.2	8.9	15.7	11.7
	9	14.9	15.7	15.1	9.0	15.9	12.0
	10	16.8	17.2	17.0	9.1	16.3	11.3
	11	17.0	17.2	17.3	9.0	16.1	11.1
	12	19.0	19.1	19.3	9.8	16.8	11.9
1982	1	20.4	20.7	20.6	9.0	17.6	11.2
	2	21.5	21.7	22.2	9.3	18.6	11.6
	3	21.0	20.8	21.9	9.3	18.6	11.7
	4	19.6	19.9	20.4	9.3	18.1	11.6
	5	19.1	19.1	19.3	9.6	18.0	12.2
	6	18.0	18.0	18.0	9.1	16.3	12.5
	7	17.7	17.7	17.4	9.1	16.4	11.8
	8	17.1	17.4	17.1	9.4	15.4	13.3
	9	17.7	17.8	17.8	9.6	16.5	12.1
	10	19.7	19.8	19.5	9.7	16.8	11.9
	11	21.8	21.9	21.8	9.7	18.2	12.1
	12	23.6	24.0	23.1	10.3	19.1	13.1
1983	1	23.8	24.8	23.8	11.2	20.2	13.9
	2	24.1	24.7	23.7	11.1	20.0	14.0
	3	23.8	24.1	23.8	11.2	20.1	13.9
	4	23.9	24.3	23.6	11.3	19.8	14.1
	5	24.3	24.6	24.0	11.2	19.8	13.7
	6	23.1	23.6	23.0	10.4	18.1	12.8
	7	20.4	20.9	19.8	10.0	17.0	12.5
	8	18.3	18.9	18.0	10.1	17.1	12.4
	9	17.1	18.0	17.1	10.1	17.2	12.0
	10	18.6	19.2	18.1	10.0	16.8	11.6
	11	18.4	19.0	18.2	9.8	17.0	11.4
	12	20.0	20.8	20.3	9.7	17.2	12.0

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1984	1	19.6	20.9	19.8	8.6	17.2	10.4
	2	21.8	23.0	21.6	9.8	18.3	12.0
	3	21.3	22.0	21.0	9.8	18.3	11.9
	4	20.0	20.7	20.1	9.6	18.2	12.2
	5	17.1	18.1	17.3	9.5	17.3	12.5
	6	17.1	17.9	16.6	9.6	16.7	11.9
	7	16.5	16.6	16.2	8.5	15.9	11.6
	8	15.4	16.0	14.9	8.8	15.6	11.2
	9	16.1	16.6	15.6	8.9	16.6	10.9
	10	17.8	18.0	17.1	9.3	16.2	11.1
	11	17.1	16.8	16.7	8.3	16.2	10.3
	12	19.4	19.9	19.2	9.5	17.8	11.4
1985	1	20.9	21.1	20.2	8.7	17.5	10.5
	2	21.6	22.1	21.1	9.2	18.0	11.2
	3	21.3	21.7	21.1	9.4	18.5	11.5
	4	19.1	19.8	19.2	9.3	18.2	11.4
	5	16.1	16.7	16.3	9.7	16.7	11.5
	6	16.0	16.4	15.8	8.7	16.0	12.2
	7	14.9	15.4	14.5	8.5	15.9	11.4
	8	15.2	15.5	14.7	8.9	15.6	11.6
	9	15.4	16.0	15.3	9.2	16.6	11.0
	10	16.8	16.8	16.2	9.1	16.1	10.9
	11	16.2	16.5	16.2	8.7	15.2	10.4
	12	19.0	19.4	19.4	9.4	16.9	11.1
1986	1	21.9	22.2	21.7	9.9	18.1	12.3
	2	21.9	22.2	22.0	9.2	18.1	11.5
	3	20.9	21.4	21.2	9.2	18.1	11.2
	4	21.6	21.1	21.5	10.3	18.5	12.5
	5	18.6	18.6	18.6	9.8	17.8	12.3
	6	15.6	16.0	15.5	8.7	15.8	12.1
	7	15.9	16.3	15.9	8.9	15.0	12.8
	8	17.6	17.6	17.2	9.7	16.0	12.2
	9	16.5	16.6	16.5	9.8	15.7	12.5
	10	17.1	17.0	16.8	9.5	16.4	11.6
	11	18.9	19.1	18.8	9.6	16.9	11.4
	12	20.5	20.5	20.1	9.9	17.6	11.8

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1987	1	23.0	23.3	22.8	10.6	18.3	13.0
	2	23.8	24.4	23.2	10.9	19.8	13.2
	3	23.4	24.5	23.2	10.3	19.6	12.7
	4	22.7	23.2	22.4	10.6	19.5	13.0
	5	19.8	19.8	19.4	10.1	18.2	12.4
	6	18.6	18.9	17.8	10.1	17.3	13.3
	7	18.5	18.7	17.7	10.2	17.6	12.4
	8	16.7	17.1	15.7	10.1	16.0	12.8
	9	17.0	17.7	16.2	10.3	17.1	12.2
	10	18.1	18.3	17.6	10.1	17.1	11.9
	11	18.1	18.7	18.4	10.2	17.1	12.0
	12	19.9	20.0	19.9	10.5	17.9	11.6
1988	1	21.6	21.5	21.8	10.7	18.5	12.3
	2	23.3	23.3	22.8	10.6	19.0	12.9
	3	21.0	20.8	21.2	9.7	18.2	12.1
	4	21.3	20.9	20.9	10.2	18.7	11.9
	5	19.2	18.8	19.0	10.3	18.1	12.3
	6	15.0	15.3	15.4	8.9	15.9	11.4
	7	14.2	15.0	14.4	8.3	15.7	11.3
	8	15.1	15.6	15.3	9.3	15.7	11.2
	9	15.6	15.8	15.4	9.7	16.6	11.3
	10	16.3	16.6	16.5	9.4	16.7	11.5
	11	18.2	17.9	18.0	9.6	16.2	11.5
	12	19.4	19.3	19.2	8.9	16.8	10.9
1989	1	21.1	21.3	21.4	9.8	17.6	12.1
	2	22.2	22.9	22.1	9.6	18.2	12.2
	3	22.0	22.2	22.2	9.1	18.3	11.2
	4	**19.5**	19.6	19.9	10.0	18.2	12.3
	5	16.7	17.1	17.0	9.6	17.2	11.8
	6	16.8	17.8	17.3	9.5	16.8	12.0
	7	15.5	15.8	15.4	8.7	14.7	11.8
	8	16.4	16.9	16.2	9.4	15.8	11.8
	9	16.2	16.8	16.3	9.5	16.3	11.4
	10	17.7	17.8	17.7	9.7	16.6	12.1
	11	16.4	16.9	17.1	9.1	16.5	10.9
	12	17.2	17.8	18.4	8.7	16.5	10.7

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1990	1	20.7	20.9	21.3	9.9	17.7	12.2
	2	22.2	21.9	22.7	9.8	18.7	11.8
	3	21.8	22.2	22.5	10.0	19.0	12.6
	4	21.7	20.8	21.3	10.4	18.3	12.8
	5	16.6	20.1	20.2	9.9	16.9	12.9
	6	17.3	17.8	17.6	10.0	16.5	13.3
	7	15.8	16.4	16.1	8.8	15.6	12.5
	8	15.2	16.3	15.5	9.0	15.4	12.5
	9	15.6	16.5	16.0	9.8	16.4	12.3
	10	16.9	17.4	17.3	9.8	16.4	11.7
	11	17.9	18.0	18.3	10.1	16.8	11.9
	12	19.2	19.2	19.6	9.7	16.6	11.4
1991	1	21.2	20.5	21.6	9.6	17.8	11.9
	2	23.0	22.7	23.5	10.2	18.7	12.3
	3	23.1	23.1	23.6	10.4	19.1	12.7
	4	21.4	21.2	21.8	9.8	18.3	12.6
	5	19.9	19.9	20.3	10.4	17.8	12.7
	6	18.1	17.4	18.5	10.1	16.8	13.1
	7	16.0	16.5	16.3	9.1	15.7	12.6
	8	16.1	16.4	16.5	9.1	15.4	12.9
	9	17.2	17.0	17.5	9.8	15.8	12.4
	10	17.0	17.7	17.4	9.4	16.3	12.4
	11	18.0	17.6	18.4	9.7	16.5	11.5
	12	20.2	21.3	20.7	9.7	18.0	12.0
1992	1	22.0	23.0	22.5	10.0	18.9	12.4
	2	22.8	23.3	23.3	10.1	19.1	12.4
	3	23.0	24.6	23.5	10.7	19.7	13.4
	4	23.2	23.2	23.7	10.6	19.7	13.7
	5	21.7	21.6	22.1	10.9	18.8	12.7
	6	18.4	18.2	18.8	9.8	17.5	12.6
	7	14.9	15.0	15.3	8.6	15.2	11.8
	8	16.0	17.0	16.3	9.0	16.0	11.7
	9	16.3	17.1	16.6	9.9	16.5	11.4
	10	16.5	17.8	16.9	9.4	16.5	11.2
	11	17.8	18.3	18.2	9.1	16.4	10.6
	12	17.9	18.7	18.3	9.2	16.9	10.6

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)							
AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1993	1	21.0	21.3	21.5	9.5	17.6	11.3
	2	22.3	22.73	22.8	9.6	18.5	11.8
	3	22.0	22.27	22.5	9.4	18.4	12.0
	4	21.8	21.26	22.3	10.2	18.8	13.2
	5	20.8	20.23	21.2	9.5	18.1	12.3
	6	19.1	19.8	19.6	9.3	16.5	11.4
	7	17.8	18.2	18.4	9.3	15.8	10.9
	8	16.8	17.4	17.6	9.1	15.8	11.1
	9	16.7	17.6	17.8	9.3	16.8	11.7
	10	17.7	18.0	18.3	9.7	17.0	11.9
	11	17.8	18.1	18.2	8.7	16.1	11.3
	12	19.1	19.05	19.5	9.7	17.2	12.5
1994	1	21.1	20.82	21.5	9.5	17.5	13.2
	2	21.7	22.00	22.2	9.7	18.1	13.3
	3	21.3	20.99	21.7	9.8	18.3	13.1
	4	20.9	20.16	21.3	10.1	18.1	13.0
	5	19.1	18.12	19.5	10.2	17.8	12.2
	6	16.0	16.31	16.3	9.2	16.3	12.5
	7	15.4	15.10	15.7	8.5	14.8	12.3
	8	15.6	15.62	15.9	8.4	15.4	11.6
	9	16.8	16.60	17.2	9.2	16.2	12.4
	10	17.2	16.18	17.6	8.7	16.1	11.3
	11	17.7	17.61	18.1	9.0	16.3	11.4
	12	20.4	21.1	20.8	9.5	17.4	11.7
1995	1	21.5	23.1	21.9	9.1	17.7	12.4
	2	21.6	22.9	22.1	8.9	17.9	12.1
	3	20.9	22.1	21.3	9.3	18.6	12.1
	4	20.0	20.0	20.5	9.5	18.1	12.1
	5	18.7	18.7	19.1	9.5	17.9	12.1
	6	16.9	17.5	17.2	8.8	17.1	12.0
	7	15.8	17.0	16.2	8.7	15.9	12.0
	8	15.1	16.6	15.5	8.4	15.3	12.0
	9	15.6	16.9	16.0	8.6	15.7	12.5
	10	16.4	17.6	16.8	8.8	16.8	11.1
	11	17.7	18.8	18.1	8.9	16.9	11.9
	12	17.8	18.5	18.2	8.5	17.0	11.1

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)							
AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1996	1	20.5	20.9	21.0	8.3	17.4	11.2
	2	21.8	22.2	22.3	8.8	18.0	12.2
	3	21.8	22.2	22.2	8.7	18.6	13.1
	4	19.3	19.4	19.7	9.1	18.2	11.9
	5	13.9	17.7	18.0	8.7	17.4	12.0
	6	14.6	16.6	16.1	8.4	16.3	11.9
	7	14.1	15.4	14.4	7.7	15.9	12.6
	8	14.5	16.1	14.9	7.7	15.8	12.4
	9	14.7	16.3	15.0	8.0	16.5	12.0
	10	16.2	17.2	16.6	7.6	16.1	11.3
	11	16.3	17.3	16.7	6.8	16.2	10.2
	12	18.2	18.7	18.6	7.9	16.6	10.6
1997	1	19.7	20.3	20.2	7.2	17.4	10.4
	2	21.6	22.2	22.1	8.8	18.3	12.3
	3	21.6	22.9	22.3	9.7	19.0	12.2
	4	21.6	22.1	22.0	10.0	18.8	13.1
	5	22.2	22.6	21.8	10.2	19.2	13.2
	6	21.6	22.2	21.0	8.8	18.3	11.5
	7	21.0	21.1	20.3	9.1	17.0	13.5
	8	21.3	21.4	20.7	8.5	17.2	13.9
	9	21.9	22.4	21.4	9.5	17.8	13.3
	10	20.2	21.0	20.7	10.1	17.7	12.7
	11	22.4	22.8	22.2	10.0	18.6	11.7
	12	22.7	24.6	23.2	10.6	19.9	13.1
1998	1	23.2	24.8	23.7	10.8	20.4	13.8
	2	23.5	25.3	24.0	11.1	20.7	14.4
	3	23.7	24.8	23.8	11.0	20.3	14.7
	4	22.7	24.2	23.1	10.9	20.3	13.7
	5	20.9	22.6	21.6	10.1	18.7	13.5
	6	18.2	19.9	19.1	9.3	17.9	12.9
	7	16.6	18.3	17.5	8.6	16.9	12.7
	8	15.2	16.9	15.6	8.9	16.8	12.3
	9	16.1	17.5	16.1	8.5	16.3	11.5
	10	16.7	18.1	17.0	8.7	16.8	11.8
	11	16.4	17.8	16.9	8.2	17.0	11.2
	12	17.2	18.1	17.6	7.0	16.4	10.8

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)							
AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
1999	1	18.6	20.4	20.3	7.5	17.3	11.5
	2	21.5	23.1	21.5	8.1	17.9	12.6
	3	20.8	22.2	21.9	7.9	17.8	14.0
	4	20.0	20.7	20.4	8.3	18.5	13.7
	5	17.7	18.1	17.8	8.0	17.9	13.0
	6	16.3	17.5	16.2	7.4	16.9	12.3
	7	15.2	16.6	15.5	4.5	15.2	11.7
	8	15.6	16.8	15.6	7.5	14.7	12.4
	9	15.4	16.7	14.9	8.7	16.7	11.6
	10	15.6	17.3	15.9	8.8	16.3	11.1
	11	16.5	17.8	16.7	8.9	16.3	11.0
	12	18.4	19.5	18.6	9.5	17.0	11.6
2000	1	20.2	20.9	20.5	8.4	17.1	10.9
	2	21.3	22.5	21.3	9.3	17.9	12.2
	3	20.8	22.3	21.6	9.8	17.7	12.2
	4	20.4	21.5	21.6	10.1	18.4	12.7
	5	18.3	19.4	19.0	10.0	18.1	12.4
	6	17.3	18.4	17.2	9.3	16.3	12.3
	7	16.3	17.2	16.4	8.2	15.5	11.3
	8	15.9	17.7	16.8	8.6	16.0	11.5
	9	16.0	17.5	17.0	8.9	16.4	11.4
	10	16.0	17.5	16.7	8.6	16.3	10.7
	11	14.8	17.5	16.3	8.1	14.8	9.6
	12	18.9	20.0	20.1	9.4	16.6	12.0
2001	1	21.0	21.6	21.7	9.2	16.6	11.9
	2	21.9	23.3	22.7	9.8	17.8	12.3
	3	21.8	23.1	22.5	9.9	18.2	12.6
	4	20.7	21.7	21.2	10.1	18.5	12.9
	5	17.9	18.8	18.7	10.1	18.0	12.6
	6	16.6	17.5	17.7	9.1	16.2	11.8
	7	16.4	17.8	17.6	9.6	15.9	12.0
	8	15.1	17.0	16.5	9.9	15.3	13.0
	9	14.7	16.6	16.6	9.7	16.5	11.4
	10	14.8	16.9	16.7	10.1	16.9	12.3
	11	15.7	17.6	18.4	10.2	17.0	11.8
	12	17.5	19.6	20.4	10.7	17.4	12.5

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)							
AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2002	1	18.3	20.4	20.8	10.1	17.7	12.4
	2	21.7	23.6	23.7	10.8	18.5	13.2
	3	22.3	24.4	23.0	10.8	18.8	13.5
	4	21.0	22.7	21.9	10.5	18.6	12.9
	5	18.2	20.0	19.9	10.8	17.7	12.7
	6	15.3	17.2	17.2	10.3	15.9	12.6
	7	15.7	17.3	16.6	10.2	15.5	12.8
	8	15.2	17.7	16.1	10.0	15.4	13.0
	9	14.8	16.8	15.6	10.3	16.6	12.2
	10	17.3	18.9	18.0	10.4	16.8	12.4
	11	17.7	19.3	19.3	10.6	17.1	12.6
	12	19.9	21.2	21.2	11.1	17.9	12.9
2003	1	21.5	22.6	22.4	10.8	17.8	12.9
	2	21.8	23.5	22.9	11.1	18.5	13.3
	3	20.3	22.6	22.2	10.6	18.1	12.6
	4	19.0	20.5	20.6	10.9	17.7	13.4
	5	17.7	19.0	18.6	10.7	17.5	13.1
	6	15.5	17.6	17.5	10.1	16.7	12.3
	7	14.4	16.7	16.2	9.4	15.6	12.6
	8	14.8	16.8	16.0	9.7	15.6	12.7
	9	16.1	17.2	17.2	10.4	16.0	12.6
	10	16.5	17.6	17.5	10.5	16.7	11.7
	11	18.0	18.7	19.0	10.5	16.6	11.9
	12	19.2	20.4	21.0	10.3	17.0	11.4
2004	1	20.1	21.5	21.6	9.4	17.8	11.2
	2	22.0	23.7	23.5	10.8	18.6	12.7
	3	22.4	23.1	23.6	11.2	18.7	13.1
	4	20.1	21.2	21.4	10.9	18.6	12.8
	5	17.4	18.3	18.9	11.0	18.0	12.9
	6	15.6	17.0	16.2	10.4	16.1	12.9
	7	16.3	17.5	16.7	10.0	17.0	12.4
	8	14.2	16.2	15.7	9.9	16.0	12.5
	9	16.0	17.4	17.2	10.1	16.1	12.1
	10	17.1	18.4	18.3	10.5	17.2	11.7
	11	18.6	18.8	18.7	10.4	16.8	12.1
	12	19.5	20.1	20.3	10.3	17.9	12.1

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)							
AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2005	1	21.2	21.8	23.3	9.8	17.9	11.4
	2	22.5	23.3	23.1	11.2	17.8	12.7
	3	21.8	22.4	21.9	11.2	18.4	13.6
	4	21.2	21.1	21.4	11.2	18.1	14.0
	5	18.1	18.9	18.6	10.7	17.8	12.7
	6	16.9	17.9	17.4	10.7	17.1	13.1
	7	15.4	17.0	16.2	10.1	15.7	13.1
	8	15.5	17.2	16.5	10.4	16.3	13.3
	9	14.5	16.7	15.3	10.3	16.4	13.3
	10	16.5	17.1	16.6	10.6	16.8	12.2
	11	16.7	17.0	16.9	9.3	16.5	11.7
	12	18.9	19.4	19.7	9.8	17.2	11.5
2006	1	21.3	22.0	22.1	10.3	18.2	12.2
	2	22.6	23.9	22.9	11.1	18.9	13.5
	3	22.1	23.1	22.6	11.0	18.3	13.2
	4	19.6	20.5	20.4	10.6	18.3	13.1
	5	17.4	18.4	18.5	10.3	17.5	12.8
	6	17.6	18.4	18.2	10.2	16.4	13.2
	7	18.0	18.3	18.2	10.0	15.7	13.7
	8	17.2	18.2	17.6	10.5	16.5	14.3
	9	16.6	17.7	17.3	10.5	17.0	13.3
	10	17.8	18.4	18.1	10.2	16.8	12.1
	11	18.8	19.5	19.4	10.4	17.0	12.2
	12	19.4	20.5	20.5	11.0	17.7	12.6
2007	1	22.6	23.6	22.6	11.6	18.0	13.1
	2	22.5	23.6	23.2	10.3	18.1	12.3
	3	22.5	23.2	22.8	10.9	18.1	12.8
	4	20.8	21.1	21.4	11.2	18.0	13.3
	5	17.6	18.2	18.5	10.9	17.6	12.5
	6	15.2	16.4	16.2	10.1	16.6	12.6
	7	15.8	16.7	16.5	9.9	17.0	12.4
	8	15.2	16.3	16.0	10.0	15.6	12.6
	9	14.4	16.1	15.6	10.1	16.4	13.0
	10	15.5	16.3	16.4	10.0	17.0	12.0
	11	17.4	17.6	17.9	10.5	17.4	12.3
	12	18.5	19.0	19.3	9.4	16.6	11.1

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)							
AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2008	1	21.9	22.4	22.2	10.3	17.8	11.6
	2	21.9	23.0	21.9	10.1	18.0	11.7
	3	22.3	23.3	22.3	10.1	18.3	11.9
	4	20.5	21.3	21.0	10.5	18.1	12.3
	5	18.5	19.3	18.9	10.4	18.3	11.7
	6	18.2	19.1	18.2	10.1	16.8	11.8
	7	17.6	18.4	18.0	9.7	16.3	12.0
	8	17.7	18.7	17.7	9.8	16.9	11.9
	9	16.8	18.4	17.2	10.2	16.8	12.3
	10	17.0	18.0	17.3	10.2	17.2	11.8
	11	16.9	18.1	17.6	9.9	16.9	12.0
	12	17.4	19.2	18.4	9.2	17.2	10.5
2009	1	21.3	22.4	21.4	10.3	18.0	12.1
	2	22.2	23.3	22.4	10.8	18.3	12.5
	3	21.6	23.1	22.2	10.5	18.4	12.6
	4	20.1	19.4	20.9	10.7	18.3	12.3
	5	18.5	19.9	18.9	10.6	18.0	12.6
	6	17.7	19.0	17.8	10.2	17.5	12.6
	7	17.3	18.6	17.1	10.1	16.9	12.9
	8	16.9	17.9	16.9	10.2	16.6	12.9
	9	17.1	17.1	16.8	10.7	17.0	13.1
	10	17.3	18.3	17.3	10.7	17.7	12.9
	11	18.2	19.2	18.7	10.6	17.4	12.0
	12	20.6	21.4	20.6	10.8	18.1	12.5
2010	1	22.5	23.4	22.7	11.1	18.8	12.8
	2	22.3	23.9	22.9	12.1	19.5	13.8
	3	22.2	23.4	22.6	11.8	19.7	14.1
	4	20.9	21.9	21.3	11.7	19.3	14.2
	5	19.0	19.6	19.4	11.3	14.1	14.0
	6	17.0	18.1	17.4	10.8	13.4	12.8
	7	15.2	16.6	15.6	10.3	15.4	12.2
	8	14.5	16.4	15.3	9.8	16.5	13.1
	9	14.9	16.2	15.5	10.1	15.9	11.9
	10	15.0	16.3	15.9	9.7	15.2	11.1
	11	15.3	16.3	16.3	9.0	15.1	10.4
	12	17.9	18.9	19.1	9.5	15.7	10.5

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)

AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2011	1	19.6	20.6	20.8	9.8	17.7	11.2
	2	20.9	22.2	21.9	9.9	18.1	11.4
	3	19.7	21.0	21.3	9.4	17.9	11.3
	4	21.1	21.3	21.3	10.7	18.8	13.2
	5	19.4	20.3	19.8	10.2	17.7	12.7
	6	19.0	19.8	19.2	10.4	17.5	12.2
	7	17.0	18.1	17.0	9.9	16.8	12.3
	8	16.4	17.6	16.9	9.9	16.4	13.1
	9	16.2	17.2	16.5	10.3	17.4	13.1
	10	16.1	16.7	16.8	9.4	16.4	11.2
	11	17.6	18.6	18.3	9.6	16.6	11.9
	12	19.8	20.5	20.6	10.3	17.5	12.2
2012	1	21.8	22.6	22.0	10.5	18.0	12.4
	2	22.0	23.1	22.0	10.1	18.4	11.9
	3	21.5	23.1	22.1	10.5	18.7	12.9
	4	21.4	22.6	21.5	10.3	18.9	13.0
	5	19.8	20.8	19.8	10.3	18.5	12.7
	6	20.0	20.8	19.3	10.1	17.8	12.9
	7	17.8	18.8	17.8	10.0	16.1	13.7
	8	16.5	17.6	16.9	9.9	15.7	13.2
	9	17.1	18.5	17.0	10.2	15.9	12.7
	10	17.2	18.1	17.2	10.4	17.1	13.0
	11	18.5	19.3	18.8	10.6	17.6	12.4
	12	19.0	19.8	19.4	9.8	17.5	11.9
2013	1	21.0	22.5	21.3	11.1	18.4	12.5
	2	21.7	23.0	22.7	10.5	18.3	12.1
	3	22.0	22.7	22.3	11.3	19.3	13.0
	4	19.2	19.7	19.8	10.7	18.7	12.8
	5	18.7	19.3	18.5	10.8	18.3	12.7
	6	16.6	17.4	16.6	10.4	16.8	12.8
	7	15.0	16.2	15.6	9.7	15.9	12.2
	8	15.4	16.6	15.3	10.0	16.3	12.4
	9	15.5	16.8	15.5	10.0	16.0	12.1
	10	16.7	17.1	17.0	10.4	17.3	12.6
	11	16.4	17.3	16.8	9.4	17.0	11.8
	12	19.4	20.2	20.1	10.4	17.1	11.7

Fuente: https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)							
AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2014	1	21.7	22.5	21.6	10.2	18.65	13.3
	2	22.0	22.9	21.7	10.6	18.49	12.39
	3	22.2	23.0	21.8	10.5	18.70	12.57
	4	20.9	21.5	21.0	10.2	18.44	13.19
	5	21.1	21.9	21.6	10.6	18.9	13.20
	6	19.8	20.2	20.2	10.2	17.4	12.3
	7	17.4	17.8	18.1	9.6	16.8	11.8
	8	17.0	17.3	17.7	9.2	16.4	11.7
	9	16.7	17.2	17.7	9.2	16.5	12.5
	10	17.9	18.0	18.4	9.7	16.9	12.7
	11	18.0	18.6	18.7	9.6	16.9	12.4
	12	19.1	19.9	19.6	9.9	17.4	12.5
2015	1	21.2	21.9	21.0	10.4	18.1	12.9
	2	22.5	23.8	22.3	10.5	18.7	12.2
	3	22.8	24.5	22.6	10.8	19.2	13.0
	4	21.7	22.5	21.9	10.4	19.0	13.1
	5	21.3	22.5	21.9	10.8	19.2	12.9
	6	19.5	21.4	20.0	10.4	17.9	13.7
	7	18.4	20.0	19.4	10.1	17.7	5.8
	8	17.7	19.3	18.7	9.6	17.0	13.6
	9	18.0	19.8	19.3	10.1	17.8	13.6
	10	19.3	20.3	20.0	10.4	18.2	12.8
	11	19.2	20.7	20.0	10.2	18.0	12.8
	12	21.3	22.5	21.8	10.8	19.1	13.8
2016	1	22.7	24.0	22.7	11.0	19.4	14.1
	2	23.5	24.9	23.4	11.4	20.1	14.8
	3	23.4	24.7	23.2	11.3	20.0	14.5
	4	22.1	22.9	22.2	10.8	19.5	13.8
	5	19.7	20.3	20.4	10.9	18.9	12.9
	6	18.0	17.9	18.6	10.1	17.4	12.1
	7	17.3	18.3	18.2	9.4	16.9	11.7
	8	16.7	18.1	17.7	9.6	16.7	12.1
	9	17.3	18.6	18.5	9.8	17.4	12.1
	10	17.7	18.9	18.3	9.6	17.0	11.9
	11	17.0	18.2	17.8	9.0	16.1	11.0
	12	19.8	20.7	20.1	10.0	17.7	13.0

Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)							
AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2017	1	22.4	23.5	23.0	10.6	18.4	12.3
	2	23.2	24.3	22.8	10.3	18.7	12.9
	3	23.2	24.4	22.9	10.8	18.9	13.3
	4	21.9	22.8	21.9	11.3	19.1	13.5
	5	20.3	21.5	20.3	11.2	18.8	13.5
	6	23.2	20.5	19.1	11.5	18.4	13.3
	7	17.1	18.8	17.1	9.8	17.8	12.3
	8	16.1	17.7	15.9	10.2	17.9	13.0
	9	15.7	17.5	16.0	10.7	18.0	13.6
	10	16.1	17.6	16.4	10.8	18.2	13.1
	11	16.5	17.7	16.7	10.1	17.6	12.3
	12	18.8	20.3	19.3	10.6	18.0	12.5
2018	1	20.1	21.8	21.3	9.9	18.1	12.5
	2	21.7	23.7	22.5	10.3	18.1	12.0
	3	20.8	22.5	21.8	10.9	18.9	12.5
	4	19.9	21.6	20.6	10.5	18.7	12.7
	5	18.3	19.6	18.8	10.8	18.6	13.2
	6	16.8	18.3	17.0	9.9	16.3	12.7
	7	16.5	18.0	16.7	9.7	16.8	13.0
	8	16.8	18.2	16.6	10.0	16.6	13.2
	9	16.5	17.8	16.6	10.2	17.2	12.7
	10	17.5	18.7	17.7	10.3	17.3	12.8
	11	19.2	20.0	19.4	11.0	17.8	12.9
	12	19.9	21.2	20.8	10.5	18.1	12.2
2019	1	22.3	21.8	23.0	10.9	19.1	12.9
	2	22.7	23.7	23.4	11.5	19.6	13.2
	3	21.7	22.5	22.6	11.4	19.6	13.2
	4	20.2	21.6	21.1	11.2	19.3	13.3
	5	19.4	19.6	19.8	11.1	18.7	12.9
	6	17.0	18.3	17.4	10.7	17.4	13.4
	7	15.4	18.0	16.1	10.0	16.7	13.2
	8	14.8	18.2	15.1	10.0	15.7	13.5
	9	15.6	17.8	15.7	10.4	16.7	13.5
	10	16.4	18.7	16.6	10.5	17.1	12.7
	11	18.4	20.0	18.4	10.6	17.6	13.1
	12	19.9	21.2	20.5	11.0	18.2	13.2

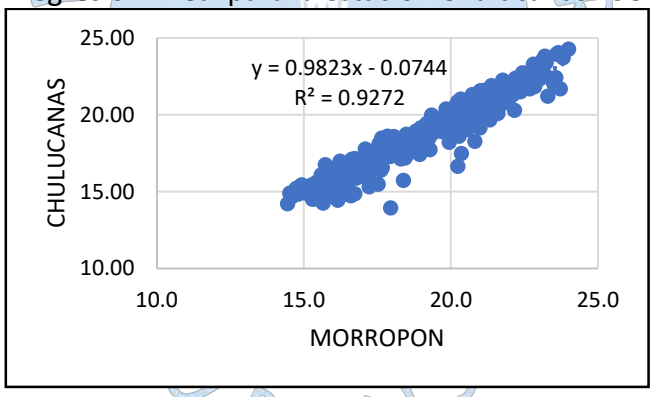
Cont. Apéndice A.39. Datos de temperatura mínima en las estaciones meteorológicas 1981-2020 (Cº)							
AÑO	MES	CHUL	MIRAFLORES	MORROPON	AYABACA	SAUSAL DE CULUCAN	HUARMACA
2020	1	21.3	23.2	21.9	10.8	18.9	12.8
	2	22.4	24.1	23.1	11.4	19.2	13.5
	3	22.7	24.7	23.6	11.5	19.5	13.3
	4	20.5	21.8	20.8	11.2	19.4	13.2
	5	19.1	20.4	19.4	11.1	19.3	12.9
	6	16.8	18.3	17.2	10.4	17.6	12.7
	7	15.7	17.2	15.9	10.3	17.9	13.1
	8	14.1	16.6	15.4	9.8	17.6	12.6
	9	15.1	17.1	16.1	10.1	17.3	13.5
	10	16.3	18.1	17.3	10.2	17.7	12.8
	11	16.4	17.7	17.3	10.0	17.8	11.8
	12	19.7	20.4	20.4	10.6	18.0	12.4

Fuente: https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos

a) Regresión lineal 1981-2013 (Temperatura mínima)

Chulucanas

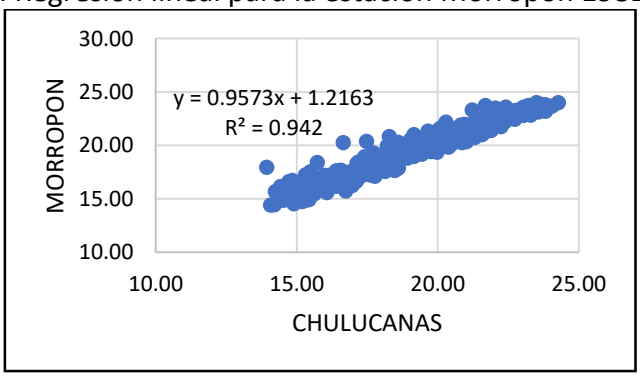
Apéndice A.40. Regresión lineal para la estación Chulucanas 1981-2013 (T° min)



Fuente: Elaboración propia

Morropón

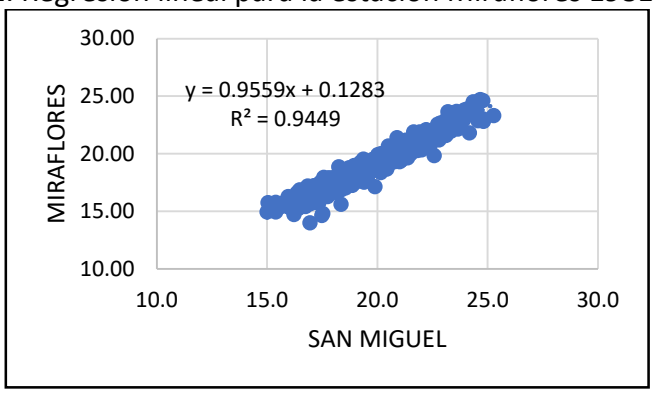
Apéndice A.41. Regresión lineal para la estación Morropon 1981-2013 (T° min)



Fuente: Elaboración propia

Miraflores

Apéndice A.42. Regresión lineal para la estación Miraflores 1981-2013 (T° min)

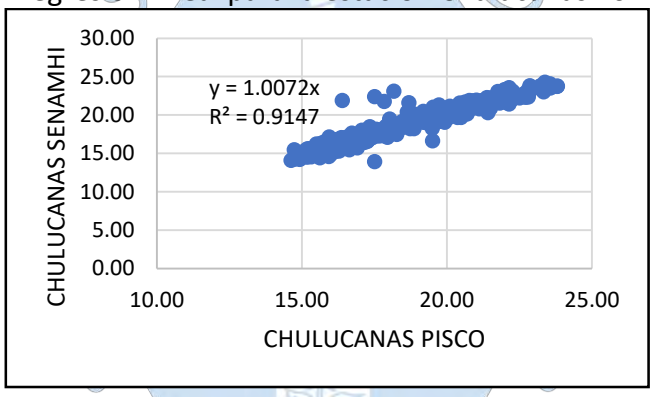


Fuente: Elaboración propia

b) Regresión lineal 2014-2016 (Tº mínima) con el apoyo del Producto PISCO

Chulucanas

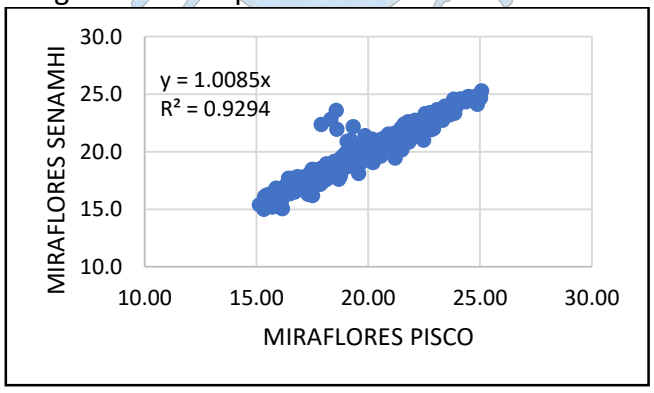
Apéndice A.43. Regresión lineal para la estación Chulucanas 2014-2016 (T° min)



Fuente: Elaboración propia

Miraflores

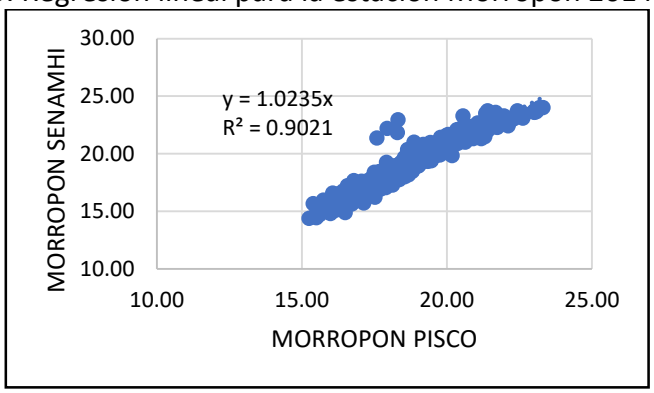
Apéndice A.44. Regresión lineal para la estación Miraflores 2014-2016 (T° min)



Fuente: Elaboración propia

Morropón

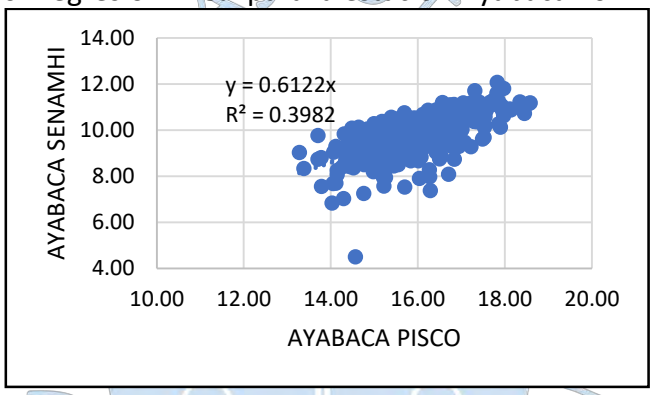
Apéndice A.45. Regresión lineal para la estación Morropón 2014-2016 (T° min)



Fuente: Elaboración propia

Ayabaca

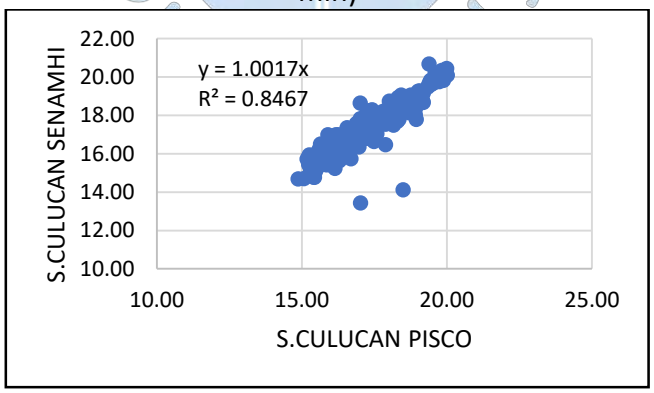
Apéndice A.46. Regresión lineal para la estación Ayabaca 2014-2016 (T° min)



Fuente: Elaboración propia

Sausal de Culucan

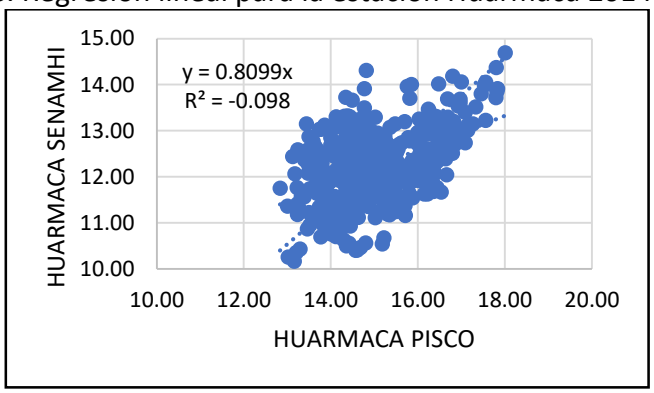
Apéndice A.47. Regresión lineal para la estación Sausal de Culucan 2014-2016 (T° min)



Fuente: Elaboración propia

Huarmaca

Apéndice A.48. Regresión lineal para la estación Huarmaca 2014-2016 (T° min)

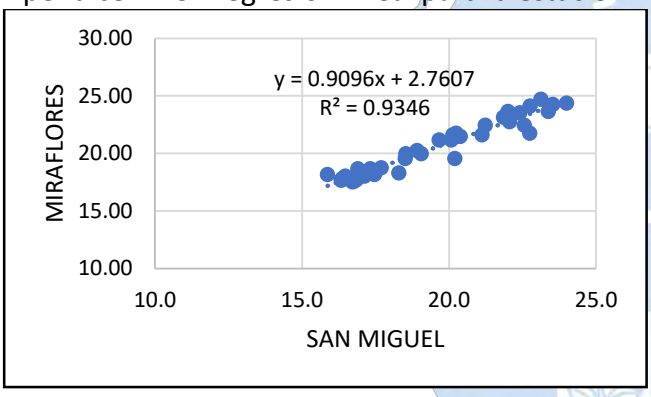


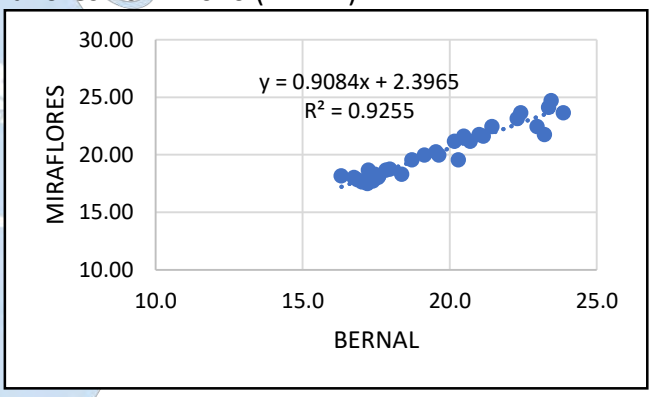
Fuente: elaboración propia

c) Regresión lineal 2017-2020 (Temperatura mínima)

Miraflores

Apéndice A.49. Regresión lineal para la estación Miraflores 2017-2020 (T° min)

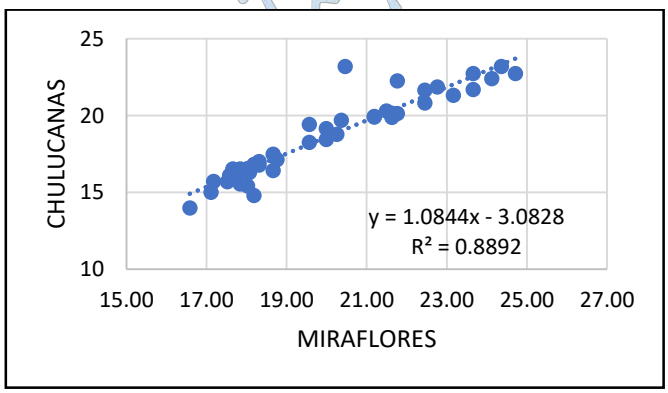




Fuente: Elaboración propia

Chulucanas

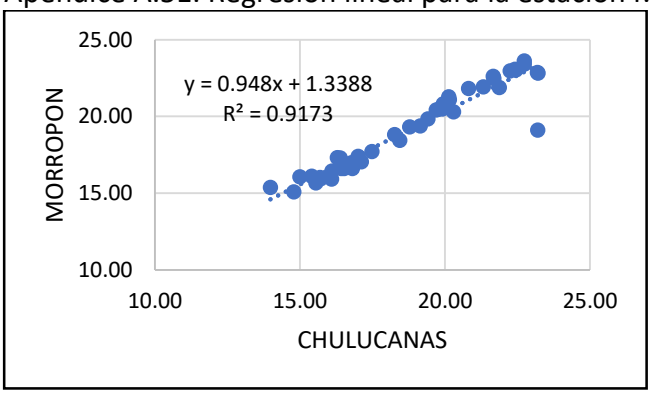
Apéndice A.50. Regresión lineal para la estación Chulucanas 2017-2020 (T° min)

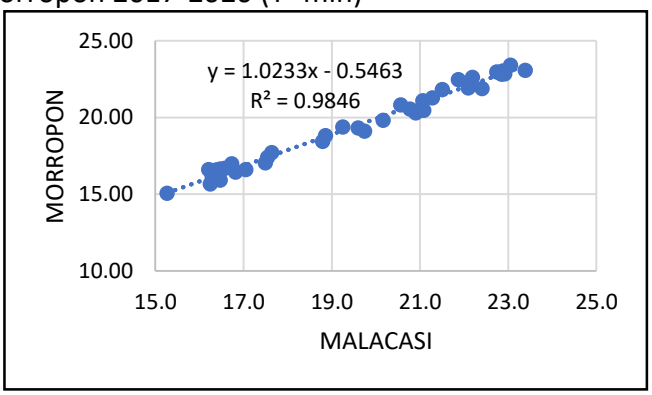


Fuente: Elaboración propia

Morropón

Apéndice A.51. Regresión lineal para la estación Morropón 2017-2020 (T° min)

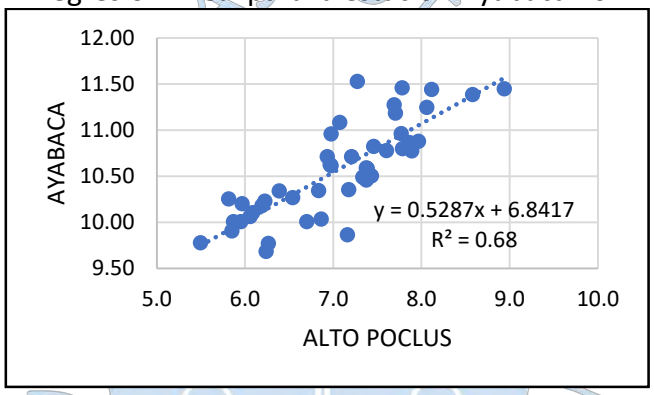




Fuente: Elaboración propia

Ayabaca

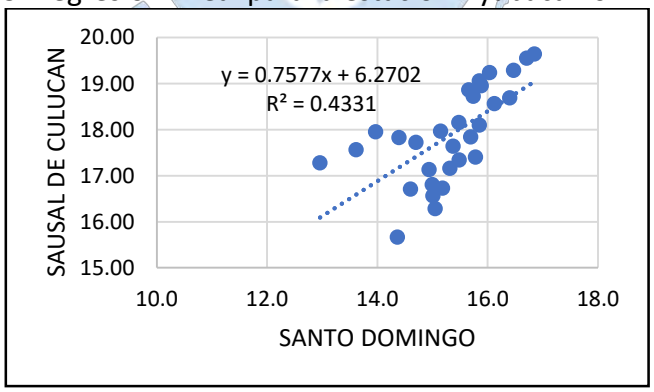
Apéndice A.52. Regresión lineal para la estación Ayabaca 2017-2020 (T° min)



Fuente: Elaboración propia

Sausal de Culucan

Apéndice A.53. Regresión lineal para la estación Ayabaca 2017-2020 (T° min)

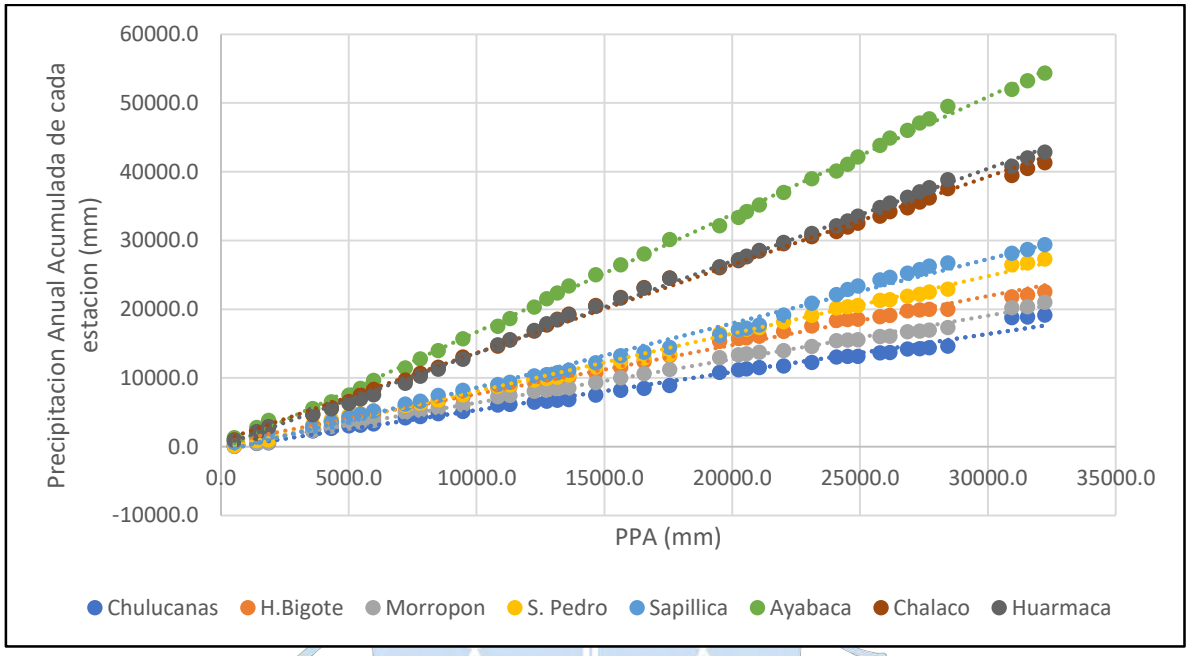


Fuente: Elaboración propia

Apéndice B. Consistencia de datos

Análisis de consistencia

Apéndice B.1. Tendencia de la precipitación anual acumulada de cada estación respecto al PPA



Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.2. Análisis de consistencia de las ocho estaciones para la zonificación

PRECIPITACION ANUAL									PRECIPITACION ANUAL ACUMULADA								
AÑO	Chul.	H.Big.	Morr.	S. Pedr.	Sapill.	Ayab.	Chal.	Huar.	PP	PPA	Chul.	H.Big.	Morr.	S. Pedr.	Sapill.	Ayab.	Chal.	Huar.
1981	268	467.5	622.6	590.6	695.2	1095.7	854.7	837.3	679	32231.7	19140.2	22559.7	20990.7	27310.2	29384.8	54329.4	41307.6	42831.4
1982	118.6	298.1	135.8	281.1	578.3	1261.2	1007.1	1187.2	608.4	31552.8	18872.1	22092.2	20368.1	26719.6	28689.5	53233.7	40452.9	41994.1
1983	4137.9	1815.3	2891.1	3540.8	1366.8	2462.2	1907.2	1969.4	2511.3	30944.3	18753.5	21794	20232.3	26438.5	28111.2	51972.5	39445.8	40806.9
1984	231.7	9.9	371.8	402.8	488.5	1807.1	1330.2	1168.5	726.3	28433	14615.6	19978.7	17341.2	22897.7	26744.4	49510.2	37538.6	38837.5
1985	116.7	97.7	130	317.3	483.1	599.1	612.9	597.5	369.3	27706.7	14383.9	19968.8	16969.4	22494.9	26255.9	47703.1	36208.4	37668.9
1986	59	125.6	97.8	265.9	532.5	1079.9	842.8	811.9	476.9	27337.4	14267.2	19871.1	16839.4	22177.6	25772.8	47104	35595.5	37071.4
1987	526.6	659.9	681.8	519.2	582.5	1111.4	587.3	816	685.6	26860.5	14208.2	19745.5	16741.6	21911.7	25240.4	46024.1	34752.7	36259.5
1988	36.4	171.1	52.1	119.3	382.3	1109.3	643.6	656.1	396.3	26174.9	13681.6	19085.7	16059.8	21392.5	24657.8	44912.7	34165.4	35443.5
1989	482.2	358.4	461.8	718	883.9	1639.8	1024	1252	852.5	25778.6	13645.2	18914.6	16007.7	21273.2	24275.5	43803.4	33521.8	34787.4
1990	41.3	60.3	39.6	187.4	515.8	1087.2	564.4	712.1	401	24926.1	13163	18556.2	15545.9	20555.2	23391.6	42163.6	32497.8	33535.4
1991	65.7	119.6	80.2	209.8	766.9	977.8	630.1	665.8	439.5	24525.1	13121.7	18495.9	15506.2	20367.8	22875.8	41076.3	31933.4	32823.3
1992	803.4	809.3	856.3	1044.4	1253.1	1127.5	749.3	1118.6	970.2	24085.6	13056.1	18376.3	15426	20158	22108.9	40098.5	31303.3	32157.5
1993	492.4	786.1	569.7	952.9	1704.3	1993.2	1032.7	1311.2	1105.3	23115.4	12252.7	17567	14569.8	19113.7	20855.8	38971	30554	31038.9
1994	235.3	701.7	259.1	825.5	1456.1	1831.6	1052.5	1174.3	942	22010.1	11760.3	16780.9	14000.1	18160.8	19151.5	36977.8	29521.3	29727.7
1995	196.4	247.1	218.8	250.3	462.4	959.8	824.5	855.2	501.8	21068	11525	16079.2	13741	17335.3	17695.4	35146.2	28468.8	28553.4
1996	121.8	77.6	134	98.2	218.8	816.7	566.8	493.7	315.9	20566.2	11328.6	15832.1	13522.2	17085	17233	34186.4	27644.3	27698.2
1997	412.6	407.5	423.6	560.5	811.4	1223	1036.8	1011.7	735.9	20250.3	11206.8	15754.5	13388.2	16986.8	17014.2	33369.7	27077.5	27204.5
1998	1889.3	2107.4	1724.5	2996.4	1778.6	1990	1499.9	1672.6	1957.3	19514.4	10794.2	15347	12964.6	16426.3	16202.9	32146.7	26040.7	26192.8
1999	431.2	845.1	612.5	522.3	677.5	2103	1399.3	1444.9	1004.5	17557.1	8904.9	13239.6	11240	13429.9	14424.3	30156.7	24540.8	24520.2

Cont. Anexo B.2. Análisis de consistencia de las ocho estaciones para la zonificación

PRECIPITACION ANUAL										PRECIPITACION ANUAL ACUMULADA								
AÑO	Chul.	H.Big.	Morr.	S. Pedr.	Sapill.	Ayab.	Chal.	Huar.	PP	PPA	Chul.	H.Big.	Morr.	S. Pedr.	Sapill.	Ayab.	Chal.	Huar.
2000	287.9	825.6	594.4	491	514.4	1599	1452	1469	904.2	16553	8473.7	12394	10628	12908	13747	28054	23142	23075
2001	676.6	793	717	808.8	1040	1453	1153	1219	982.3	15648	8185.7	11569	10033	12417	13232	26454	21690	21606
2002	639.4	679.3	773.3	1176	1050	1604	1265	1244	1054	14666	7509.2	10776	9316.1	11608	12193	25002	20537	20387
2003	120.6	212.9	141.9	306.5	365.8	1043	708.9	679.7	447.4	13612	6869.8	10097	8542.8	10432	11142	23398	19272	19143
2004	141.8	205.1	208	199.9	277.5	831.6	877.8	581.7	415.4	13165	6749.2	9883.7	8400.9	10125	10776	22354	18563	18463
2005	104.2	249.1	143.7	224.3	200.4	1200	862.9	945.8	491.3	12749	6607.4	9678.6	8192.9	9925.4	10499	21523	17686	17882
2006	354.4	681.8	600.1	682.8	933.2	1664	1291	1368	946.8	12258	6503.3	9429.6	8049.2	9701.1	10299	20322	16823	16936
2007	82.24	181.5	188.8	224.5	332.9	1144	897	767	477.2	11311	6148.9	8747.8	7449.1	9018.3	9365.4	18659	15532	15568
2008	913.3	1321	1181	1260.6	833.2	1793	1568	2075	1368	10834	6066.6	8566.3	7260.3	8793.8	9032.5	17515	14635	14801
2009	361.7	615.8	454.7	788.1	745.3	1739	1507	1426	954.7	9465.6	5153.3	7245	6079.1	7533.2	8199.3	15721	13067	12726
2010	417.3	511	371.4	426.8	822.9	1214	895.3	1036	711.8	8510.9	4791.7	6629.2	5624.4	6745.1	7454	13982	11560	11300
2011	169.4	263.7	243.3	300	442.8	1283	946.1	1035	585.4	7799.1	4374.3	6118.2	5253	6318.3	6631.1	12768	10665	10264
2012	898.6	1156	1194	788.8	1027	1848	1361	1665	1242	7213.6	4204.9	5854.4	5009.7	6018.3	6188.3	11486	9718.6	9229.4
2013	181.5	197.7	222.8	410.7	447.3	1131	834.7	616.4	505.3	5971.4	3306.3	4698.5	3815.6	5229.5	5161.6	9637.9	8357.5	7564.5
2014	63.75	237.8	145	227.54	426	984.6	926.1	639.7	456.3	5466.1	3124.8	4500.9	3592.8	4818.8	4714.3	8506.6	7522.8	6948.1
2015	394.9	563.7	508.4	623.95	686.7	1008	895.6	784.3	683.1	5009.8	3061.1	4263.1	3447.8	4591.2	4288.3	7522	6596.6	6308.4
2016	392.5	637.9	544.2	773.79	662.1	980.8	1020	777	723.6	4326.7	2666.2	3699.4	2939.3	3967.3	3601.6	6514.5	5701	5524.1
2017	1710	1831	1777	2220.1	989.1	1709	1776	1840	1732	3603.1	2273.7	3061.5	2395.1	3193.5	2939.5	5533.7	4680.6	4747
2018	103.2	201.1	90.8	83.5	554.2	1017	947.6	725.3	465.4	1871.5	563.35	1230.4	617.9	973.4	1950.4	3824.4	2904.7	2907
2019	395	887.3	481.4	751.9	782.7	1507	978	1216	874.9	1406.1	460.15	1029.3	527.1	889.9	1396.3	2807.2	1957.1	2181.7
2020	65.2	142	45.7	138	613.6	1300	979.1	966.2	531.2	531.22	65.2	142.02	45.7	138	613.57	1299.9	979.1	966.23

Fuente: Elaboración propia

ENERO

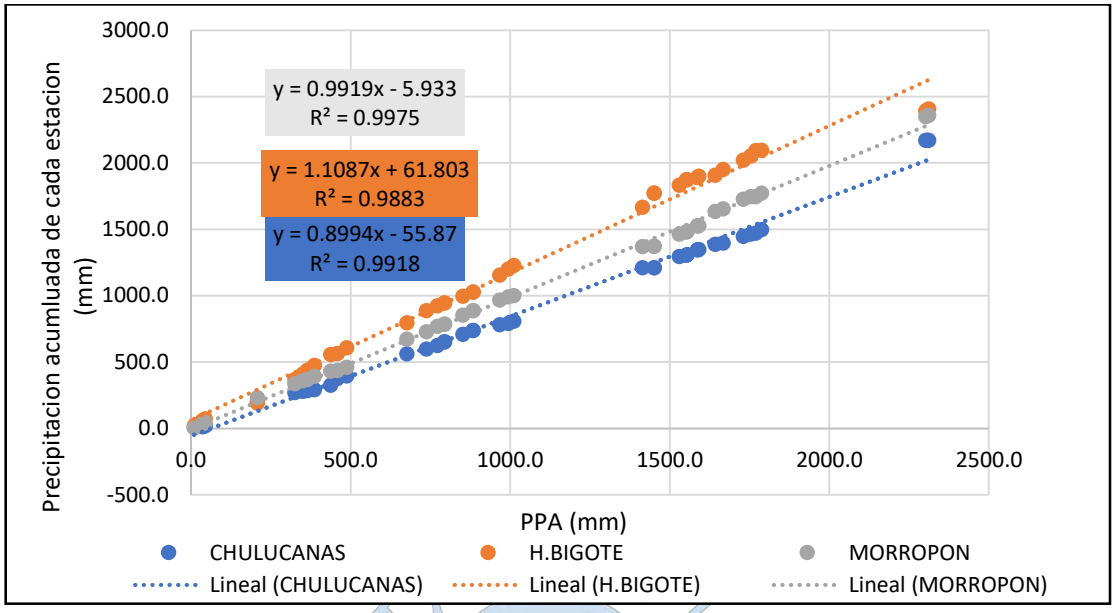
ZONA BAJA

Apéndice B.3. Análisis de consistencia mes de Enero – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORROPON	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.8	9.4	1.9	4.0	2310.8	2169.9	2406.1	2356.4
1982	0.0	6.1	7.9	4.7	2306.7	2169.1	2396.6	2354.5
1983	672.3	296.0	574.8	514.4	2302.1	2169.1	2390.5	2346.6
1984	26.1	3.5	26.9	18.8	1787.7	1496.8	2094.6	1771.8
1985	7.2	41.1	0.0	16.1	1768.9	1470.7	2091.1	1744.9
1986	16.4	31.4	20.4	22.7	1752.8	1463.5	2050.0	1744.9
1987	50.9	67.8	70.5	63.1	1730.1	1447.1	2018.6	1724.5
1988	9.6	45.2	20.4	25.1	1667.0	1396.2	1950.8	1654.0
1989	40.1	6.4	108.2	51.6	1642.0	1386.6	1905.7	1633.6
1990	1.3	9.8	0.0	3.7	1590.4	1346.5	1899.2	1525.4
1991	0.0	0.5	0.0	0.2	1586.7	1345.2	1889.4	1525.4
1992	37.2	16.0	41.4	31.5	1586.5	1345.2	1888.9	1525.4
1993	4.1	0.1	7.0	3.7	1555.0	1308.0	1872.9	1484.0
1994	10.9	40.0	14.1	21.7	1551.2	1303.9	1872.8	1477.0
1995	84.5	60.8	90.5	78.6	1529.6	1293.0	1832.8	1462.9
1996	0.0	0.1	1.6	0.6	1451.0	1208.5	1772.0	1372.4
1997	0.0	107.0	2.7	36.6	1450.4	1208.5	1771.9	1370.8
1998	402.6	438.7	367.1	402.8	1413.8	1208.5	1664.9	1368.1
1999	15.0	25.5	10.0	16.8	1011.0	805.9	1226.2	1001.0
2000	10.4	46.7	26.0	27.7	994.2	790.9	1200.7	991.0
2001	42.8	128.5	77.6	83.0	966.5	780.5	1154.0	965.0
2002	0.0	0.0	0.4	0.1	883.5	737.7	1025.5	887.4
2003	29.3	31.5	33.9	31.6	883.4	737.7	1025.4	887.0
2004	56.5	48.8	67.5	57.6	851.8	708.4	993.9	853.1
2005	1.5	0.4	2.0	1.3	794.2	651.9	945.1	785.6
2006	25.7	22.1	15.9	21.2	792.9	650.4	944.7	783.6
2007	27.3	36.6	39.2	34.4	771.6	624.7	922.6	767.7
2008	36.3	91.9	55.8	61.3	737.3	597.4	885.9	728.5
2009	165.8	186.7	213.0	188.5	676.0	561.1	794.1	672.7
2010	20.4	43.1	23.9	29.1	487.4	395.3	607.4	459.7
2011	49.2	8.9	5.2	21.1	458.3	374.9	564.3	435.8
2012	34.7	81.5	38.7	51.6	437.2	325.7	555.4	430.6
2013	7.4	34.8	22.6	21.6	385.6	291.0	473.9	391.9
2014	4.0	29.0	10.08	14.3	364.0	283.6	439.1	369.3
2015	10.2	41.6	21.31	24.4	349.6	279.6	410.1	359.2
2016	66.2	180.0	106.66	117.6	325.3	269.4	368.6	337.9
2017	183.7	116.3	189.3	163.1	207.6	203.1	188.6	231.2
2018	7.8	13.5	5.7	9.0	44.5	19.4	72.3	41.9
2019	5.8	38.9	32.3	25.7	35.5	11.6	58.8	36.2
2020	5.8	19.9	3.9	9.9	9.9	5.8	19.9	3.9

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.4. Tendencia de la precip. anual acumulada de c/estación vs PPA – Enero – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como se presentaron valores $R^2 > 0.99$ por parte de las estaciones Chulucanas y Morropón, se realizará un nuevo análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) el promedio de las estaciones antes mencionadas.

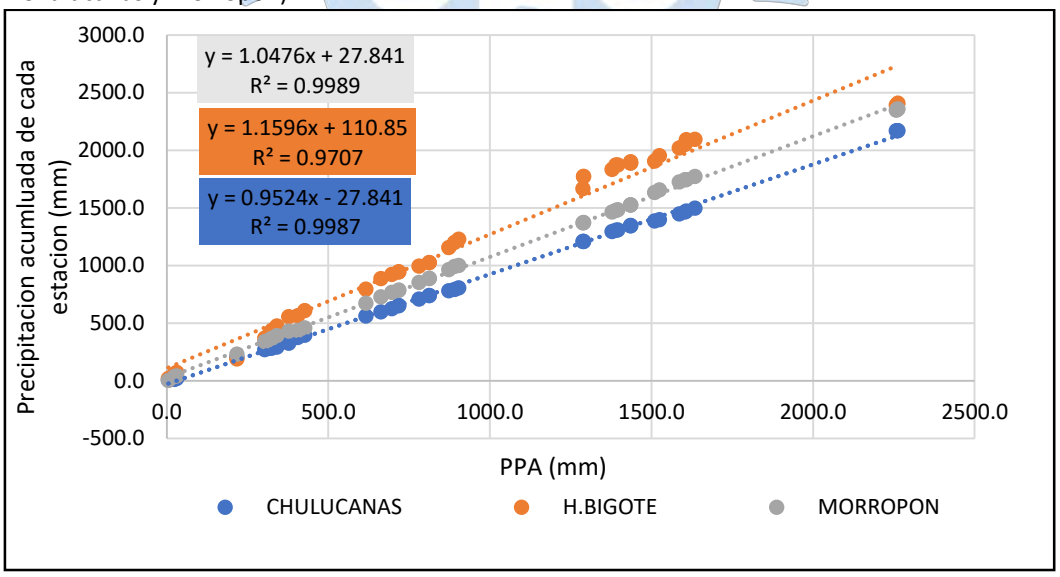
Apéndice B.5. Análisis de consistencia mes de enero (PPA es el promedio de Chulucanas y Morropón) – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORROPON	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.8	9.4	1.9	4.0	2263.2	2169.9	2406.1	2356.4
1982	0.0	6.1	7.9	4.7	2261.8	2169.1	2396.6	2354.5
1983	672.3	296.0	574.8	514.4	2257.9	2169.1	2390.5	2346.6
1984	26.1	3.5	26.9	18.8	1634.3	1496.8	2094.6	1771.8
1985	7.2	41.1	0.0	16.1	1607.8	1470.7	2091.1	1744.9
1986	16.4	31.4	20.4	22.7	1604.2	1463.5	2050.0	1744.9
1987	50.9	67.8	70.5	63.1	1585.8	1447.1	2018.6	1724.5
1988	9.6	45.2	20.4	25.1	1525.1	1396.2	1950.8	1654.0
1989	40.1	6.4	108.2	51.6	1510.1	1386.6	1905.7	1633.6
1990	1.3	9.8	0.0	3.7	1435.9	1346.5	1899.2	1525.4
1991	0.0	0.5	0.0	0.2	1435.3	1345.2	1889.4	1525.4
1992	37.2	16.0	41.4	31.5	1435.3	1345.2	1888.9	1525.4
1993	4.1	0.1	7.0	3.7	1396.0	1308.0	1872.9	1484.0
1994	10.9	40.0	14.1	21.7	1390.4	1303.9	1872.8	1477.0
1995	84.5	60.8	90.5	78.6	1377.9	1293.0	1832.8	1462.9
1996	0.0	0.1	1.6	0.6	1290.4	1208.5	1772.0	1372.4
1997	0.0	107.0	2.7	36.6	1289.6	1208.5	1771.9	1370.8
1998	402.6	438.7	367.1	402.8	1288.3	1208.5	1664.9	1368.1

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORROPON	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1999	15.0	25.5	10.0	16.8	903.4	805.9	1226.2	1001.0
2000	10.4	46.7	26.0	27.7	890.9	790.9	1200.7	991.0
2001	42.8	128.5	77.6	83.0	872.7	780.5	1154.0	965.0
2002	0.0	0.0	0.4	0.1	812.5	737.7	1025.5	887.4
2003	29.3	31.5	33.9	31.6	812.3	737.7	1025.4	887.0
2004	56.5	48.8	67.5	57.6	780.7	708.4	993.9	853.1
2005	1.5	0.4	2.0	1.3	718.7	651.9	945.1	785.6
2006	25.7	22.1	15.9	21.2	717.0	650.4	944.7	783.6
2007	27.3	36.6	39.2	34.4	696.2	624.7	922.6	767.7
2008	36.3	91.9	55.8	61.3	662.9	597.4	885.9	728.5
2009	165.8	186.7	213.0	188.5	616.9	561.1	794.1	672.7
2010	20.4	43.1	23.9	29.1	427.5	395.3	607.4	459.7
2011	49.2	8.9	5.2	21.1	405.3	374.9	564.3	435.8
2012	34.7	81.5	38.7	51.6	378.1	325.7	555.4	430.6
2013	7.4	34.8	22.6	21.6	341.4	291.0	473.9	391.9
2014	4.0	29.0	10.08	14.3	326.4	283.6	439.1	369.3
2015	10.2	41.6	21.31	24.4	319.4	279.6	410.1	359.2
2016	66.2	180.0	106.66	117.6	303.6	269.4	368.6	337.9
2017	183.7	116.3	189.3	163.1	217.2	203.1	188.6	231.2
2018	7.8	13.5	5.7	9.0	30.7	19.4	72.3	41.9
2019	5.8	38.9	32.3	25.7	23.9	11.6	58.8	36.2
2020	5.8	19.9	3.9	9.9	4.9	5.8	19.9	3.9

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.6. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (promedio de Chulucanas y Morropón)



Fuente: Elaboración propia

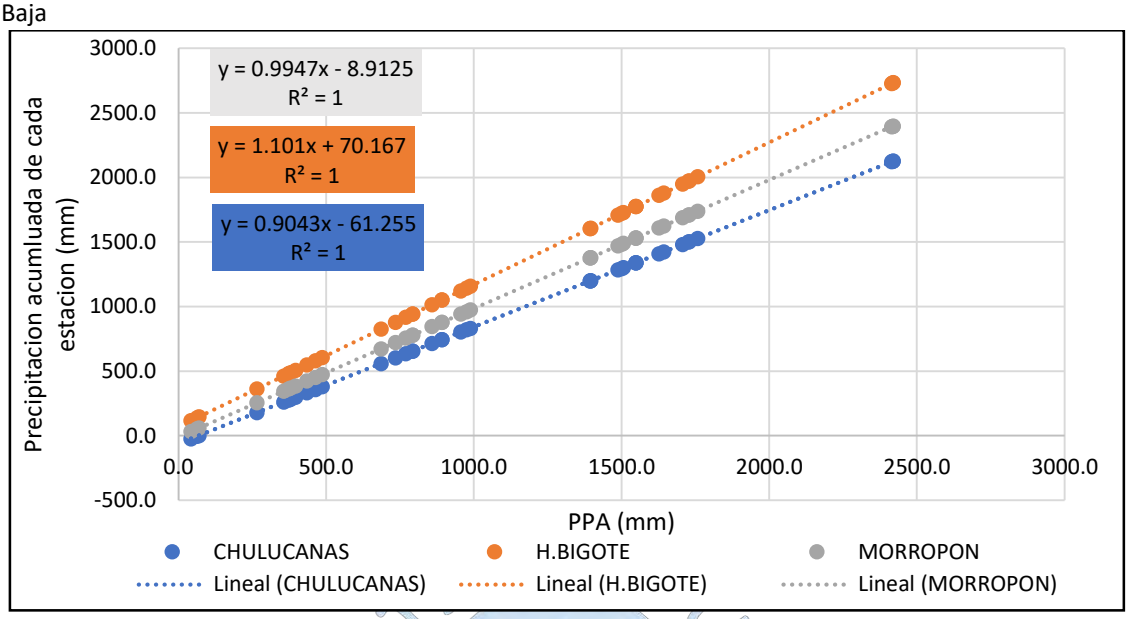
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.7. Análisis de consistencia mes de Enero – Zona Baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORROPON	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	1.3	1.6	1.4	1.4	2420.5	2127.6	2735.2	2398.7
1982	3.8	4.6	4.1	4.2	2419.1	2126.3	2733.6	2397.3
1983	593.9	723.1	653.2	656.7	2414.9	2122.5	2729.1	2393.2
1984	25.2	30.7	27.8	27.9	1758.2	1528.7	2006.0	1739.9
1985	3.4	4.2	3.8	3.8	1730.3	1503.4	1975.3	1712.2
1986	17.5	21.3	19.3	19.4	1726.5	1500.0	1971.1	1708.4
1987	57.8	70.4	63.6	63.9	1707.1	1482.5	1949.7	1689.1
1988	14.3	17.4	15.7	15.8	1643.2	1424.7	1879.4	1625.5
1989	70.6	86.0	77.7	78.1	1627.4	1410.4	1862.0	1609.8
1990	0.6	0.8	0.7	0.7	1549.3	1339.8	1776.0	1532.1
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	1548.6	1339.1	1775.2	1531.5
1992	37.4	45.6	41.2	41.4	1548.6	1339.1	1775.2	1531.5
1993	5.3	6.4	5.8	5.8	1507.2	1301.7	1729.6	1490.3
1994	11.9	14.5	13.1	13.2	1501.4	1296.4	1723.2	1484.5
1995	83.3	101.5	91.7	92.1	1488.2	1284.5	1708.7	1471.4
1996	0.8	0.9	0.8	0.8	1396.0	1201.2	1607.2	1379.7
1997	1.3	1.5	1.4	1.4	1395.2	1200.4	1606.3	1378.9
1998	366.6	446.3	403.2	405.3	1393.8	1199.1	1604.8	1377.5
1999	11.9	14.5	13.1	13.2	988.5	832.6	1158.5	974.3
2000	17.3	21.1	19.1	19.2	975.3	820.7	1144.0	961.2
2001	57.3	69.8	63.1	63.4	956.1	803.4	1122.9	942.1
2002	0.2	0.2	0.2	0.2	892.7	746.0	1053.1	879.1
2003	30.1	36.6	33.1	33.3	892.5	745.8	1052.8	878.8
2004	59.0	71.9	65.0	65.3	859.2	715.7	1016.2	845.7
2005	1.7	2.0	1.8	1.8	793.9	656.7	944.3	780.8
2006	19.8	24.1	21.8	21.9	792.1	655.0	942.3	779.0
2007	31.7	38.6	34.8	35.0	770.2	635.2	918.1	757.2
2008	43.9	53.4	48.2	48.5	735.2	603.5	879.6	722.3
2009	180.4	219.6	198.4	199.5	686.7	559.7	826.2	674.1
2010	21.1	25.7	23.2	23.3	487.2	379.3	606.6	475.7
2011	25.9	31.5	28.5	28.7	463.9	358.2	580.9	452.5
2012	35.0	42.6	38.4	38.7	435.2	332.3	549.3	424.0
2013	14.3	17.4	15.7	15.8	396.6	297.3	506.8	385.5
2014	6.7	8.2	7.4	7.4	380.8	283.1	489.4	369.8
2015	15.0	18.3	16.5	16.6	373.3	276.4	481.2	362.4
2016	82.3	100.3	90.6	91.1	356.7	261.3	462.9	345.9
2017	177.6	216.3	195.4	196.4	265.7	179.0	362.7	255.3
2018	6.4	7.8	7.1	7.1	69.2	1.4	146.4	59.9
2019	18.1	22.1	20.0	20.1	62.1	-5.1	138.6	52.9
2020	-23.2	116.5	32.9	42.1	42.1	-23.2	116.5	32.9

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.8. Tendencia de la precip. anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Enero – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Chulucanas, por lo que se reemplazaron por 0.

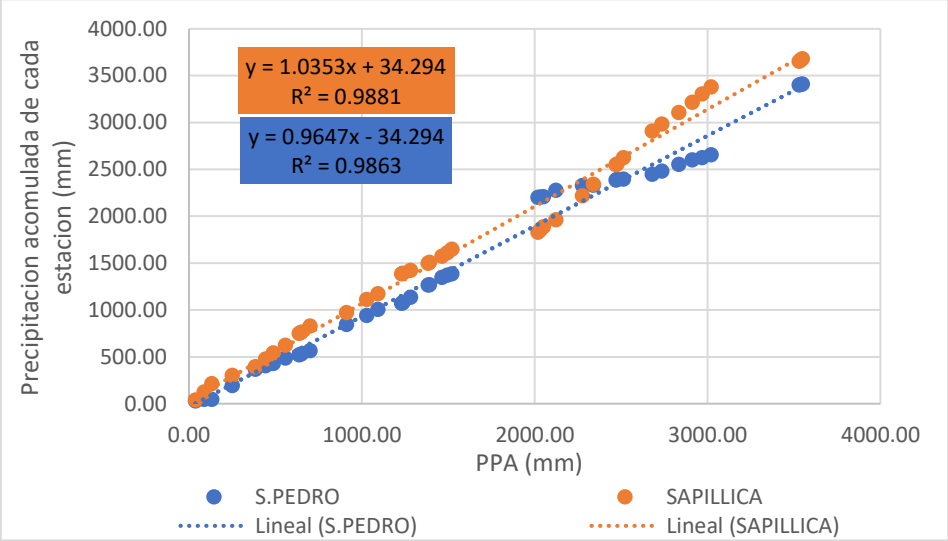
ZONA MEDIA

Apéndice B.9. Análisis de consistencia mes de Enero – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	3.2	11.7	7.46	3547.3	3411.0	3683.7
1982	6.0	16.4	11.21	3539.9	3407.8	3671.9
1983	744.9	273.9	509.39	3528.65	3401.8	3655.5
1984	29.7	73.9	51.81	3019.3	2656.9	3381.6
1985	24.4	89.1	56.75	2967.45	2627.2	3307.7
1986	46.5	109.5	78.01	2910.7	2602.8	3218.6
1987	73.7	123.0	98.36	2832.7	2556.3	3109.1
1988	31.9	77.2	54.55	2734.3	2482.6	2986.1
1989	52.2	282.4	167.30	2679.8	2450.7	2908.9
1990	3.2	69.5	36.35	2512.5	2398.5	2626.5
1991	6.2	4.8	5.50	2476.1	2395.3	2557.0
1992	54.8	209.1	131.95	2470.6	2389.1	2552.2
1993	5.1	121.4	63.27	2338.7	2334.3	2343.1
1994	50.4	256.7	153.57	2275.4	2329.1	2221.7
1995	68.1	76.8	72.45	2121.8	2278.7	1965.0
1996	3.7	32.8	18.25	2049.4	2210.6	1888.2
1997	2.2	23.3	12.77	2031.1	2206.9	1855.4
1998	817.2	181.3	499.27	2018.4	2204.7	1832.1
1999	13.6	38.1	25.85	1519.1	1387.5	1650.7
2000	24.2	36.7	30.46	1493.3	1373.9	1612.6
2001	80.6	64.9	72.73	1462.8	1349.7	1575.9
2002	1.8	12.4	7.11	1390.1	1269.1	1511.1
2003	128.8	75.8	102.30	1383.0	1267.3	1498.6
2004	58.3	30.0	44.15	1280.7	1138.5	1422.8
2005	7.3	7.6	7.45	1236.5	1080.2	1392.8
2006	65.2	209.9	137.56	1229.1	1072.9	1385.3
2007	65.2	62.2	63.71	1091.5	1007.7	1175.3
2008	96.0	139.9	117.95	1027.8	942.5	1113.1
2009	278.9	143.3	211.10	909.9	846.5	973.2
2010	33.2	64.4	48.80	698.8	567.6	829.9
2011	12.0	15.0	13.50	650.0	534.4	765.5
2012	34.5	124.3	79.41	636.5	522.4	750.5
2013	58.3	84.1	71.20	557.1	487.9	626.2
2014	23.3	64.9	44.08	485.9	429.6	542.1
2015	38.8	79.4	59.14	441.8	406.4	477.2
2016	173.5	92.3	132.93	382.6	367.5	397.7
2017	146.50	91.78	119.14	249.7	194.0	305.4
2018	1.20	86.45	43.83	130.6	47.5	213.6
2019	15.70	86.20	50.95	86.7	46.3	127.2
2020	30.60	41.00	35.80	35.8	30.6	41.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.10. Tendencia de la precip. anual acumulada de c/estación vs PPA – Enero – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R^2 mayor, en este caso Sapillica.

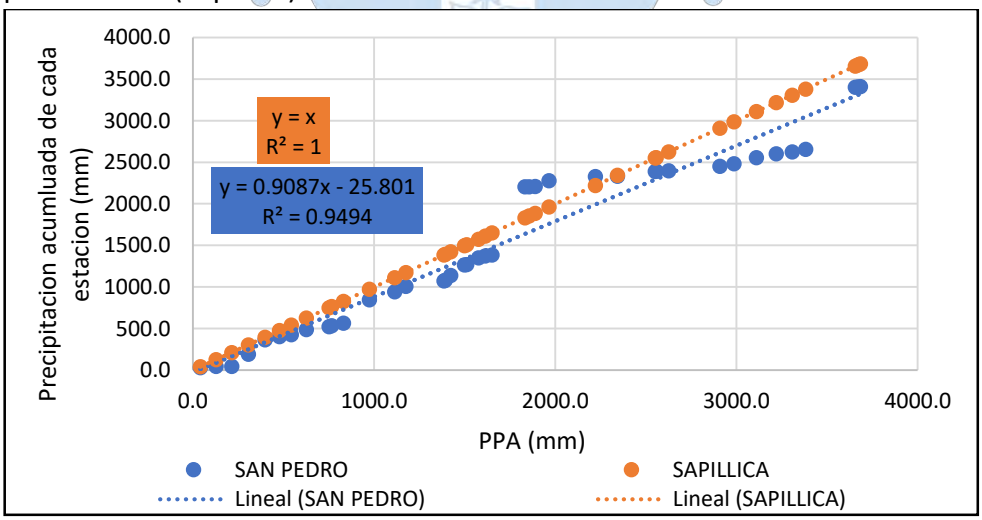
Apéndice B.11. Análisis de consistencia mes de enero (PPA es Sapillica) – Zona media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	3.2	11.7	7.5	3683.7	3411.0	3683.7
1982	6.0	16.4	11.2	3671.9	3407.8	3671.9
1983	744.9	273.9	509.4	3655.5	3401.8	3655.5
1984	29.7	73.9	51.8	3381.6	2656.9	3381.6
1985	24.4	89.1	56.8	3307.7	2627.2	3307.7
1986	46.5	109.5	78.0	3218.6	2602.8	3218.6
1987	73.7	123.0	98.4	3109.1	2556.3	3109.1
1988	31.9	77.2	54.6	2986.1	2482.6	2986.1
1989	52.2	282.4	167.3	2908.9	2450.7	2908.9
1990	3.2	69.5	36.4	2626.5	2398.5	2626.5
1991	6.2	4.8	5.5	2557.0	2395.3	2557.0
1992	54.8	209.1	132.0	2552.2	2389.1	2552.2
1993	5.1	121.4	63.3	2343.1	2334.3	2343.1
1994	50.4	256.7	153.6	2221.7	2329.1	2221.7
1995	68.1	76.8	72.5	1965.0	2278.7	1965.0
1996	3.7	32.8	18.3	1888.2	2210.6	1888.2
1997	2.2	23.3	12.8	1855.4	2206.9	1855.4
1998	817.2	181.3	499.3	1832.1	2204.7	1832.1

Apéndice B.11. Análisis de consistencia mes de enero (PPA es Sapillica) – Zona media						
AÑO	**ANUAL**			**ACUMULADO**		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1999	13.6	38.1	25.9	1650.7	1387.5	1650.7
2000	24.2	36.7	30.5	1612.6	1373.9	1612.6
2001	80.6	64.9	72.7	1575.9	1349.7	1575.9
2002	1.8	12.4	7.1	1511.1	1269.1	1511.1
2003	128.8	75.8	102.3	1498.6	1267.3	1498.6
2004	58.3	30.0	44.2	1422.8	1138.5	1422.8
2005	7.3	7.6	7.5	1392.8	1080.2	1392.8
2006	65.2	209.9	137.6	1385.2	1072.9	1385.2
2007	65.2	62.2	63.7	1175.3	1007.7	1175.3
2008	96.0	139.9	118.0	1113.1	942.5	1113.1
2009	278.9	143.3	211.1	973.2	846.5	973.2
2010	33.2	64.4	48.8	829.9	567.6	829.9
2011	12.0	15.0	13.5	765.5	534.4	765.5
2012	34.5	124.3	79.4	750.5	522.4	750.5
2013	58.3	84.1	71.2	626.2	487.9	626.2
2014	23.3	64.9	44.1	542.1	429.6	542.1
2015	38.8	79.4	59.1	477.2	406.4	477.2
2016	173.5	92.3	132.9	397.8	367.5	397.8
2017	146.5	91.8	119.1	305.4	194.0	305.4
2018	1.2	86.5	43.8	213.7	47.5	213.7
2019	15.7	86.2	50.9	127.2	46.3	127.2
2020	30.6	41.0	35.8	41.0	30.6	41.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.12. Tendencia de la precipitación anual acumulada de cada estación respecto al PPA (Sapillica)



Fuente: Elaboración propia

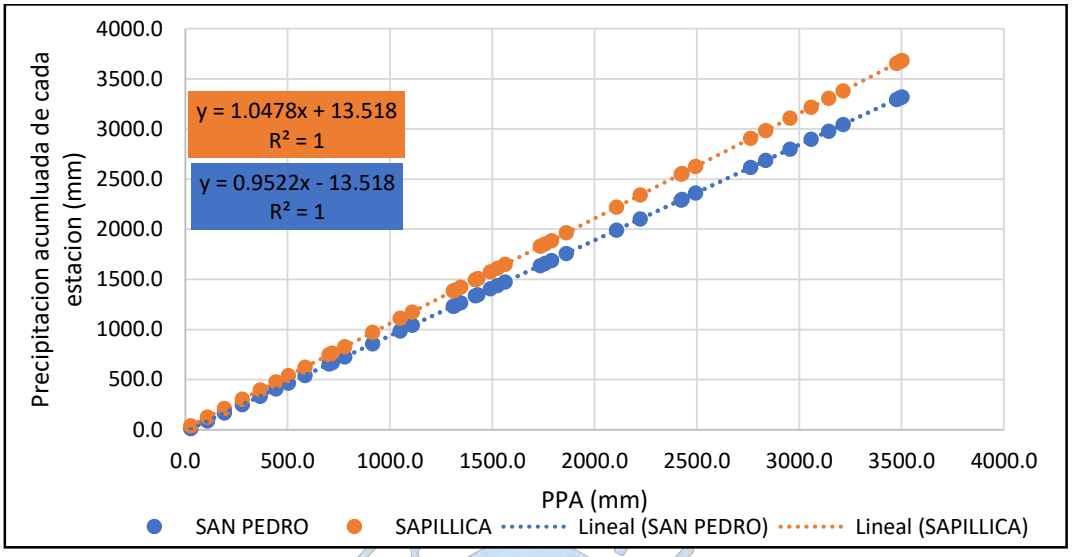
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.13. Análisis de consistencia mes de Enero – Zona Media – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	10.6	11.7	11.2	3502.6	3321.5	3683.7
1982	14.9	16.4	15.7	3491.4	3310.9	3671.9
1983	248.9	273.9	261.4	3475.8	3296.0	3655.5
1984	67.2	73.9	70.5	3214.4	3047.1	3381.6
1985	81.0	89.1	85.0	3143.8	2979.9	3307.7
1986	99.5	109.5	104.5	3058.8	2899.0	3218.6
1987	111.8	123.0	117.4	2954.3	2799.4	3109.1
1988	70.2	77.2	73.7	2836.9	2687.7	2986.1
1989	256.6	282.4	269.5	2763.2	2617.5	2908.9
1990	63.2	69.5	66.3	2493.7	2360.9	2626.5
1991	4.4	4.8	4.6	2427.4	2297.7	2557.0
1992	190.0	209.1	199.6	2422.8	2293.4	2552.2
1993	110.3	121.4	115.9	2223.2	2103.4	2343.1
1994	233.3	256.7	245.0	2107.4	1993.1	2221.7
1995	69.8	76.8	73.3	1862.4	1759.8	1965.0
1996	29.8	32.8	31.3	1789.1	1690.0	1888.2
1997	21.2	23.3	22.3	1757.8	1660.2	1855.4
1998	164.8	181.3	173.1	1735.5	1639.0	1832.1
1999	34.6	38.1	36.4	1562.5	1474.2	1650.7
2000	33.4	36.7	35.0	1526.1	1439.6	1612.6
2001	58.9	64.8	61.9	1491.1	1406.2	1575.9
2002	11.3	12.4	11.9	1429.2	1347.3	1511.1
2003	68.9	75.8	72.3	1417.3	1336.0	1498.6
2004	27.3	30.0	28.6	1345.0	1267.1	1422.8
2005	6.9	7.6	7.3	1316.4	1239.9	1392.8
2006	190.7	209.9	200.3	1309.1	1233.0	1385.2
2007	56.5	62.2	59.4	1108.8	1042.2	1175.3
2008	127.1	139.9	133.5	1049.4	985.7	1113.1
2009	130.2	143.3	136.8	915.9	858.6	973.2
2010	58.5	64.4	61.5	779.1	728.4	829.9
2011	13.6	15.0	14.3	717.7	669.8	765.5
2012	113.0	124.3	118.6	703.4	656.2	750.5
2013	76.4	84.1	80.3	584.7	543.2	626.2
2014	59.0	64.9	61.9	504.5	466.8	542.1
2015	72.2	79.4	75.8	442.5	407.8	477.2
2016	83.9	92.3	88.1	366.7	335.6	397.8
2017	83.4	91.8	87.6	278.6	251.7	305.4
2018	78.6	86.5	82.5	191.0	168.3	213.7
2019	78.3	86.2	82.3	108.5	89.8	127.2
2020	11.5	41.0	26.2	26.2	11.5	41.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.14. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregido–Enero–Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

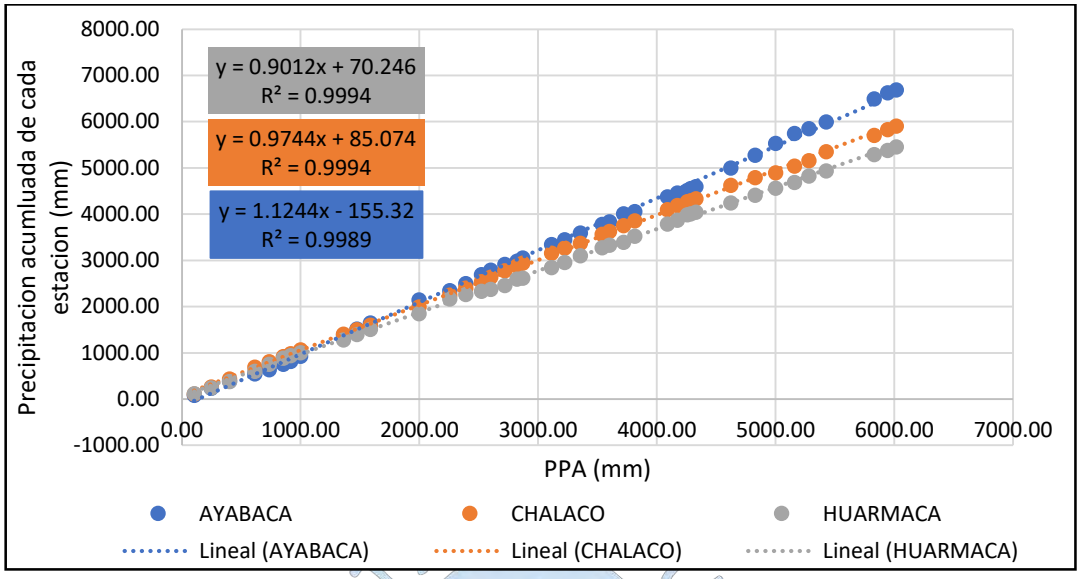
ZONA ALTA

Apéndice B.15. Análisis de consistencia mes de Enero – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	62.5	81.1	75.8	73.14	6016.11	6688.03	5907.99	5452.30
1982	130.3	125.0	87.0	114.10	5942.97	6625.52	5826.89	5376.50
1983	502.1	349.8	355.7	402.53	5828.87	6495.21	5701.89	5289.50
1984	139.3	194.2	105.6	146.37	5426.33	5993.11	5352.09	4933.80
1985	104.7	120.6	140.1	121.80	5279.97	5853.81	5157.89	4828.20
1986	217.3	139.3	122.3	159.63	5158.17	5749.11	5037.29	4688.10
1987	253.3	104.2	152.5	170.00	4998.53	5531.81	4897.99	4565.80
1988	278.6	168.4	170.8	205.93	4828.53	5278.51	4793.79	4413.30
1989	399.6	289.2	195.9	294.90	4622.60	4999.91	4625.39	4242.50
1990	45.2	42.0	36.2	41.13	4327.70	4600.30	4336.19	4046.60
1991	42.9	20.2	25.7	29.60	4286.56	4555.10	4294.19	4010.40
1992	51.7	87.7	113.6	84.33	4256.96	4512.20	4273.99	3984.70
1993	82.9	86.0	83.3	84.07	4172.63	4460.50	4186.29	3871.10
1994	320.8	243.0	262.7	275.51	4088.56	4377.60	4100.29	3787.80
1995	45.6	103.2	131.4	93.40	3813.06	4056.83	3857.29	3525.06
1996	172.2	125.3	63.2	120.23	3719.66	4011.23	3754.09	3393.66
1997	60.4	63.4	58.4	60.73	3599.42	3839.03	3628.79	3330.46
1998	186.7	191.7	169.7	182.70	3538.69	3778.63	3565.39	3272.06
1999	146.3	104.7	144.7	131.90	3355.99	3591.93	3373.69	3102.36
2000	104.4	114.5	112.6	110.50	3224.09	3445.63	3268.99	2957.66
2001	287.7	215.0	224.7	242.47	3113.59	3341.23	3154.49	2845.06
2002	68.0	58.5	23.2	49.90	2871.12	3053.53	2939.49	2620.36
2003	67.4	102.1	136.0	101.83	2821.22	2985.53	2880.99	2597.16
2004	131.4	143.3	85.5	120.07	2719.39	2918.13	2778.89	2461.16
2005	96.4	92.4	39.2	76.00	2599.32	2786.73	2635.59	2375.66
2006	190.9	143.6	69.5	134.67	2523.32	2690.33	2543.19	2336.46
2007	152.9	146.4	102.2	133.83	2388.66	2499.43	2399.59	2266.96
2008	201.8	259.7	314.2	258.57	2254.82	2346.53	2253.19	2164.76
2009	495.1	395.6	339.9	410.20	1996.26	2144.73	1993.49	1850.56
2010	130.6	96.3	110.3	112.39	1586.06	1649.63	1597.89	1510.66
2011	127.0	93.6	117.6	112.74	1473.67	1519.03	1501.63	1400.36
2012	465.5	342.4	276.8	361.57	1360.94	1392.03	1408.02	1282.76
2013	108.9	80.3	66.7	85.30	999.37	926.53	1065.61	1005.96
2014	62.6	63.0	56.2	60.64	914.06	817.63	985.31	939.26
2015	117.7	108.9	127.8	118.15	853.42	754.99	922.26	883.03
2016	90.2	119.3	156.3	121.94	735.28	637.27	813.33	755.23
2017	161.40	260.90	218.6	213.63	613.33	547.10	694.00	598.90
2018	153.00	169.40	135.9	152.77	399.70	385.70	433.10	380.30
2019	152.60	154.40	123.8	143.60	246.93	232.70	263.70	244.40
2020	80.10	109.30	120.6	103.33	103.33	80.10	109.30	120.60

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.16. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Enero – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

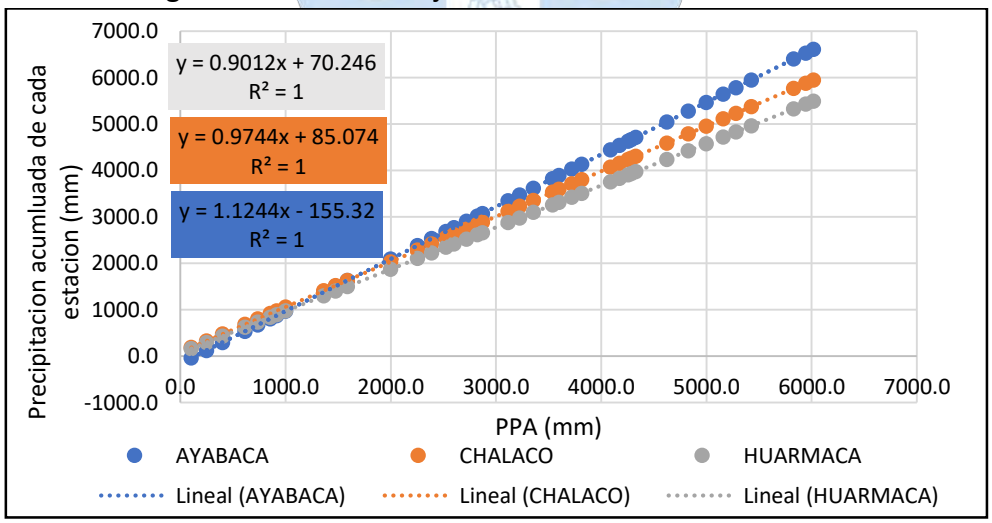
Apéndice B.17. Análisis de consistencia mes de Enero – Zona Alta – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	82.2	71.3	65.9	73.1	6016.1	6609.2	5947.2	5492.0
1982	128.3	111.2	102.8	114.1	5943.0	6527.0	5875.9	5426.1
1983	452.6	392.2	362.8	402.5	5828.9	6398.7	5764.7	5323.2
1984	164.6	142.6	131.9	146.4	5426.3	5946.1	5372.5	4960.5
1985	137.0	118.7	109.8	121.8	5280.0	5781.5	5229.9	4828.6
1986	179.5	155.5	143.9	159.6	5158.2	5644.5	5111.2	4718.8
1987	191.1	165.6	153.2	170.0	4998.5	5465.0	4955.6	4574.9
1988	231.6	200.7	185.6	205.9	4828.5	5273.9	4790.0	4421.7
1989	331.6	287.4	265.8	294.9	4622.6	5042.3	4589.3	4236.1
1990	46.3	40.1	37.1	41.1	4327.7	4710.7	4302.0	3970.4
1991	33.3	28.8	26.7	29.6	4286.6	4664.5	4261.9	3933.3
1992	94.8	82.2	76.0	84.3	4257.0	4631.2	4233.1	3906.6
1993	94.5	81.9	75.8	84.1	4172.6	4536.4	4150.9	3830.6
1994	309.8	268.5	248.3	275.5	4088.6	4441.9	4069.0	3754.9
1995	105.0	91.0	84.2	93.4	3813.1	4132.1	3800.5	3506.6
1996	135.2	117.2	108.4	120.2	3719.7	4027.1	3709.5	3422.4
1997	68.3	59.2	54.7	60.7	3599.4	3891.9	3592.4	3314.0
1998	205.4	178.0	164.6	182.7	3538.7	3823.6	3533.2	3259.3

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1999	148.3	128.5	118.9	131.9	3356.0	3618.2	3355.2	3094.7
2000	124.2	107.7	99.6	110.5	3224.1	3469.8	3226.6	2975.8
2001	272.6	236.3	218.5	242.5	3113.6	3345.6	3119.0	2876.2
2002	56.1	48.6	45.0	49.9	2871.1	3073.0	2882.7	2657.7
2003	114.5	99.2	91.8	101.8	2821.2	3016.9	2834.1	2612.7
2004	135.0	117.0	108.2	120.1	2719.4	2902.4	2734.8	2521.0
2005	85.5	74.1	68.5	76.0	2599.3	2767.4	2617.9	2412.8
2006	151.4	131.2	121.4	134.7	2523.3	2681.9	2543.8	2344.3
2007	150.5	130.4	120.6	133.8	2388.7	2530.5	2412.6	2222.9
2008	290.7	251.9	233.0	258.6	2254.8	2380.0	2282.2	2102.3
2009	461.2	399.7	369.7	410.2	1996.3	2089.3	2030.2	1869.3
2010	126.4	109.5	101.3	112.4	1586.1	1628.0	1630.5	1499.6
2011	126.8	109.9	101.6	112.7	1473.7	1501.7	1521.0	1398.3
2012	406.5	352.3	325.8	361.6	1360.9	1374.9	1411.2	1296.7
2013	95.9	83.1	76.9	85.3	999.4	968.4	1058.9	970.9
2014	68.2	59.1	54.6	60.6	914.1	872.5	975.7	894.0
2015	132.8	115.1	106.5	118.1	853.4	804.3	916.7	839.4
2016	137.1	118.8	109.9	121.9	735.3	671.4	801.5	732.9
2017	240.2	208.2	192.5	213.6	613.3	534.3	682.7	623.0
2018	171.8	148.9	137.7	152.8	399.7	294.1	474.5	430.5
2019	161.5	139.9	129.4	143.6	246.9	122.3	325.7	292.8
2020	-39.1	185.8	163.4	103.3	103.3	-39.1	185.8	163.4

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.18.Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregido–Enero–Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Ayabaca, por lo que se reemplazaron por 0.

FEBRERO

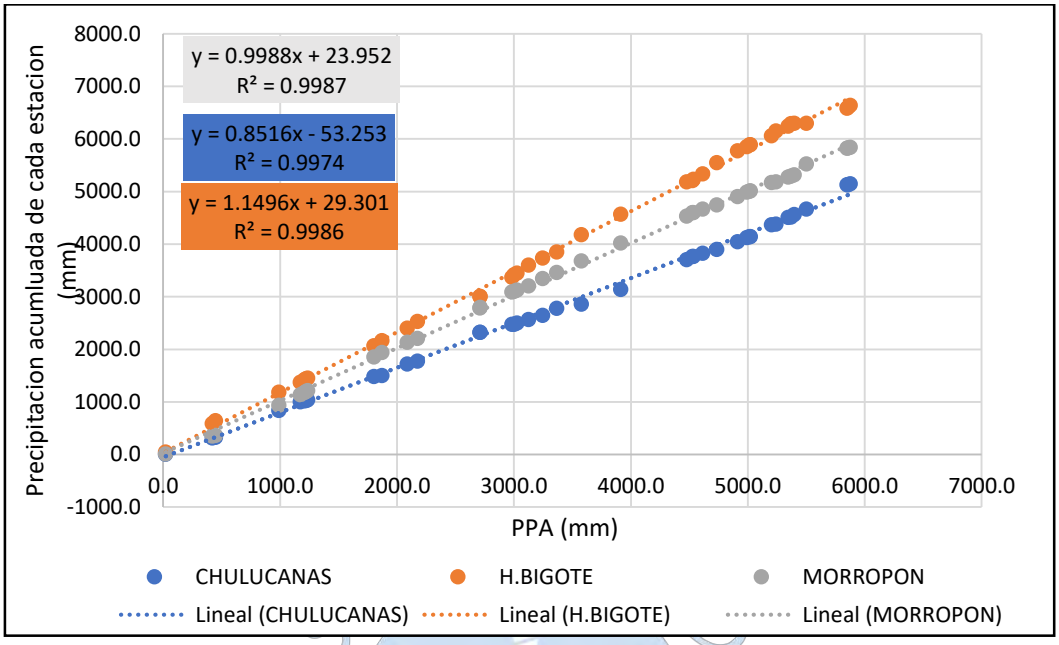
ZONA BAJA

Apéndice B.19. Análisis de consistencia mes de Febrero – Zona baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	16.4	34.8	11.3	20.8	5877.2	5148.7	6640.6	5842.3
1982	0.8	16.2	3.1	6.7	5856.4	5132.2	6605.8	5831.0
1983	463.0	286.1	299.3	349.5	5849.7	5131.4	6589.6	5827.9
1984	105.0	0.0	206.4	103.8	5500.2	4668.4	6303.5	5528.6
1985	42.9	9.2	28.4	26.8	5396.4	4563.4	6303.5	5322.2
1986	8.7	45.5	17.8	24.0	5369.5	4520.5	6294.3	5293.8
1987	130.5	96.0	86.9	104.5	5345.5	4511.8	6248.7	5276.0
1988	7.3	89.3	14.6	37.1	5241.1	4381.3	6152.8	5189.1
1989	225.6	167.9	155.0	182.8	5204.0	4374.0	6063.5	5174.5
1990	3.8	2.5	8.5	4.9	5021.2	4148.4	5895.6	5019.5
1991	13.7	38.5	17.0	23.1	5016.2	4144.6	5893.0	5011.0
1992	81.0	76.3	86.9	81.4	4993.1	4130.9	5854.5	4994.0
1993	147.6	228.2	156.1	177.3	4911.7	4049.9	5778.2	4907.1
1994	74.6	208.1	80.2	120.9	4734.4	3902.3	5550.0	4751.0
1995	61.2	108.9	66.3	78.8	4613.5	3827.7	5342.0	4670.8
1996	0.0	20.3	0.4	6.9	4534.7	3766.5	5233.1	4604.5
1997	61.3	25.0	66.4	50.9	4527.8	3766.5	5212.8	4604.1
1998	564.0	614.1	511.1	563.1	4476.9	3705.3	5187.8	4537.7
1999	281.1	388.5	340.3	336.6	3913.9	3141.2	4573.7	4026.6
2000	80.0	331.2	219.5	210.2	3577.2	2860.1	4185.2	3686.3
2001	134.1	113.0	115.6	120.9	3367.0	2780.1	3854.0	3466.8
2002	79.3	137.6	145.2	120.7	3246.1	2646.0	3741.0	3351.2
2003	63.5	152.9	79.5	98.6	3125.4	2566.7	3603.4	3206.0
2004	22.2	28.6	21.1	24.0	3026.7	2503.2	3450.5	3126.5
2005	1.7	47.1	14.3	21.0	3002.8	2481.0	3421.9	3105.4
2006	151.0	366.8	290.7	269.5	2981.7	2479.2	3374.8	3091.1
2007	3.2	0.9	9.0	4.4	2712.2	2328.2	3008.0	2800.4
2008	546.5	472.6	581.4	533.5	2707.9	2325.0	3007.1	2791.4
2009	58.0	127.9	72.2	86.0	2174.3	1778.5	2534.5	2210.0
2010	216.2	238.3	197.9	217.5	2088.3	1720.5	2406.6	2137.8
2011	16.6	99.8	84.5	67.0	1870.8	1504.3	2168.3	1939.9
2012	447.6	613.5	639.9	567.0	1803.8	1487.7	2068.5	1855.4
2013	13.2	12.2	14.3	13.2	1236.8	1040.1	1455.0	1215.5
2014	6.0	16.6	21.0	14.6	1223.6	1026.9	1442.7	1201.2
2015	16.3	48.1	39.1	34.5	1209.0	1020.8	1426.1	1180.2
2016	164.0	188.5	203.5	185.3	1174.6	1004.6	1378.0	1141.1
2017	510.5	544.0	571.5	542.0	989.2	840.6	1189.5	937.6
2018	12.8	55.1	11.8	26.6	447.2	330.1	645.5	366.1
2019	309.0	544.1	344.5	399.2	420.7	317.3	590.4	354.3
2020	8.3	46.3	9.8	21.5	21.5	8.3	46.3	9.8

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.20. Tendencia de la precipitación anual acumulada de cada estación respecto al PPA-Febrero



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

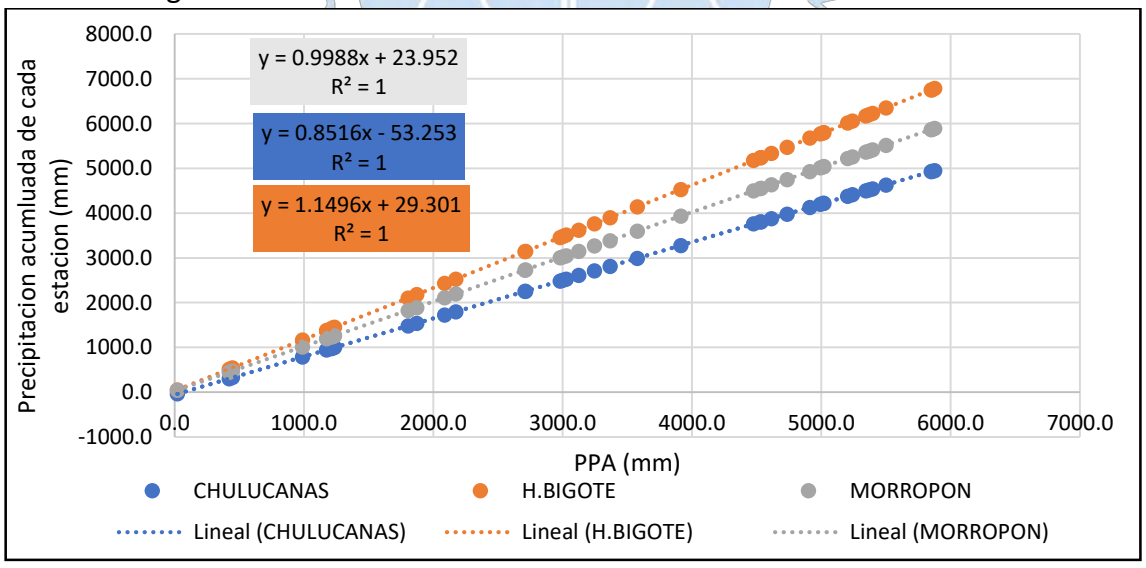
Apéndice B.21. Análisis de consistencia mes de febrero – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	17.7	23.9	20.8	20.8	5877.2	4951.8	6785.7	5894.1
1982	5.7	7.7	6.7	6.7	5856.4	4934.0	6761.8	5873.3
1983	297.6	401.8	349.1	349.5	5849.7	4928.3	6754.1	5866.6
1984	88.4	119.3	103.7	103.8	5500.2	4630.7	6352.3	5517.5
1985	22.9	30.9	26.8	26.8	5396.4	4542.3	6233.0	5413.9
1986	20.4	27.6	24.0	24.0	5369.5	4519.4	6202.1	5387.0
1987	89.0	120.1	104.3	104.5	5345.5	4499.0	6174.5	5363.1
1988	31.6	42.6	37.0	37.1	5241.1	4410.0	6054.4	5258.7
1989	155.7	210.2	182.6	182.8	5204.0	4378.5	6011.8	5221.7
1990	4.2	5.7	4.9	4.9	5021.2	4222.8	5801.6	5039.1
1991	19.7	26.5	23.1	23.1	5016.2	4218.6	5795.9	5034.2
1992	69.3	93.6	81.3	81.4	4993.1	4198.9	5769.4	5011.1
1993	151.0	203.8	177.1	177.3	4911.7	4129.6	5675.8	4929.8
1994	103.0	139.0	120.8	120.9	4734.4	3978.6	5472.0	4752.7
1995	67.1	90.6	78.7	78.8	4613.5	3875.6	5333.0	4631.9
1996	5.9	7.9	6.9	6.9	4534.7	3808.5	5242.4	4553.2
1997	43.3	58.5	50.8	50.9	4527.8	3802.6	5234.5	4546.3
1998	479.5	647.3	562.4	563.1	4476.9	3759.3	5176.0	4495.5

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1999	286.7	387.0	336.2	336.6	3913.9	3279.8	4528.7	3933.1
2000	179.0	241.7	210.0	210.2	3577.2	2993.1	4141.7	3596.9
2001	103.0	139.0	120.8	120.9	3367.0	2814.1	3900.0	3386.9
2002	102.8	138.8	120.6	120.7	3246.1	2711.1	3761.0	3266.1
2003	84.0	113.4	98.5	98.6	3125.4	2608.3	3622.2	3145.6
2004	20.4	27.6	24.0	24.0	3026.7	2524.3	3508.8	3047.1
2005	17.9	24.2	21.0	21.0	3002.8	2503.9	3481.3	3023.1
2006	229.5	309.8	269.2	269.5	2981.7	2486.0	3457.1	3002.1
2007	3.7	5.0	4.4	4.4	2712.2	2256.5	3147.3	2732.9
2008	454.3	613.3	532.9	533.5	2707.9	2252.8	3142.2	2728.6
2009	73.3	98.9	85.9	86.0	2174.3	1798.4	2528.9	2195.7
2010	185.2	250.0	217.2	217.5	2088.3	1725.1	2430.0	2109.7
2011	57.0	77.0	66.9	67.0	1870.8	1539.9	2180.0	1892.5
2012	482.9	651.8	566.3	567.0	1803.8	1482.9	2103.0	1825.6
2013	11.3	15.2	13.2	13.2	1236.8	1000.0	1451.2	1259.3
2014	12.4	16.7	14.5	14.6	1223.6	988.8	1436.0	1246.1
2015	29.4	39.6	34.4	34.5	1209.0	976.4	1419.2	1231.5
2016	157.8	213.1	185.1	185.3	1174.6	947.0	1379.6	1197.1
2017	461.6	623.1	541.3	542.0	989.2	789.2	1166.5	1012.0
2018	22.6	30.5	26.5	26.6	447.2	327.6	543.4	470.6
2019	340.0	458.9	398.7	399.2	420.7	305.0	512.9	444.1
2020	-35.0	54.0	45.4	21.5	21.5	-35.0	54.0	45.4

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.22. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación respecto al PPA–Corregido–Febrero



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Chulucanas, por lo que se reemplazaron por 0.

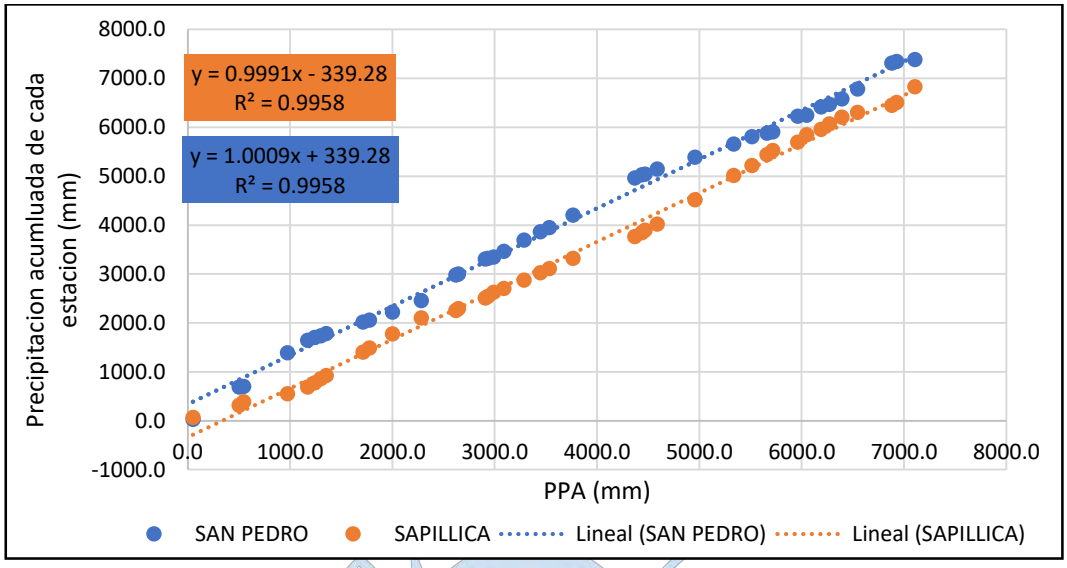
ZONA MEDIA

Apéndice B.23. Análisis de consistencia mes de Febrero – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	41.0	320.8	180.9	7107.8	7386.8	6828.8
1982	30.3	58.9	44.6	6926.9	7345.8	6508.0
1983	530.0	144.1	337.0	6882.3	7315.5	6449.1
1984	205.9	98.4	152.2	6545.2	6785.5	6305.0
1985	111.3	135.6	123.5	6393.1	6579.6	6206.6
1986	47.0	112.7	79.9	6269.6	6468.3	6071.0
1987	175.6	108.0	141.8	6189.8	6421.3	5958.3
1988	17.3	153.9	85.6	6048.0	6245.7	5850.3
1989	320.7	170.2	245.5	5962.4	6228.4	5696.4
1990	29.2	83.5	56.4	5716.9	5907.7	5526.2
1991	65.7	225.0	145.4	5660.6	5878.5	5442.7
1992	156.6	199.4	178.0	5515.2	5812.8	5217.7
1993	264.2	498.4	381.3	5337.2	5656.2	5018.3
1994	241.3	496.1	368.7	4955.9	5392.0	4519.9
1995	108.3	125.6	117.0	4587.2	5150.7	4023.8
1996	11.7	50.7	31.2	4470.3	5042.4	3898.2
1997	62.4	78.3	70.4	4439.1	5030.7	3847.5
1998	763.3	446.0	604.7	4368.7	4968.3	3769.2
1999	251.0	208.0	229.5	3764.1	4205.0	3323.2
2000	88.4	89.1	88.8	3534.6	3954.0	3115.1
2001	170.7	147.0	158.9	3445.8	3865.6	3026.0
2002	228.8	169.4	199.1	3287.0	3694.9	2879.0
2003	118.8	78.1	98.5	3087.9	3466.1	2709.6
2004	27.3	88.3	57.8	2989.4	3347.3	2631.5
2005	11.9	34.1	23.0	2931.6	3320.0	2543.2
2006	308.4	215.6	262.0	2908.6	3308.1	2509.1
2007	17.4	37.8	27.6	2646.6	2999.7	2293.5
2008	523.3	148.1	335.7	2619.0	2982.3	2255.7
2009	234.4	329.9	282.2	2283.3	2459.0	2107.6
2010	162.9	288.5	225.7	2001.2	2224.6	1777.7
2011	43.7	82.9	63.3	1775.5	2061.7	1489.2
2012	236.4	481.3	358.9	1712.2	2018.0	1406.3
2013	41.7	66.1	53.9	1353.3	1781.6	925.0
2014	36.8	83.4	60.1	1299.4	1739.9	858.9
2015	56.4	81.4	68.9	1239.2	1703.0	775.4
2016	252.4	138.4	195.4	1170.4	1646.7	694.0
2017	688.8	167.6	428.2	975.0	1394.3	555.7
2018	15.7	71.2	43.4	546.8	705.5	388.1
2019	659.6	247.3	453.5	503.4	689.8	316.9
2020	30.2	69.6	49.9	49.9	30.2	69.6

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.24. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Febrero – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

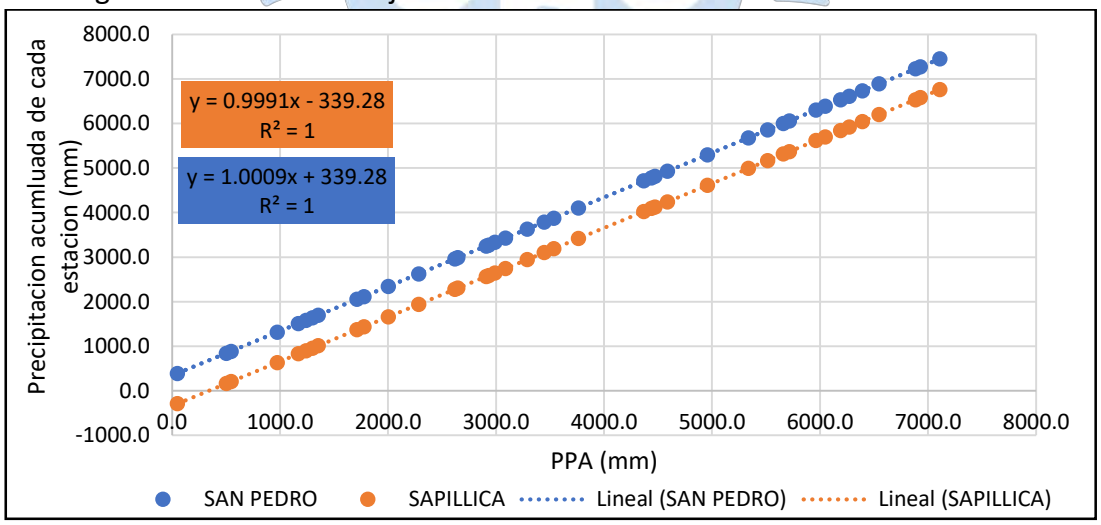
Apéndice B.25. Análisis de consistencia mes de Febrero – Zona Media – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	181.1	180.7	180.9	7107.8	7453.5	6762.1
1982	44.6	44.6	44.6	6926.9	7272.4	6581.4
1983	337.3	336.7	337.0	6882.3	7227.7	6536.8
1984	152.3	152.0	152.2	6545.2	6890.4	6200.1
1985	123.6	123.3	123.5	6393.1	6738.1	6048.1
1986	79.9	79.8	79.9	6269.6	6614.6	5924.7
1987	141.9	141.7	141.8	6189.8	6534.6	5844.9
1988	85.7	85.5	85.6	6048.0	6392.7	5703.3
1989	245.7	245.2	245.5	5962.4	6307.0	5617.7
1990	56.4	56.3	56.4	5716.9	6061.4	5372.5
1991	145.5	145.2	145.4	5660.6	6004.9	5316.2
1992	178.2	177.8	178.0	5515.2	5859.5	5171.0
1993	381.6	381.0	381.3	5337.2	5681.3	4993.1
1994	369.0	368.4	368.7	4955.9	5299.7	4612.2
1995	117.1	116.8	117.0	4587.2	4930.6	4243.8
1996	31.2	31.2	31.2	4470.3	4813.6	4127.0
1997	70.4	70.3	70.4	4439.1	4782.4	4095.8
1998	605.2	604.1	604.7	4368.7	4711.9	4025.5

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1999	229.7	229.3	229.5	3764.1	4106.7	3421.4
2000	88.8	88.7	88.8	3534.6	3877.0	3192.1
2001	159.0	158.7	158.8	3445.8	3788.2	3103.4
2002	199.3	198.9	199.1	3287.0	3629.2	2944.7
2003	98.5	98.4	98.4	3087.9	3429.9	2745.8
2004	57.9	57.7	57.8	2989.4	3331.4	2647.4
2005	23.0	23.0	23.0	2931.6	3273.5	2589.7
2006	262.2	261.8	262.0	2908.6	3250.5	2566.7
2007	27.6	27.6	27.6	2646.6	2988.3	2304.9
2008	336.0	335.4	335.7	2619.0	2960.6	2277.4
2009	282.4	281.9	282.2	2283.3	2624.6	1942.0
2010	225.9	225.5	225.7	2001.2	2342.2	1660.1
2011	63.4	63.2	63.3	1775.5	2116.3	1434.6
2012	359.2	358.5	358.9	1712.2	2053.0	1371.3
2013	54.0	53.9	53.9	1353.3	1693.8	1012.8
2014	60.2	60.1	60.1	1299.4	1639.8	958.9
2015	68.9	68.8	68.9	1239.2	1579.6	898.9
2016	195.6	195.2	195.4	1170.4	1510.7	830.0
2017	428.6	427.8	428.2	975.0	1315.1	634.8
2018	43.5	43.4	43.4	546.8	886.6	207.0
2019	453.9	453.0	453.5	503.4	843.1	163.6
2020	389.2	-289.4	49.9	49.9	389.2	-289.4

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.26. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregido–Febrero–Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Sapillica, por lo que se reemplazaron por 0.

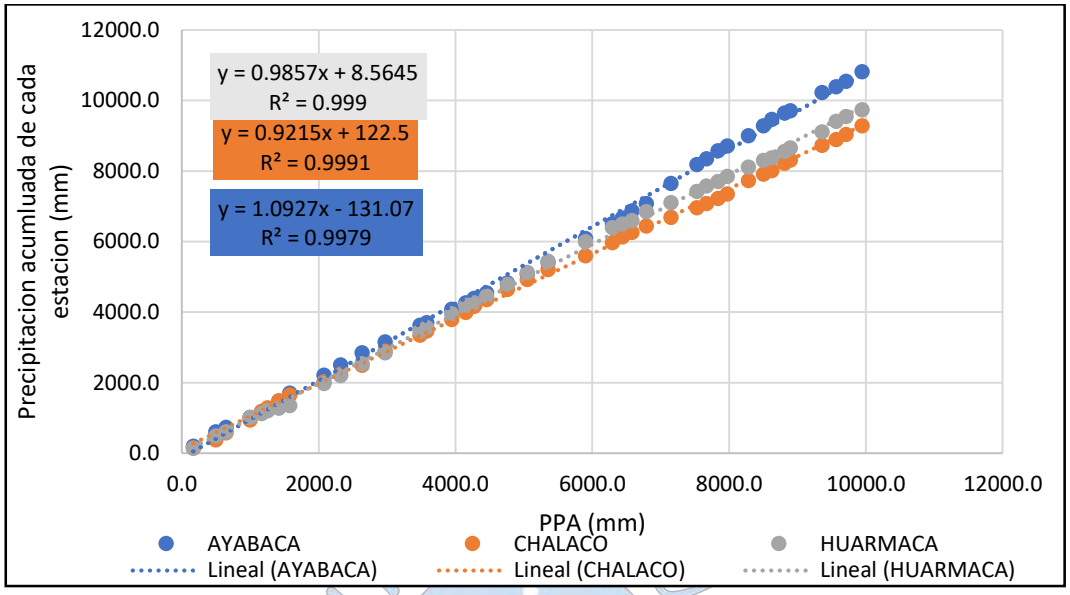
ZONA ALTA

Apéndice B.27. Análisis de consistencia mes de Febrero – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	267.5	247.1	188.7	234.4	9944.7	10814.6	9282.9	9736.7
1982	153.3	144.9	136.3	144.8	9710.3	10547.1	9035.8	9548.0
1983	165.3	163.0	297.5	208.6	9565.5	10393.8	8890.9	9411.7
1984	516.6	410.4	457.3	461.4	9356.9	10228.5	8727.9	9114.2
1985	63.3	98.4	97.6	86.4	8895.4	9711.9	8317.5	8656.9
1986	180.7	200.9	179.5	187.0	8809.0	9648.6	8219.1	8559.3
1987	181.4	103.2	77.1	120.6	8622.0	9467.9	8018.2	8379.8
1988	285.2	184.3	186.4	218.6	8501.4	9286.5	7915.0	8302.7
1989	285.8	377.1	269.5	310.8	8282.8	9001.3	7730.7	8116.3
1990	139.0	125.4	145.2	136.5	7972.0	8715.5	7353.6	7846.8
1991	225.6	148.7	125.8	166.7	7835.4	8576.5	7228.2	7701.6
1992	162.1	113.6	147.8	141.2	7668.7	8350.9	7079.5	7575.8
1993	539.0	280.0	316.5	378.5	7527.6	8188.8	6965.9	7428.0
1994	573.3	240.7	260.2	358.1	7149.1	7649.8	6685.9	7111.5
1995	205.3	181.7	248.8	211.9	6791.0	7076.5	6445.2	6851.3
1996	198.9	127.7	100.5	142.4	6579.1	6871.2	6263.5	6602.5
1997	166.0	162.3	99.2	142.5	6436.7	6672.3	6135.8	6502.0
1998	412.8	370.9	400.9	394.9	6294.2	6506.3	5973.5	6402.8
1999	685.1	396.2	552.5	544.6	5899.3	6093.5	5602.6	6001.9
2000	327.9	279.4	318.7	308.7	5354.7	5408.4	5206.4	5449.4
2001	247.3	276.9	338.2	287.5	5046.1	5080.5	4927.0	5130.7
2002	287.2	296.3	333.0	305.5	4758.6	4833.2	4650.1	4792.5
2003	150.3	191.4	196.6	179.4	4453.1	4546.0	4353.8	4459.5
2004	124.9	169.5	73.1	122.5	4273.7	4395.7	4162.4	4262.9
2005	185.9	202.1	232.5	206.8	4151.2	4270.8	3992.9	4189.8
2006	379.2	325.5	392.6	365.8	3944.3	4084.9	3790.8	3957.3
2007	76.2	116.4	105.9	99.5	3578.6	3705.7	3465.3	3564.7
2008	473.3	449.1	607.2	509.9	3479.1	3629.5	3348.9	3458.8
2009	303.2	403.7	307.4	338.1	2969.2	3156.2	2899.8	2851.6
2010	343.5	252.7	333.4	309.9	2631.1	2853.0	2496.1	2544.2
2011	292.5	215.3	227.9	245.2	2321.2	2509.5	2243.4	2210.8
2012	508.7	374.2	624.8	502.6	2076.0	2217.0	2028.1	1982.9
2013	225.8	166.2	74.7	155.6	1573.4	1708.3	1654.0	1358.1
2014	227.0	201.8	71.6	166.8	1417.9	1482.5	1487.7	1283.4
2015	83.7	95.8	82.5	87.3	1251.1	1255.5	1286.0	1211.7
2016	151.2	244.8	110.2	168.7	1163.7	1171.7	1190.2	1129.2
2017	281.0	361.6	406.4	349.7	995.0	1020.5	945.4	1019.0
2018	128.9	197.2	124.4	150.2	645.3	739.5	583.8	612.6
2019	406.8	239.6	339.0	328.5	495.1	610.6	386.6	488.2
2020	203.8	147.0	149.2	166.7	166.7	203.8	147.0	149.2

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.28. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Febrero – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

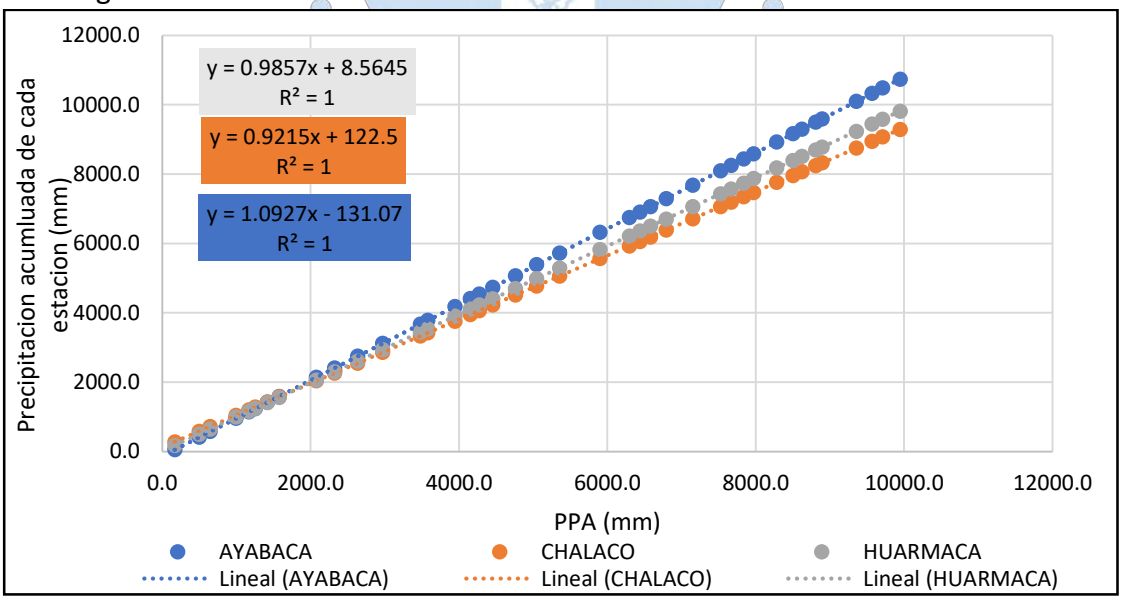
Apéndice B.29. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Febrero – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	256.2	216.0	231.1	234.4	9944.7	10735.5	9286.6	9811.1
1982	158.3	133.5	142.8	144.8	9710.3	10479.4	9070.5	9580.0
1983	227.9	192.2	205.6	208.6	9565.5	10321.1	8937.1	9437.2
1984	504.2	425.2	454.8	461.4	9356.9	10093.2	8744.9	9231.6
1985	94.4	79.6	85.2	86.4	8895.4	9589.0	8319.6	8776.8
1986	204.4	172.4	184.4	187.0	8809.0	9494.5	8240.0	8691.6
1987	131.7	111.1	118.8	120.6	8622.0	9290.2	8067.6	8507.2
1988	238.9	201.5	215.5	218.6	8501.4	9158.4	7956.5	8388.4
1989	339.6	286.4	306.4	310.8	8282.8	8919.5	7755.1	8172.9
1990	149.2	125.8	134.6	136.5	7972.0	8579.9	7468.7	7866.5
1991	182.2	153.6	164.3	166.7	7835.4	8430.7	7342.8	7731.9
1992	154.3	130.1	139.1	141.2	7668.7	8248.5	7189.2	7567.6
1993	413.6	348.8	373.1	378.5	7527.6	8094.3	7059.1	7428.5
1994	391.3	330.0	353.0	358.1	7149.1	7680.7	6710.4	7055.4
1995	231.6	195.3	208.9	211.9	6791.0	7289.4	6380.4	6702.4
1996	155.6	131.2	140.3	142.4	6579.1	7057.9	6185.1	6493.5
1997	155.7	131.3	140.5	142.5	6436.7	6902.3	6053.9	6353.2
1998	431.5	363.9	389.2	394.9	6294.2	6746.6	5922.6	6212.7

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1999	595.1	501.8	536.8	544.6	5899.3	6315.1	5558.7	5823.5
2000	337.3	284.4	304.3	308.7	5354.7	5720.0	5056.9	5286.7
2001	314.1	264.9	283.4	287.5	5046.1	5382.8	4772.4	4982.5
2002	333.8	281.5	301.1	305.5	4758.6	5068.6	4507.5	4699.1
2003	196.1	165.3	176.9	179.4	4453.1	4734.8	4226.0	4398.0
2004	133.9	112.9	120.7	122.5	4273.7	4538.8	4060.7	4221.1
2005	226.0	190.6	203.9	206.8	4151.2	4404.9	3947.8	4100.4
2006	399.7	337.1	360.5	365.8	3944.3	4178.9	3757.2	3896.5
2007	108.7	91.7	98.1	99.5	3578.6	3779.2	3420.1	3535.9
2008	557.1	469.8	502.6	509.8	3479.1	3670.5	3328.4	3437.9
2009	369.4	311.6	333.3	338.1	2969.2	3113.4	2858.6	2935.3
2010	338.6	285.6	305.4	309.9	2631.1	2743.9	2547.0	2602.0
2011	267.9	226.0	241.7	245.2	2321.2	2405.3	2261.5	2296.6
2012	549.1	463.1	495.4	502.5	2076.0	2137.4	2035.5	2054.9
2013	170.0	143.4	153.4	155.6	1573.4	1588.2	1572.4	1559.5
2014	182.3	153.7	164.4	166.8	1417.9	1418.2	1429.1	1406.1
2015	95.4	80.5	86.1	87.3	1251.1	1236.0	1275.3	1241.7
2016	184.4	155.5	166.3	168.7	1163.7	1140.5	1194.9	1155.6
2017	382.1	322.2	344.7	349.7	995.0	956.1	1039.4	989.3
2018	164.1	138.4	148.0	150.2	645.3	574.0	717.1	644.6
2019	358.9	302.7	323.8	328.5	495.1	410.0	578.8	496.6
2020	51.0	276.1	172.8	166.7	166.7	51.0	276.1	172.8

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.30. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregido–Febrero–Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

MARZO

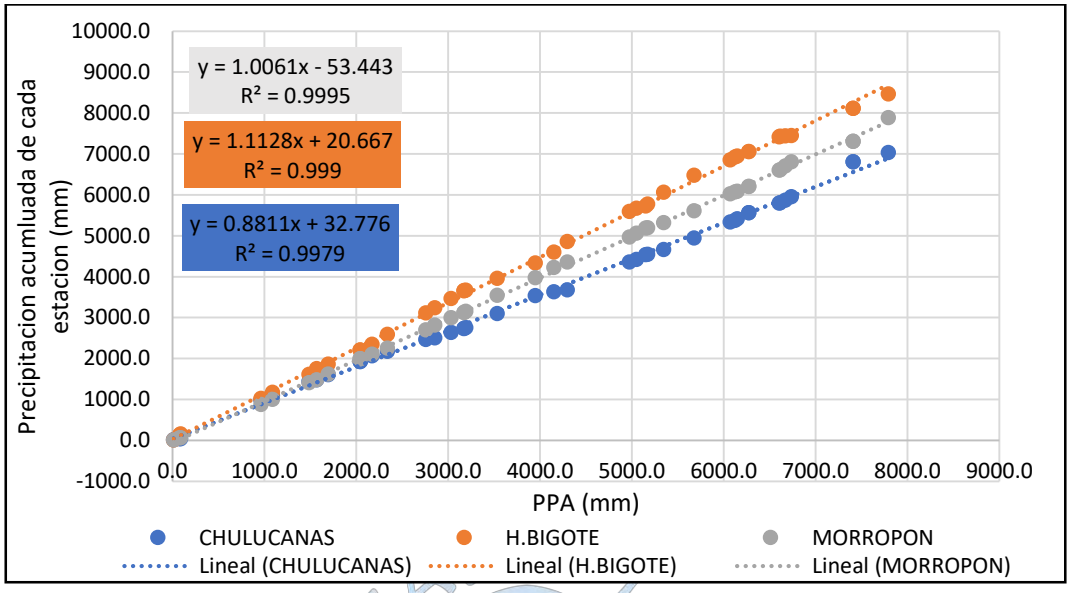
ZONA BAJA

Apéndice B.31. Análisis de consistencia mes de Marzo – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	223.3	349.8	578.8	384.0	7792.3	7031.0	8464.1	7881.9
1982	0.0	0.1	0.0	0.0	7408.3	6807.7	8114.2	7303.1
1983	854.2	667.4	494.4	672.0	7408.3	6807.7	8114.2	7303.1
1984	89.9	6.3	108.7	68.3	6736.3	5953.5	7446.8	6808.7
1985	59.7	11.4	88.4	53.2	6668.0	5863.6	7440.4	6700.0
1986	5.2	14.5	12.5	10.7	6614.9	5803.9	7429.1	6611.6
1987	239.4	356.2	396.7	330.8	6604.1	5798.7	7414.5	6599.1
1988	0.0	3.0	0.3	1.1	6273.4	5559.3	7058.4	6202.4
1989	148.5	110.8	114.2	124.5	6272.3	5559.3	7055.4	6202.1
1990	33.4	25.8	17.5	25.6	6147.8	5410.8	6944.6	6087.9
1991	41.3	67.7	45.6	51.5	6122.2	5377.4	6918.8	6070.4
1992	396.6	373.2	414.8	394.9	6070.7	5336.2	6851.1	6024.8
1993	279.5	416.7	293.1	329.8	5675.8	4939.5	6478.0	5610.0
1994	112.5	291.1	119.6	174.4	5346.0	4660.0	6061.2	5316.9
1995	8.1	42.9	11.2	20.7	5171.6	4547.5	5770.1	5197.3
1996	121.8	55.5	129.3	102.2	5150.9	4539.4	5727.2	5186.1
1997	64.6	77.9	89.0	77.2	5048.7	4417.6	5671.7	5056.8
1998	677.4	737.3	612.3	675.6	4971.5	4353.0	5593.8	4967.8
1999	44.0	255.4	133.4	144.3	4295.9	3675.6	4856.5	4355.5
2000	99.0	267.7	247.1	204.6	4151.6	3631.6	4601.1	4222.1
2001	438.6	374.0	433.1	415.2	3947.0	3532.6	4333.4	3975.0
2002	341.7	289.9	391.6	341.1	3531.8	3094.0	3959.4	3541.9
2003	17.8	12.8	18.3	16.3	3190.7	2752.3	3669.5	3150.3
2004	1.6	2.2	10.2	4.7	3174.4	2734.5	3656.7	3132.0
2005	94.9	188.4	125.9	136.4	3169.7	2732.9	3654.4	3121.8
2006	135.2	227.7	177.6	180.2	3033.3	2637.9	3466.0	2995.9
2007	40.3	125.0	123.2	96.2	2853.1	2502.7	3238.3	2818.3
2008	287.5	521.4	444.0	417.6	2756.9	2462.4	3113.3	2695.1
2009	112.1	243.7	149.1	168.3	2339.3	2174.9	2591.9	2251.1
2010	138.6	144.9	105.8	129.8	2171.0	2062.8	2348.1	2102.0
2011	1.2	0.0	0.0	0.4	2041.2	1924.2	2203.3	1996.2
2012	320.3	343.3	374.0	345.9	2040.8	1923.0	2203.3	1996.2
2013	127.8	110.7	140.9	126.5	1694.9	1602.7	1859.9	1622.2
2014	32.0	137.7	77.2	82.3	1568.5	1474.9	1749.2	1481.3
2015	349.1	437.2	405.9	397.4	1486.2	1442.9	1611.5	1404.1
2016	107.5	150.2	124.7	127.4	1088.7	1093.7	1174.3	998.2
2017	943.6	868.4	809.2	873.7	961.3	986.3	1024.1	873.5
2018	1.8	21.8	4.1	9.2	87.6	42.7	155.7	64.3
2019	26.6	123.2	54.2	68.0	78.3	40.9	133.9	60.2
2020	14.3	10.7	6.0	10.3	10.3	14.3	10.7	6.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.32. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Marzo–Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

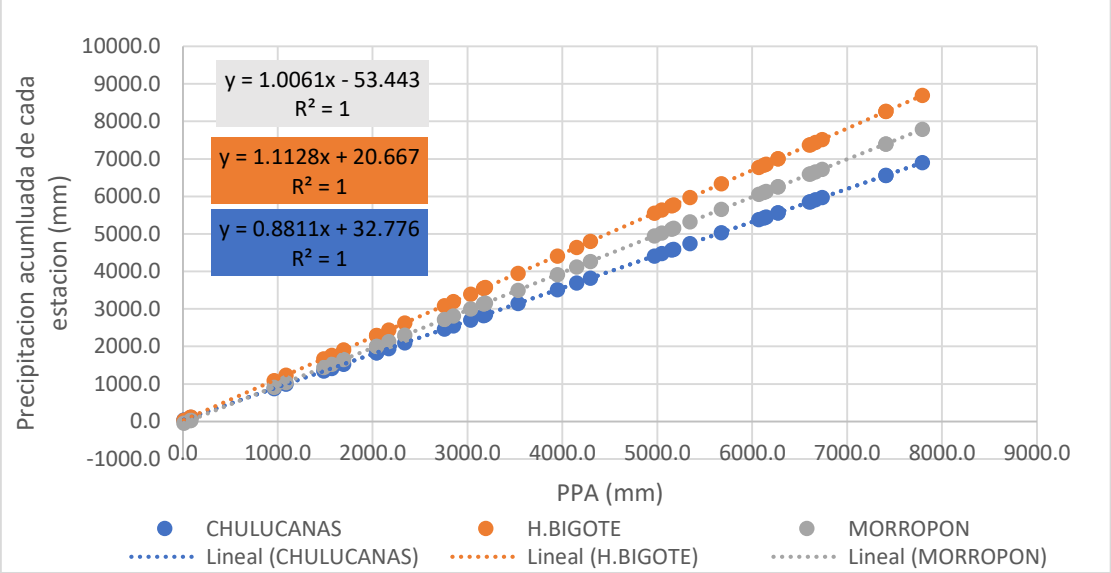
Apéndice B.33. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Marzo – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	338.3	427.3	386.3	384.0	7792.3	6898.6	8692.0	7786.4
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	7408.3	6560.3	8264.7	7400.1
1983	592.1	747.8	676.1	672.0	7408.3	6560.3	8264.7	7400.1
1984	60.2	76.0	68.7	68.3	6736.3	5968.1	7516.8	6724.0
1985	46.8	59.2	53.5	53.2	6668.0	5908.0	7440.8	6655.3
1986	9.5	11.9	10.8	10.7	6614.9	5861.1	7381.7	6601.8
1987	291.4	368.1	332.8	330.8	6604.1	5851.7	7369.7	6591.0
1988	1.0	1.2	1.1	1.1	6273.4	5560.2	7001.7	6258.2
1989	109.7	138.5	125.3	124.5	6272.3	5559.3	7000.4	6257.1
1990	22.5	28.4	25.7	25.6	6147.8	5449.6	6861.9	6131.8
1991	45.4	57.3	51.8	51.5	6122.2	5427.1	6833.5	6106.1
1992	347.9	439.4	397.3	394.9	6070.7	5381.7	6776.1	6054.3
1993	290.6	367.0	331.8	329.8	5675.8	5033.7	6336.7	5657.0
1994	153.7	194.1	175.5	174.4	5346.0	4743.2	5969.7	5325.2
1995	18.3	23.1	20.9	20.7	5171.6	4589.5	5775.7	5149.8
1996	90.1	113.7	102.8	102.2	5150.9	4571.2	5752.6	5128.9
1997	68.0	85.9	77.6	77.2	5048.7	4481.2	5638.8	5026.0
1998	595.3	751.9	679.8	675.6	4971.5	4413.2	5553.0	4948.4

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1999	127.1	160.5	145.1	144.3	4295.9	3817.9	4801.1	4268.6
2000	180.3	227.7	205.8	204.6	4151.6	3690.8	4640.6	4123.5
2001	365.9	462.1	417.8	415.2	3947.0	3510.5	4412.9	3917.6
2002	300.5	379.5	343.2	341.1	3531.8	3144.6	3950.8	3499.9
2003	14.4	18.1	16.4	16.3	3190.7	2844.1	3571.3	3156.7
2004	4.1	5.2	4.7	4.7	3174.4	2829.7	3553.1	3140.3
2005	120.2	151.8	137.2	136.4	3169.7	2825.6	3547.9	3135.6
2006	158.8	200.5	181.3	180.2	3033.3	2705.4	3396.1	2998.4
2007	84.7	107.0	96.8	96.2	2853.1	2546.7	3195.6	2817.1
2008	368.0	464.8	420.2	417.6	2756.9	2461.9	3088.6	2720.3
2009	148.3	187.3	169.3	168.3	2339.3	2093.9	2623.8	2300.1
2010	114.3	144.4	130.5	129.8	2171.0	1945.6	2436.5	2130.8
2011	0.4	0.5	0.4	0.4	2041.2	1831.3	2292.1	2000.2
2012	304.8	384.9	348.0	345.9	2040.8	1830.9	2291.7	1999.8
2013	111.4	140.7	127.2	126.5	1694.9	1526.2	1906.8	1651.8
2014	72.5	91.6	82.8	82.3	1568.5	1414.8	1766.1	1524.6
2015	350.2	442.3	399.9	397.4	1486.2	1342.2	1674.5	1441.8
2016	112.3	141.8	128.2	127.4	1088.7	992.1	1232.2	1041.9
2017	769.8	972.3	879.1	873.7	961.3	879.8	1090.4	913.7
2018	8.1	10.3	9.3	9.2	87.6	109.9	118.1	34.6
2019	59.9	75.7	68.4	68.0	78.3	101.8	107.8	25.4
2020	41.9	32.2	-43.0	10.3	10.3	41.9	32.2	-43.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.34. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregido–Marzo – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

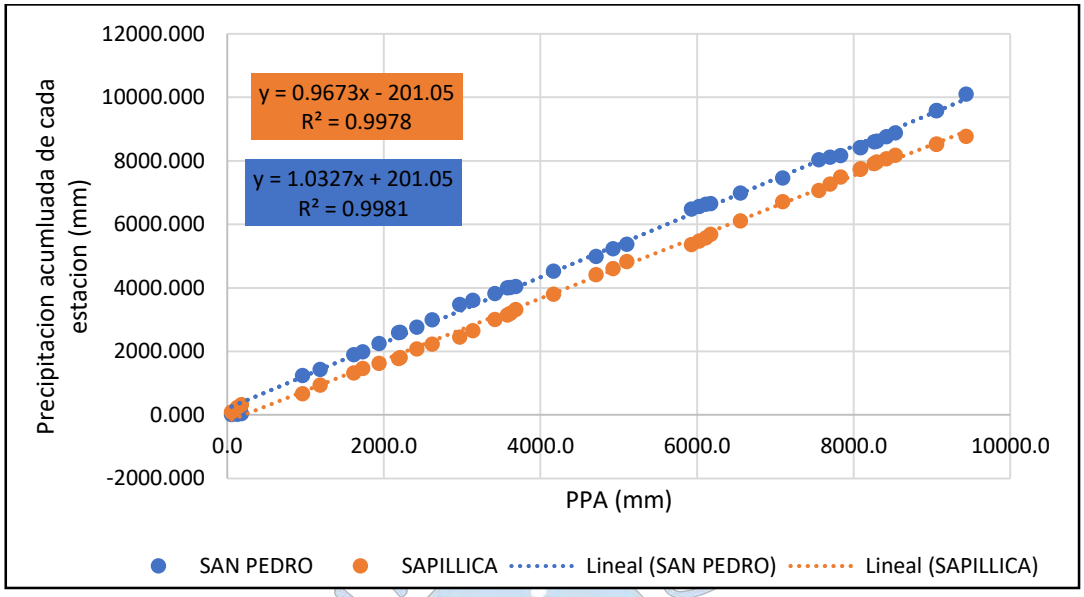
ZONA MEDIA

Apéndice B.35. Análisis de consistencia mes de Marzo – Zona Baja

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	511.600	243.320	377.5	9436.3	10101.777	8770.862
1982	7.900	2.970	5.4	9058.9	9590.177	8527.542
1983	699.500	345.141	522.3	9053.4	9582.277	8524.572
1984	117.900	108.300	113.1	8531.1	8882.777	8179.432
1985	139.100	108.100	123.6	8418.0	8764.877	8071.132
1986	21.500	46.200	33.9	8294.4	8625.777	7963.032
1987	182.600	159.030	170.8	8260.6	8604.277	7916.832
1988	1.500	18.320	9.9	8089.7	8421.677	7757.802
1989	248.600	249.400	249.0	8079.8	8420.177	7739.482
1990	53.700	213.400	133.6	7830.8	8171.577	7490.082
1991	79.300	204.300	141.8	7697.3	8117.877	7276.682
1992	571.100	352.600	461.9	7555.5	8038.577	7072.382
1993	478.334	607.300	542.8	7093.6	7467.477	6719.782
1994	335.643	422.900	379.3	6550.8	6989.143	6112.482
1995	14.400	108.100	61.3	6171.5	6653.499	5689.582
1996	70.500	103.000	86.8	6110.3	6639.099	5581.482
1997	83.900	106.610	95.3	6023.5	6568.599	5478.482
1998	1109.600	542.000	825.8	5928.3	6484.699	5371.872
1999	140.800	214.610	177.7	5102.5	5375.099	4829.872
2000	237.500	191.300	214.4	4924.8	5234.299	4615.262
2001	466.500	621.000	543.8	4710.4	4996.799	4423.962
2002	484.500	484.600	484.6	4166.6	4530.299	3802.962
2003	25.400	113.600	69.5	3682.1	4045.799	3318.362
2004	13.100	59.600	36.4	3612.6	4020.399	3204.762
2005	186.000	132.900	159.5	3576.2	4007.299	3145.162
2006	208.600	354.600	281.6	3416.8	3821.299	3012.262
2007	127.900	205.410	166.7	3135.2	3612.699	2657.662
2008	487.600	215.400	351.5	2968.5	3484.799	2452.252
2009	232.500	158.700	195.6	2617.0	2997.199	2236.852
2010	154.700	271.500	213.1	2421.4	2764.699	2078.152
2011	12.300	26.700	19.5	2208.3	2609.999	1806.652
2012	348.500	151.620	250.1	2188.8	2597.699	1779.952
2013	258.000	159.610	208.8	1938.8	2249.199	1628.332
2014	94.263	139.419	116.8	1730.0	1991.199	1468.722
2015	463.696	387.873	425.8	1613.1	1896.936	1329.303
2016	183.840	267.118	225.5	1187.3	1433.240	941.430
2017	1208.300	351.318	779.8	961.9	1249.400	674.312
2018	19.100	87.151	53.1	182.0	41.100	322.994
2019	5.200	144.446	74.8	128.9	22.000	235.843
2020	16.800	91.397	54.1	54.1	16.800	91.397

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.36. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Marzo – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

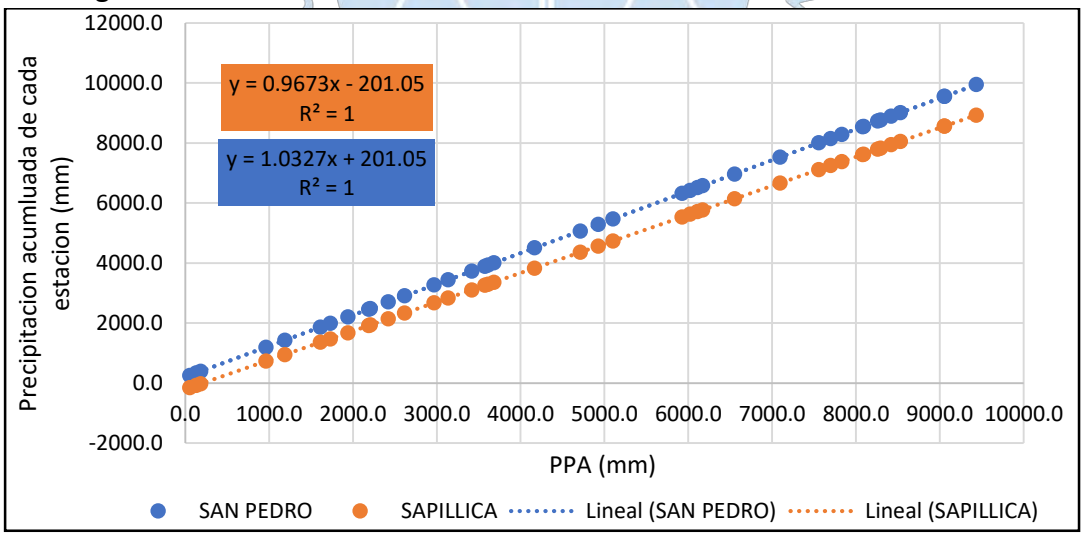
Apéndice B.37. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA– Corregido–Marzo–Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	389.8	365.1	377.5	9436.3	9945.9	8926.7
1982	5.6	5.3	5.4	9058.9	9556.1	8561.6
1983	539.4	505.2	522.3	9053.4	9550.5	8556.3
1984	116.8	109.4	113.1	8531.1	9011.1	8051.1
1985	127.6	119.6	123.6	8418.0	8894.3	7941.7
1986	35.0	32.7	33.8	8294.4	8766.7	7822.1
1987	176.4	165.2	170.8	8260.6	8731.7	7789.4
1988	10.2	9.6	9.9	8089.7	8555.3	7624.2
1989	257.1	240.9	249.0	8079.8	8545.1	7614.6
1990	137.9	129.2	133.6	7830.8	8287.9	7373.7
1991	146.4	137.2	141.8	7697.3	8150.0	7244.5
1992	477.0	446.7	461.9	7555.5	8003.6	7107.4
1993	560.6	525.1	542.8	7093.6	7526.6	6660.6
1994	391.7	366.9	379.3	6550.8	6966.1	6135.6
1995	63.3	59.2	61.3	6171.5	6574.4	5768.7
1996	89.6	83.9	86.8	6110.3	6511.1	5709.4
1997	98.4	92.1	95.3	6023.5	6421.6	5625.5
1998	852.8	798.8	825.8	5928.3	6323.2	5533.4

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1999	183.5	171.9	177.7	5102.5	5470.4	4734.6
2000	221.4	207.4	214.4	4924.8	5286.9	4562.7
2001	561.5	526.0	543.8	4710.4	5065.5	4355.3
2002	500.4	468.7	484.6	4166.6	4503.9	3829.3
2003	71.8	67.2	69.5	3682.1	4003.5	3360.6
2004	37.5	35.2	36.3	3612.6	3931.8	3293.4
2005	164.7	154.2	159.5	3576.2	3894.2	3258.2
2006	290.8	272.4	281.6	3416.8	3729.6	3104.0
2007	172.1	161.2	166.7	3135.2	3438.8	2831.6
2008	363.0	340.0	351.5	2968.5	3266.6	2670.4
2009	202.0	189.2	195.6	2617.0	2903.7	2330.4
2010	220.1	206.1	213.1	2421.4	2701.7	2141.2
2011	20.1	18.9	19.5	2208.3	2481.6	1935.1
2012	258.2	241.9	250.1	2188.8	2461.5	1916.2
2013	215.6	202.0	208.8	1938.8	2203.2	1674.3
2014	120.7	113.0	116.8	1730.0	1987.6	1472.3
2015	439.7	411.9	425.8	1613.1	1866.9	1359.3
2016	232.9	218.1	225.5	1187.3	1427.2	947.5
2017	805.3	754.3	779.8	961.9	1194.4	729.4
2018	54.9	51.4	53.1	182.0	389.0	-25.0
2019	77.3	72.4	74.8	128.9	334.2	-76.3
2020	256.9	-148.7	54.1	54.1	256.9	-148.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.38. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Marzo – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Sapillica, por lo que se reemplazaron por 0.

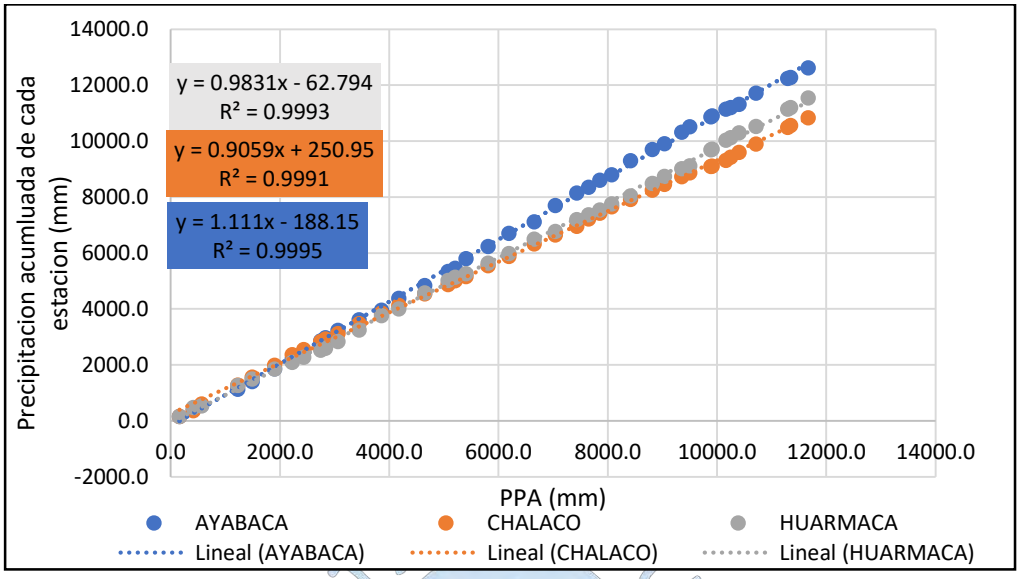
ZONA ALTA

Apéndice B.39. Análisis de consistencia mes de marzo – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	338.1	275.0	348.3	320.5	11667.4	12619.9	10834.7	11547.5
1982	41.1	64.0	48.9	51.3	11346.9	12281.8	10559.7	11199.2
1983	526.0	600.9	620.5	582.5	11295.6	12240.7	10495.7	11150.3
1984	396.8	298.4	232.0	309.1	10713.1	11714.7	9894.8	10529.8
1985	117.2	167.4	173.4	152.7	10404.0	11317.9	9596.4	10297.8
1986	57.0	119.2	92.6	89.6	10251.4	11200.7	9429.0	10124.4
1987	234.2	204.9	319.3	252.8	10161.8	11143.7	9309.8	10031.8
1988	39.5	5.0	25.3	23.3	9909.0	10909.5	9104.9	9712.5
1989	357.1	236.2	562.6	385.3	9885.7	10870.0	9099.9	9687.2
1990	194.1	138.4	107.1	146.5	9500.4	10512.9	8863.7	9124.6
1991	407.4	264.3	277.1	316.3	9353.9	10318.8	8725.3	9017.5
1992	210.6	205.8	250.2	222.2	9037.6	9911.4	8461.0	8740.4
1993	403.3	338.1	449.6	397.0	8815.4	9700.8	8255.2	8490.2
1994	496.1	263.3	284.9	348.1	8418.4	9297.5	7917.1	8040.6
1995	197.3	231.1	211.8	213.4	8070.3	8801.4	7653.8	7755.7
1996	245.9	203.5	171.8	207.1	7856.9	8604.1	7422.7	7543.9
1997	206.8	262.8	172.7	214.1	7649.8	8358.2	7219.2	7372.1
1998	454.4	303.4	422.6	393.5	7435.7	8151.4	6956.4	7199.4
1999	579.3	320.0	274.1	391.1	7042.3	7697.0	6653.0	6776.8
2000	407.5	456.5	517.5	460.5	6651.1	7117.7	6333.0	6502.7
2001	478.3	321.7	348.7	382.9	6190.6	6710.2	5876.5	5985.2
2002	432.3	397.8	368.3	399.5	5807.8	6231.9	5554.8	5636.6
2003	344.2	141.5	127.5	204.4	5408.3	5799.6	5157.0	5268.3
2004	116.9	146.1	112.2	125.1	5203.9	5455.4	5015.5	5140.8
2005	501.4	330.0	450.1	427.2	5078.8	5338.5	4869.4	5028.6
2006	453.8	406.8	571.1	477.2	4651.7	4837.1	4539.4	4578.5
2007	430.1	279.6	237.9	315.9	4174.4	4383.3	4132.6	4007.4
2008	333.4	373.5	524.7	410.5	3858.6	3953.2	3853.0	3769.5
2009	385.2	361.4	409.1	385.2	3448.0	3619.8	3479.5	3244.8
2010	255.4	188.0	237.3	226.9	3062.8	3234.6	3118.1	2835.7
2011	120.8	89.1	65.1	91.7	2835.9	2979.2	2930.1	2598.4
2012	388.8	286.0	254.7	309.8	2744.2	2858.4	2841.0	2533.3
2013	259.7	191.1	183.4	211.4	2434.4	2469.6	2555.0	2278.6
2014	344.2	375.3	240.3	319.9	2223.0	2209.9	2363.9	2095.2
2015	456.0	418.8	360.6	411.8	1903.0	1865.7	1988.6	1854.8
2016	279.4	290.9	219.9	263.4	1491.2	1409.7	1569.8	1494.3
2017	570.9	676.9	735.0	660.9	1227.9	1130.3	1278.9	1274.4
2018	154.1	235.8	63.2	151.0	566.9	559.4	602.0	539.4
2019	244.5	212.0	315.0	257.2	415.9	405.3	366.2	476.2
2020	160.8	154.2	161.2	158.7	158.7	160.8	154.2	161.2

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.40. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Marzo – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

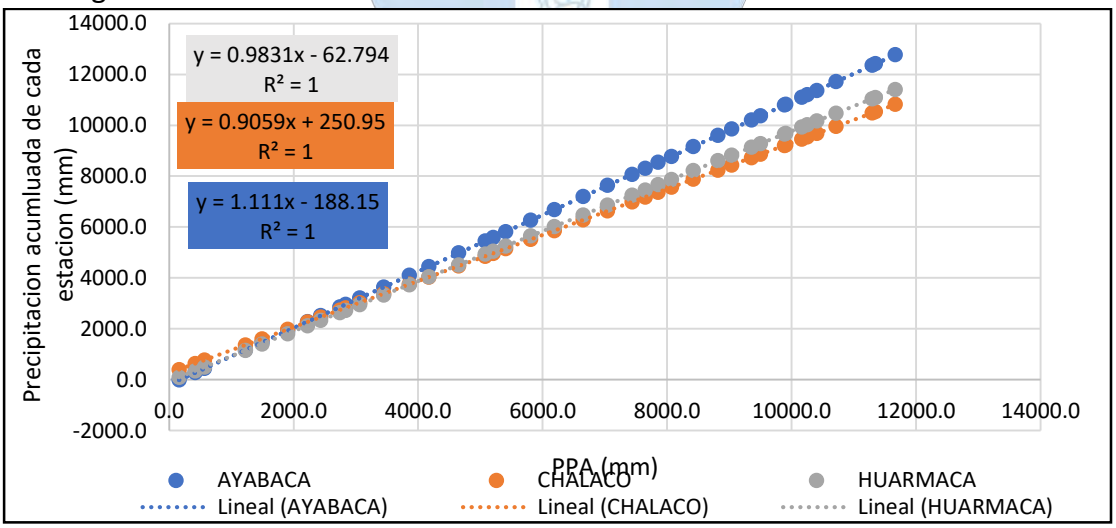
Apéndice B.41. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Marzo – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	356.0	290.3	315.1	320.5	11667.4	12774.3	10820.4	11407.4
1982	57.0	46.5	50.5	51.3	11346.9	12418.3	10530.1	11092.4
1983	647.1	527.7	572.6	582.5	11295.6	12361.2	10483.6	11041.9
1984	343.4	280.0	303.8	309.1	10713.1	11714.1	9956.0	10469.3
1985	169.6	138.3	150.1	152.7	10404.0	11370.7	9676.0	10165.4
1986	99.5	81.2	88.1	89.6	10251.4	11201.1	9537.7	10015.3
1987	280.9	229.0	248.5	252.8	10161.8	11101.6	9456.5	9927.2
1988	25.8	21.1	22.9	23.3	9909.0	10820.7	9227.5	9678.7
1989	428.1	349.0	378.8	385.3	9885.7	10794.9	9206.4	9655.8
1990	162.8	132.7	144.1	146.5	9500.4	10366.8	8857.4	9277.1
1991	351.4	286.5	310.9	316.3	9353.9	10204.0	8724.6	9133.0
1992	246.9	201.3	218.4	222.2	9037.6	9852.6	8438.1	8822.1
1993	441.1	359.6	390.3	397.0	8815.4	9605.8	8236.8	8603.6
1994	386.7	315.3	342.2	348.1	8418.4	9164.7	7877.2	8213.3
1995	237.1	193.3	209.8	213.4	8070.3	8778.0	7561.8	7871.1
1996	230.1	187.6	203.6	207.1	7856.9	8540.9	7368.5	7661.3
1997	237.9	194.0	210.5	214.1	7649.8	8310.8	7180.9	7457.8
1998	437.1	356.4	386.8	393.5	7435.7	8073.0	6987.0	7247.3

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1999	434.5	354.3	384.5	391.1	7042.3	7635.8	6630.5	6860.5
2000	511.6	417.2	452.7	460.5	6651.1	7201.3	6276.2	6475.9
2001	425.4	346.9	376.4	382.9	6190.6	6689.7	5859.1	6023.2
2002	443.8	361.9	392.7	399.5	5807.8	6264.3	5512.2	5646.8
2003	227.1	185.2	200.9	204.4	5408.3	5820.5	5150.3	5254.1
2004	138.9	113.3	123.0	125.1	5203.9	5593.4	4965.1	5053.1
2005	474.6	387.0	419.9	427.2	5078.8	5454.4	4851.9	4930.2
2006	530.2	432.3	469.2	477.2	4651.7	4979.8	4464.9	4510.2
2007	350.9	286.1	310.5	315.9	4174.4	4449.6	4032.6	4041.1
2008	456.1	371.9	403.6	410.5	3858.6	4098.7	3746.4	3730.5
2009	428.0	349.0	378.7	385.2	3448.0	3642.6	3374.5	3327.0
2010	252.1	205.5	223.1	226.9	3062.8	3214.6	3025.5	2948.2
2011	101.8	83.0	90.1	91.7	2835.9	2962.5	2820.0	2725.2
2012	344.2	280.7	304.6	309.8	2744.2	2860.7	2737.0	2635.1
2013	234.9	191.5	207.8	211.4	2434.4	2516.5	2456.3	2330.5
2014	355.4	289.8	314.5	319.9	2223.0	2281.6	2264.7	2122.6
2015	457.5	373.1	404.8	411.8	1903.0	1926.1	1974.9	1808.1
2016	292.6	238.6	258.9	263.4	1491.2	1468.6	1601.9	1403.2
2017	734.3	598.7	649.8	660.9	1227.9	1176.0	1363.3	1144.3
2018	167.8	136.8	148.5	151.0	566.9	441.7	764.5	494.5
2019	285.7	233.0	252.8	257.2	415.9	273.9	627.7	346.1
2020	-11.8	394.7	93.2	158.7	158.7	-11.8	394.7	93.2

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.42. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Marzo – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Ayabaca, por lo que se reemplazaron por 0.

ABRIL

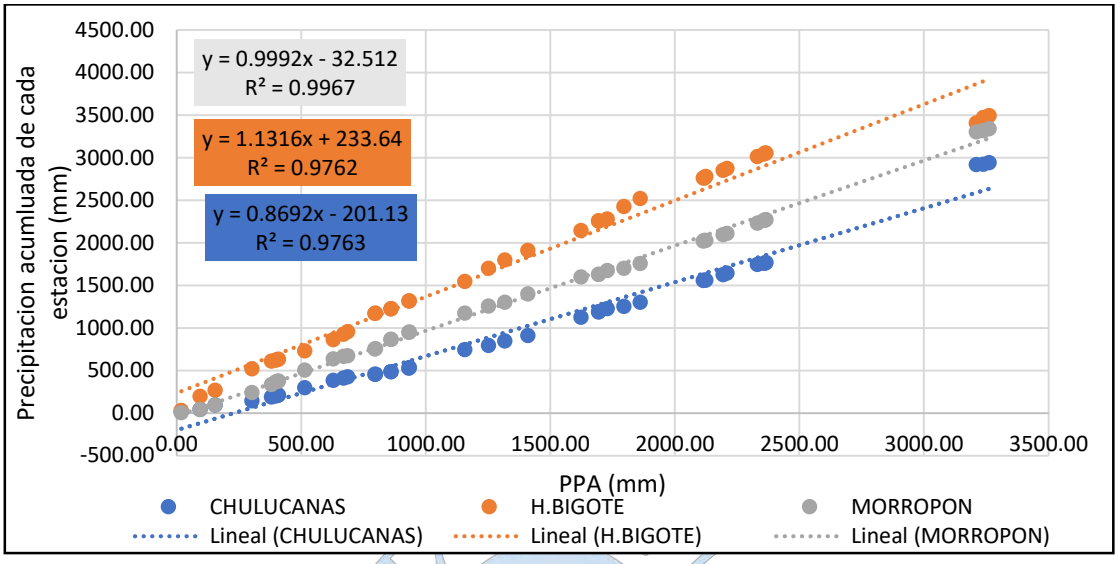
ZONA BAJA

Apéndice B.43. Análisis de consistencia mes de Abril – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	20.0	23.8	24.3	22.71	3261.42	2944.54	3496.97	3342.77
1982	5.8	64.2	13.9	27.98	3238.71	2924.54	3473.12	3318.47
1983	1150.7	352.3	1030.7	844.58	3210.73	2918.74	3408.89	3304.57
1984	4.0	0.0	6.9	3.64	2366.16	1768.04	3056.56	2273.87
1985	0.0	12.5	0.1	4.19	2362.51	1764.04	3056.53	2266.97
1986	17.8	30.4	34.0	27.41	2358.33	1764.04	3044.07	2266.87
1987	101.8	139.7	121.8	121.09	2330.92	1746.23	3013.65	2232.87
1988	16.1	19.5	13.4	16.34	2209.83	1644.43	2873.99	2111.07
1989	65.9	72.7	66.6	68.41	2193.49	1628.33	2854.46	2097.67
1990	0.0	17.4	0.0	5.81	2125.08	1562.43	2781.76	2031.04
1991	4.9	1.9	7.8	4.86	2119.26	1562.43	2764.32	2031.04
1992	252.4	241.3	264.9	252.84	2114.41	1557.56	2762.42	2023.24
1993	50.3	92.5	55.0	65.93	1861.56	1305.21	2521.14	1758.34
1994	25.6	146.2	29.3	67.01	1795.63	1254.89	2428.66	1703.33
1995	37.3	24.1	41.5	34.31	1728.61	1229.33	2282.48	1674.03
1996	0.0	1.1	0.0	0.38	1694.30	1192.02	2258.35	1632.53
1997	66.7	111.6	33.3	70.54	1693.92	1192.02	2257.22	1632.53
1998	211.8	231.3	196.8	213.31	1623.38	1125.30	2145.62	1599.23
1999	63.8	116.2	97.5	92.50	1410.07	913.50	1914.32	1402.39
2000	54.5	95.8	46.2	65.50	1317.57	849.70	1798.12	1304.89
2001	48.6	152.9	83.1	94.86	1252.07	795.20	1702.32	1258.69
2002	211.3	231.9	222.7	221.97	1157.21	746.58	1549.47	1175.59
2003	4.5	0.5	4.3	3.10	935.25	535.28	1317.57	952.89
2004	41.6	88.2	81.5	70.44	932.14	530.78	1317.06	948.59
2005	0.9	2.3	0.0	1.07	861.71	489.18	1228.85	867.09
2006	28.8	50.3	107.6	62.24	860.63	488.28	1226.53	867.09
2007	0.9	3.4	4.4	2.88	798.39	459.47	1176.21	759.49
2008	31.2	214.9	81.0	109.05	795.51	458.57	1172.86	755.09
2009	14.1	29.1	6.7	16.63	686.46	427.36	957.92	674.09
2010	26.4	65.7	30.2	40.79	669.82	413.26	928.82	667.39
2011	85.3	129.2	129.3	114.61	629.04	386.83	863.09	637.19
2012	87.3	99.3	128.8	105.13	514.42	301.52	733.86	507.89
2013	4.2	3.0	3.6	3.60	409.29	214.22	634.57	379.09
2014	6.8	7.7	9.3	7.92	405.69	210.02	631.57	375.49
2015	11.3	11.6	28.6	17.19	397.77	203.26	623.84	366.22
2016	47.0	90.4	96.1	77.82	380.59	191.92	612.24	337.59
2017	47.20	251.60	143.70	147.50	302.76	144.90	521.89	241.50
2018	55.30	73.80	54.50	61.20	155.26	97.70	270.29	97.80
2019	25.40	164.30	35.50	75.07	94.06	42.40	196.49	43.30
2020	17.00	32.19	7.80	19.00	19.00	17.00	32.19	7.80

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.44. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Abril – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como se presentaron valores $R^2 > 0.99$ por parte de la estación Morropón, se realizará un nuevo análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) el promedio de la estación antes mencionada.

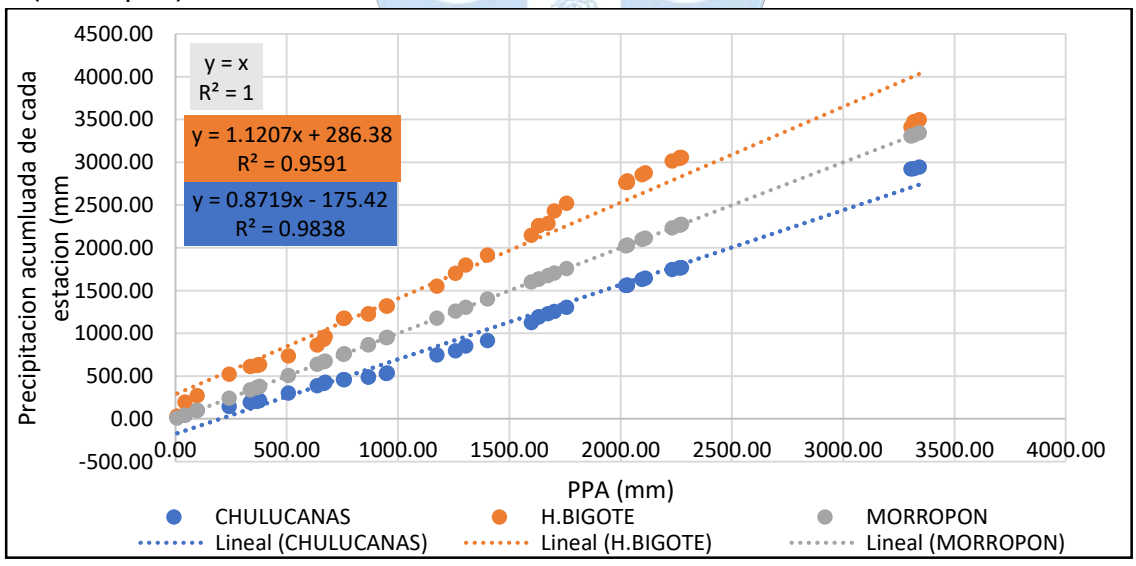
Apéndice B.45. Análisis de consistencia mes de abril (PPA es Morropón) – Zona baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	20.0	23.8	24.3	22.71	3342.77	2944.54	3496.97	3342.77
1982	5.8	64.2	13.9	27.98	3318.47	2924.54	3473.12	3318.47
1983	1150.7	352.3	1030.7	844.58	3304.57	2918.74	3408.89	3304.57
1984	4.0	0.0	6.9	3.64	2273.87	1768.04	3056.56	2273.87
1985	0.0	12.5	0.1	4.19	2266.97	1764.04	3056.53	2266.97
1986	17.8	30.4	34.0	27.41	2266.87	1764.04	3044.07	2266.87
1987	101.8	139.7	121.8	121.09	2232.87	1746.23	3013.65	2232.87
1988	16.1	19.5	13.4	16.34	2111.07	1644.43	2873.99	2111.07
1989	65.9	72.7	66.6	68.41	2097.67	1628.33	2854.46	2097.67
1990	0.0	17.4	0.0	5.81	2031.04	1562.43	2781.76	2031.04
1991	4.9	1.9	7.8	4.86	2031.04	1562.43	2764.32	2031.04
1992	252.4	241.3	264.9	252.84	2023.24	1557.56	2762.42	2023.24
1993	50.3	92.5	55.0	65.93	1758.34	1305.21	2521.14	1758.34
1994	25.6	146.2	29.3	67.01	1703.33	1254.89	2428.66	1703.33
1995	37.3	24.1	41.5	34.31	1674.03	1229.33	2282.48	1674.03
1996	0.0	1.1	0.0	0.38	1632.53	1192.02	2258.35	1632.53
1997	66.7	111.6	33.3	70.54	1632.53	1192.02	2257.22	1632.53
1998	211.8	231.3	196.8	213.31	1599.23	1125.30	2145.62	1599.23

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1999	63.8	116.2	97.5	92.50	1402.39	913.50	1914.32	1402.39
2000	54.5	95.8	46.2	65.50	1304.89	849.70	1798.12	1304.89
2001	48.6	152.9	83.1	94.86	1258.69	795.20	1702.32	1258.69
2002	211.3	231.9	222.7	221.97	1175.59	746.58	1549.47	1175.59
2003	4.5	0.5	4.3	3.10	952.89	535.28	1317.57	952.89
2004	41.6	88.2	81.5	70.44	948.59	530.78	1317.06	948.59
2005	0.9	2.3	0.0	1.07	867.09	489.18	1228.85	867.09
2006	28.8	50.3	107.6	62.24	867.09	488.28	1226.53	867.09
2007	0.9	3.4	4.4	2.88	759.49	459.47	1176.21	759.49
2008	31.2	214.9	81.0	109.05	755.09	458.57	1172.86	755.09
2009	14.1	29.1	6.7	16.63	674.09	427.36	957.92	674.09
2010	26.4	65.7	30.2	40.79	667.39	413.26	928.82	667.39
2011	85.3	129.2	129.3	114.61	637.19	386.83	863.09	637.19
2012	87.3	99.3	128.8	105.13	507.89	301.52	733.86	507.89
2013	4.2	3.0	3.6	3.60	379.09	214.22	634.57	379.09
2014	6.8	7.7	9.3	7.92	375.49	210.02	631.57	375.49
2015	11.3	11.6	28.6	17.19	366.22	203.26	623.84	366.22
2016	47.0	90.4	96.1	77.82	337.59	191.92	612.24	337.59
2017	47.20	251.60	143.70	147.50	241.50	144.90	521.89	241.50
2018	55.30	73.80	54.50	61.20	97.80	97.70	270.29	97.80
2019	25.40	164.30	35.50	75.07	43.30	42.40	196.49	43.30
2020	17.00	32.19	7.80	19.00	7.80	17.00	32.19	7.80

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.46. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Morropón)



Fuente: Elaboración propia

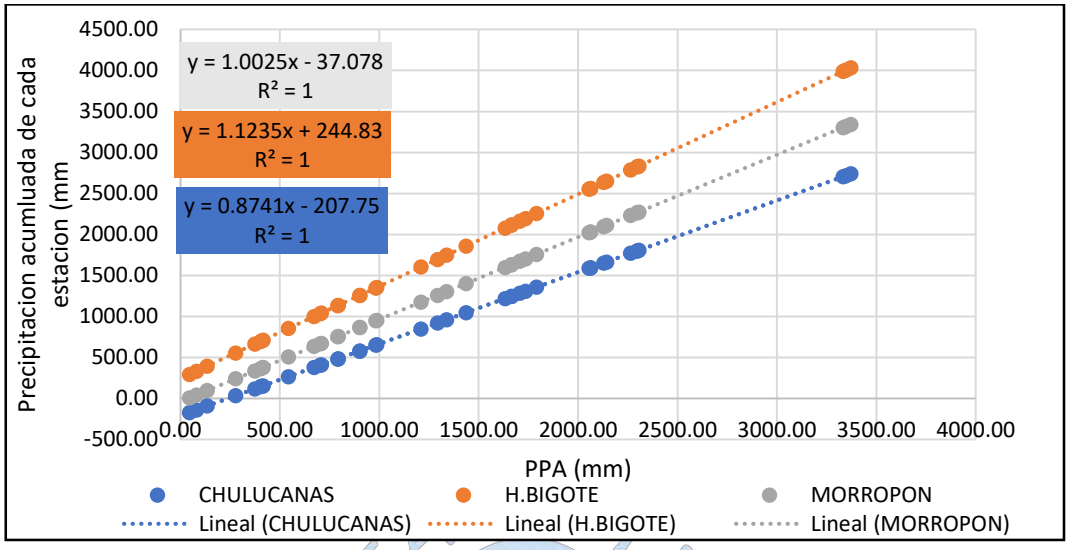
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.47. Análisis de consistencia mes de abril – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	21.2	27.2	24.3	24.24	3371.51	2739.14	4032.62	3342.77
1982	12.1	15.6	13.9	13.87	3347.27	2717.95	4005.39	3318.47
1983	898.7	1155.1	1030.7	1028.16	3333.40	2705.83	3989.81	3304.57
1984	6.0	7.7	6.9	6.88	2305.25	1807.17	2834.71	2273.87
1985	0.1	0.1	0.1	0.10	2298.36	1801.15	2826.97	2266.97
1986	29.6	38.1	34.0	33.92	2298.26	1801.06	2826.86	2266.87
1987	106.2	136.5	121.8	121.50	2264.35	1771.42	2788.76	2232.87
1988	11.7	15.0	13.4	13.37	2142.85	1665.22	2652.26	2111.07
1989	58.1	74.7	66.6	66.46	2129.48	1653.54	2637.24	2097.67
1990	0.0	0.0	0.0	0.00	2063.02	1595.45	2562.57	2031.04
1991	6.8	8.7	7.8	7.78	2063.02	1595.45	2562.57	2031.04
1992	231.0	296.9	264.9	264.25	2055.24	1588.64	2553.83	2023.24
1993	48.0	61.6	55.0	54.87	1790.99	1357.68	2256.95	1758.34
1994	25.5	32.8	29.3	29.23	1736.12	1309.71	2195.30	1703.33
1995	36.2	46.5	41.5	41.40	1706.89	1284.17	2162.47	1674.03
1996	0.0	0.0	0.0	0.00	1665.49	1247.98	2115.96	1632.53
1997	29.0	37.3	33.3	33.22	1665.49	1247.98	2115.96	1632.53
1998	171.6	220.6	196.8	196.35	1632.27	1218.95	2078.64	1599.23
1999	85.0	109.3	97.5	97.26	1435.92	1047.33	1858.04	1402.39
2000	40.3	51.8	46.2	46.09	1338.66	962.32	1748.77	1304.89
2001	72.5	93.1	83.1	82.90	1292.57	922.03	1697.00	1258.69
2002	194.2	249.6	222.7	222.15	1209.68	849.58	1603.87	1175.59
2003	3.7	4.8	4.3	4.29	987.53	655.41	1354.29	952.89
2004	71.1	91.3	81.5	81.30	983.24	651.66	1349.47	948.59
2005	0.0	0.0	0.0	0.00	901.94	580.60	1258.13	867.09
2006	93.8	120.6	107.6	107.33	901.94	580.60	1258.13	867.09
2007	3.8	4.9	4.4	4.39	794.61	486.78	1137.54	759.49
2008	70.6	90.8	81.0	80.80	790.22	482.94	1132.61	755.09
2009	5.8	7.5	6.7	6.68	709.42	412.32	1041.84	674.09
2010	26.3	33.8	30.2	30.13	702.73	406.48	1034.33	667.39
2011	112.7	144.9	129.3	128.98	672.61	380.15	1000.48	637.19
2012	112.3	144.3	128.8	128.48	543.63	267.41	855.57	507.89
2013	3.1	4.0	3.6	3.59	415.14	155.11	711.23	379.09
2014	8.1	10.4	9.3	9.25	411.55	151.97	707.19	375.49
2015	25.0	32.1	28.6	28.55	402.30	143.89	696.80	366.22
2016	83.8	107.7	96.1	95.86	373.75	118.93	664.72	337.59
2017	125.3	161.0	143.7	143.35	277.89	35.14	557.03	241.50
2018	47.5	61.1	54.5	54.37	134.55	-90.15	395.98	97.80
2019	31.0	39.8	35.5	35.41	80.18	-137.67	334.91	43.30
2020	-168.62	295.12	7.80	44.77	44.77	-168.62	295.12	7.80

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.48. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA– Corregido – Abril – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Chulucanas, por lo que se reemplazaron por 0.

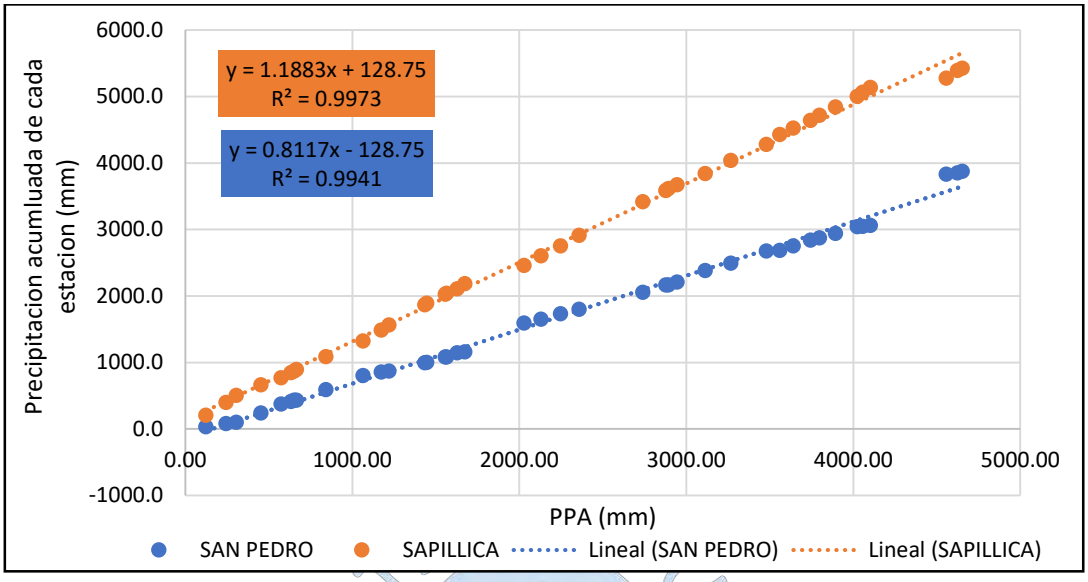
ZONA MEDIA

Apéndice B.49. Análisis de consistencia mes de Abril – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	24.7	33.3	29.00	4653.19	3878.9	5427.5
1982	18.0	116.2	67.12	4624.19	3854.2	5394.2
1983	772.0	137.7	454.86	4557.07	3836.2	5277.9
1984	16.5	75.7	46.10	4102.21	3064.2	5140.2
1985	5.3	61.3	33.31	4056.11	3047.7	5064.5
1986	100.5	159.4	129.95	4022.80	3042.4	5003.2
1987	68.0	122.8	95.40	3892.85	2941.9	4843.8
1988	29.9	78.5	54.20	3797.45	2873.9	4721.0
1989	87.6	117.3	102.45	3743.25	2844.0	4642.5
1990	68.1	94.3	81.20	3640.80	2756.4	4525.2
1991	12.5	149.3	80.91	3559.60	2688.3	4430.9
1992	182.0	242.7	212.35	3478.69	2675.8	4281.6
1993	110.0	196.6	153.32	3266.34	2493.8	4038.9
1994	171.0	166.3	168.67	3113.02	2383.8	3842.3
1995	43.2	59.2	51.20	2944.35	2212.7	3676.0
1996	2.3	28.0	15.16	2893.15	2169.5	3616.8
1997	108.9	169.4	139.16	2877.99	2167.2	3588.8
1998	254.2	507.6	380.90	2738.83	2058.3	3419.3
1999	67.7	155.5	111.61	2357.93	1804.1	2911.7
2000	82.7	150.0	116.36	2246.33	1736.4	2756.2
2001	60.0	145.6	102.81	2129.97	1653.7	2606.2
2002	434.5	273.7	354.10	2027.16	1593.7	2460.6
2003	12.3	77.2	44.75	1673.06	1159.2	2186.9
2004	60.9	65.9	63.40	1628.31	1146.9	2109.7
2005	1.6	17.0	9.31	1564.91	1086.0	2043.8
2006	84.2	135.6	109.91	1555.60	1084.4	2026.8
2007	3.0	21.3	12.15	1445.70	1000.2	1891.2
2008	126.5	303.7	215.10	1433.55	997.2	1869.9
2009	12.7	76.6	44.65	1218.45	870.7	1566.2
2010	53.6	164.7	109.15	1173.80	858.0	1489.6
2011	213.5	233.7	223.60	1064.65	804.4	1324.9
2012	155.5	196.8	176.16	841.05	590.9	1091.2
2013	2.2	23.5	12.87	664.89	435.4	894.4
2014	17.9	23.0	20.46	652.02	433.2	870.8
2015	37.8	78.0	57.88	631.56	415.3	847.8
2016	136.3	104.9	120.57	573.68	377.6	769.8
2017	138.6	159.2	148.88	453.12	241.3	664.9
2018	18.4	104.1	61.24	304.24	102.7	505.8
2019	48.5	191.5	120.02	243.00	84.3	401.7
2020	35.8	210.2	122.99	122.99	35.8	210.2

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.50. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Abril – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

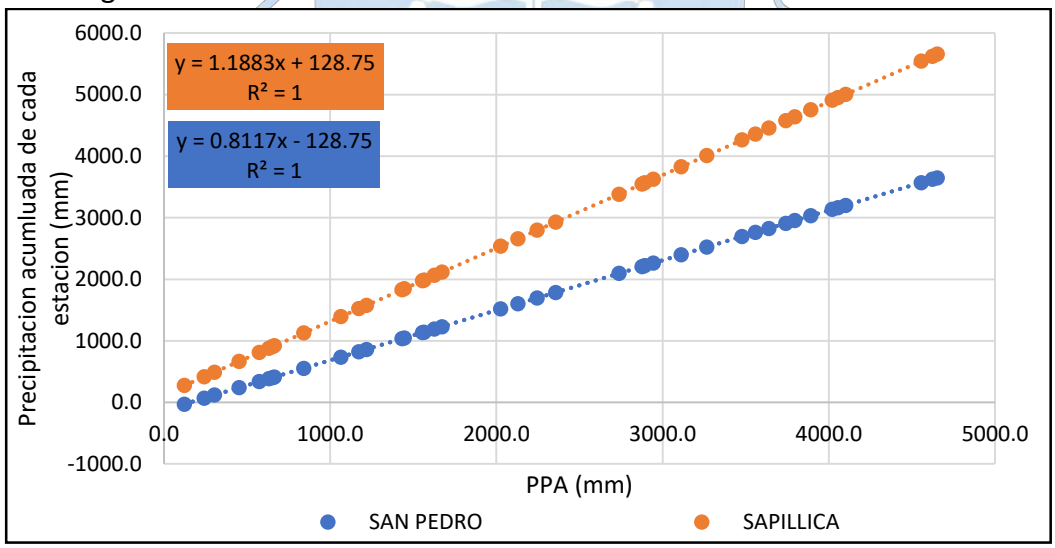
Apéndice B.51. Análisis de consistencia mes de abril – Zona media – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	23.5	34.5	29.0	4653.2	3648.2	5658.1
1982	54.5	79.8	67.1	4624.2	3624.7	5623.7
1983	369.2	540.5	454.9	4557.1	3570.2	5543.9
1984	37.4	54.8	46.1	4102.2	3201.0	5003.4
1985	27.0	39.6	33.3	4056.1	3163.6	4948.6
1986	105.5	154.4	130.0	4022.8	3136.6	4909.0
1987	77.4	113.4	95.4	3892.8	3031.1	4754.6
1988	44.0	64.4	54.2	3797.4	2953.6	4641.3
1989	83.2	121.7	102.5	3743.2	2909.6	4576.9
1990	65.9	96.5	81.2	3640.8	2826.5	4455.1
1991	65.7	96.1	80.9	3559.6	2760.6	4358.6
1992	172.4	252.3	212.4	3478.7	2694.9	4262.5
1993	124.5	182.2	153.3	3266.3	2522.5	4010.1
1994	136.9	200.4	168.7	3113.0	2398.1	3827.9
1995	41.6	60.8	51.2	2944.4	2261.2	3627.5
1996	12.3	18.0	15.2	2893.2	2219.6	3566.7
1997	113.0	165.4	139.2	2878.0	2207.3	3548.7
1998	309.2	452.6	380.9	2738.8	2094.4	3383.3
1999	90.6	132.6	111.6	2357.9	1785.2	2930.7
2000	94.4	138.3	116.4	2246.3	1694.6	2798.1

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
2001	83.5	122.2	102.8	2130.0	1600.1	2659.8
2002	287.4	420.8	354.1	2027.2	1516.7	2537.6
2003	36.3	53.2	44.7	1673.1	1229.3	2116.9
2004	51.5	75.3	63.4	1628.3	1193.0	2063.7
2005	7.6	11.1	9.3	1564.9	1141.5	1988.3
2006	89.2	130.6	109.9	1555.6	1133.9	1977.3
2007	9.9	14.4	12.2	1445.7	1044.7	1846.7
2008	174.6	255.6	215.1	1433.5	1034.9	1832.2
2009	36.2	53.1	44.7	1218.4	860.3	1576.6
2010	88.6	129.7	109.2	1173.8	824.0	1523.6
2011	181.5	265.7	223.6	1064.6	735.4	1393.9
2012	143.0	209.3	176.2	841.0	553.9	1128.2
2013	10.4	15.3	12.9	664.9	410.9	918.8
2014	16.6	24.3	20.5	652.0	400.5	903.5
2015	47.0	68.8	57.9	631.6	383.9	879.2
2016	97.9	143.3	120.6	573.7	336.9	810.5
2017	120.8	176.9	148.9	453.1	239.0	667.2
2018	49.7	72.8	61.2	304.2	118.2	490.3
2019	97.4	142.6	120.0	243.0	68.5	417.5
2020	-28.9	274.9	123.0	123.0	-28.9	274.9

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.52. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Abril – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación San Pedro, por lo que se reemplazaron por 0.

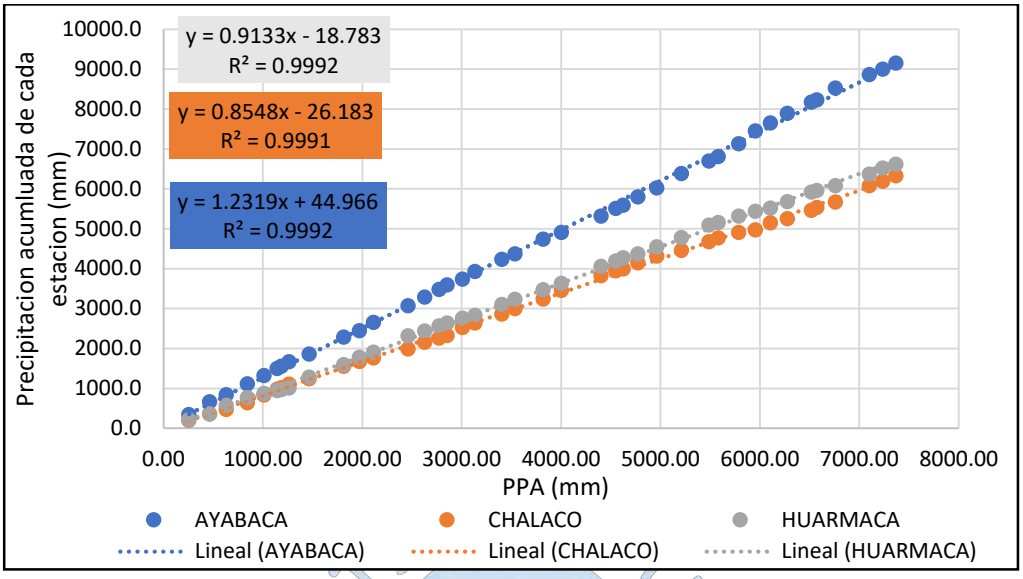
ZONA ALTA

Apéndice B.53. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Abril – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	149.5	136.8	101.3	129.20	7368.41	9152.2	6330.2	6622.8
1982	137.8	113.5	154.5	135.27	7239.21	9002.7	6193.4	6521.5
1983	340.5	404.7	286.2	343.80	7103.94	8864.9	6079.9	6367.0
1984	296.4	138.9	121.9	185.73	6760.14	8524.4	5675.2	6080.8
1985	51.2	74.0	39.3	54.83	6574.41	8228.0	5536.3	5958.9
1986	279.4	202.6	242.4	241.47	6519.58	8176.8	5462.3	5919.6
1987	242.7	111.2	155.6	169.83	6278.11	7897.4	5259.7	5677.2
1988	198.0	177.0	85.1	153.37	6108.28	7654.7	5148.5	5521.6
1989	320.7	58.0	118.2	165.63	5954.91	7456.7	4971.5	5436.5
1990	324.4	139.3	158.4	207.37	5789.28	7136.0	4913.5	5318.3
1991	111.4	97.9	66.9	92.07	5581.91	6811.6	4774.2	5159.9
1992	312.8	213.7	311.4	279.30	5489.84	6700.2	4676.3	5093.0
1993	363.2	145.9	234.8	247.97	5210.54	6387.4	4462.6	4781.6
1994	225.4	164.6	177.2	189.06	4962.58	6024.2	4316.7	4546.8
1995	203.5	152.7	90.3	148.83	4773.52	5798.8	4152.1	4369.6
1996	82.8	53.1	81.9	72.60	4624.69	5595.3	3999.4	4279.3
1997	195.9	118.3	135.4	149.87	4552.09	5512.5	3946.3	4197.4
1998	402.2	366.7	426.2	398.37	4402.22	5316.6	3828.0	4062.0
1999	174.6	215.4	160.2	183.40	4003.86	4914.4	3461.3	3635.8
2000	368.9	241.3	243.1	284.43	3820.46	4739.8	3245.9	3475.6
2001	132.5	138.2	125.1	131.93	3536.02	4370.9	3004.6	3232.5
2002	306.6	225.6	271.0	267.74	3404.09	4238.4	2866.4	3107.4
2003	194.2	113.8	77.9	128.63	3136.35	3931.8	2640.8	2836.4
2004	141.5	201.1	121.2	154.60	3007.72	3737.6	2527.0	2758.5
2005	109.2	62.3	68.4	79.97	2853.12	3596.1	2325.9	2637.3
2006	196.8	105.4	126.4	142.87	2773.15	3486.9	2263.6	2568.9
2007	214.6	166.6	121.7	167.63	2630.28	3290.1	2158.2	2442.5
2008	417.0	224.7	408.7	350.13	2462.65	3075.5	1991.6	2320.8
2009	206.4	87.9	128.5	140.93	2112.52	2658.5	1766.9	1912.1
2010	163.0	120.1	187.5	156.86	1971.58	2452.1	1679.0	1783.6
2011	423.6	311.6	310.2	348.47	1814.73	2289.1	1559.0	1596.1
2012	193.0	142.1	273.7	202.94	1466.26	1865.5	1247.3	1285.9
2013	110.6	81.6	42.0	78.05	1263.32	1672.5	1105.2	1012.2
2014	63.2	41.8	20.2	41.76	1185.26	1561.9	1023.7	970.2
2015	173.2	142.5	72.4	129.37	1143.50	1498.7	981.8	950.0
2016	209.9	192.5	107.6	169.99	1014.13	1325.4	839.4	877.6
2017	267.7	171.6	193.7	211.00	844.15	1115.5	646.9	770.0
2018	180.8	111.0	213.5	168.43	633.15	847.8	475.3	576.3
2019	318.8	158.4	147.1	208.10	464.71	667.0	364.3	362.8
2020	348.2	205.9	215.7	256.61	256.61	348.2	205.9	215.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.54. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Abril – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

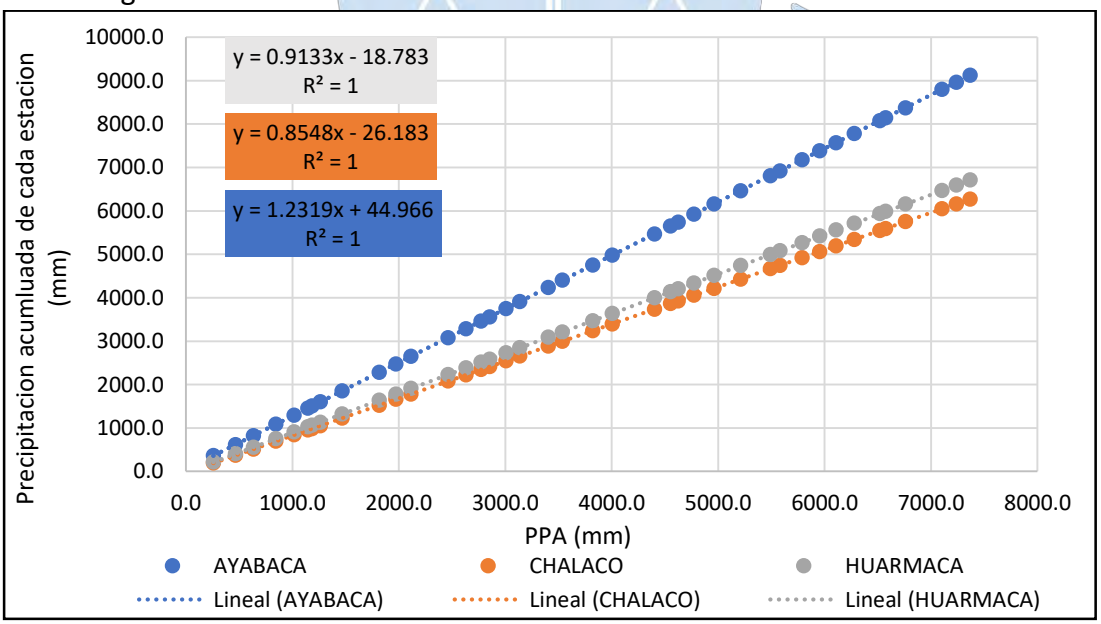
Apéndice B.55. Análisis de consistencia mes de Abril – Zona Alta – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	159.2	110.4	118.0	129.2	7368.4	9122.1	6272.3	6710.8
1982	166.6	115.6	123.5	135.3	7239.2	8963.0	6161.9	6592.8
1983	423.5	293.9	314.0	343.8	7103.9	8796.3	6046.3	6469.2
1984	228.8	158.8	169.6	185.7	6760.1	8372.8	5752.4	6155.3
1985	67.5	46.9	50.1	54.8	6574.4	8144.0	5593.6	5985.6
1986	297.5	206.4	220.5	241.5	6519.6	8076.4	5546.8	5935.5
1987	209.2	145.2	155.1	169.8	6278.1	7779.0	5340.3	5715.0
1988	188.9	131.1	140.1	153.4	6108.3	7569.8	5195.2	5559.9
1989	204.0	141.6	151.3	165.6	5954.9	7380.8	5064.1	5419.8
1990	255.5	177.3	189.4	207.4	5789.3	7176.8	4922.5	5268.6
1991	113.4	78.7	84.1	92.1	5581.9	6921.3	4745.2	5079.2
1992	344.1	238.7	255.1	279.3	5489.8	6807.9	4666.5	4995.1
1993	305.5	212.0	226.5	248.0	5210.5	6463.8	4427.8	4740.0
1994	232.9	161.6	172.7	189.1	4962.6	6158.4	4215.8	4513.5
1995	183.3	127.2	135.9	148.8	4773.5	5925.5	4054.2	4340.9
1996	89.4	62.1	66.3	72.6	4624.7	5742.1	3927.0	4204.9
1997	184.6	128.1	136.9	149.9	4552.1	5652.7	3864.9	4138.6
1998	490.7	340.5	363.8	398.4	4402.2	5468.1	3736.8	4001.8
1999	225.9	156.8	167.5	183.4	4003.9	4977.3	3396.3	3637.9
2000	350.4	243.1	259.8	284.4	3820.5	4751.4	3239.5	3470.4

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2001	162.5	112.8	120.5	131.9	3536.0	4401.0	2996.4	3210.7
2002	329.8	228.9	244.5	267.7	3404.1	4238.5	2883.6	3090.2
2003	158.5	110.0	117.5	128.6	3136.4	3908.6	2654.8	2845.6
2004	190.5	132.2	141.2	154.6	3007.7	3750.2	2544.8	2728.2
2005	98.5	68.4	73.0	80.0	2853.1	3559.7	2412.7	2587.0
2006	176.0	122.1	130.5	142.9	2773.2	3461.2	2344.3	2513.9
2007	206.5	143.3	153.1	167.6	2630.3	3285.2	2222.2	2383.5
2008	431.3	299.3	319.8	350.1	2462.7	3078.7	2078.9	2230.4
2009	173.6	120.5	128.7	140.9	2112.5	2647.4	1779.6	1910.6
2010	193.2	134.1	143.3	156.9	1971.6	2473.8	1659.1	1781.9
2011	429.3	297.9	318.3	348.5	1814.7	2280.5	1525.0	1638.6
2012	250.0	173.5	185.3	202.9	1466.3	1851.2	1227.2	1320.3
2013	96.2	66.7	71.3	78.1	1263.3	1601.2	1053.7	1135.0
2014	51.4	35.7	38.1	41.8	1185.3	1505.1	987.0	1063.7
2015	159.4	110.6	118.2	129.4	1143.5	1453.6	951.3	1025.6
2016	209.4	145.3	155.2	170.0	1014.1	1294.3	840.7	907.4
2017	259.9	180.4	192.7	211.0	844.1	1084.9	695.4	752.2
2018	207.5	144.0	153.8	168.4	633.1	824.9	515.0	559.5
2019	256.4	177.9	190.1	208.1	464.7	617.4	371.1	405.6
2020	361.1	193.2	215.6	256.6	256.6	361.1	193.2	215.6

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.56. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Abril – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

MAYO

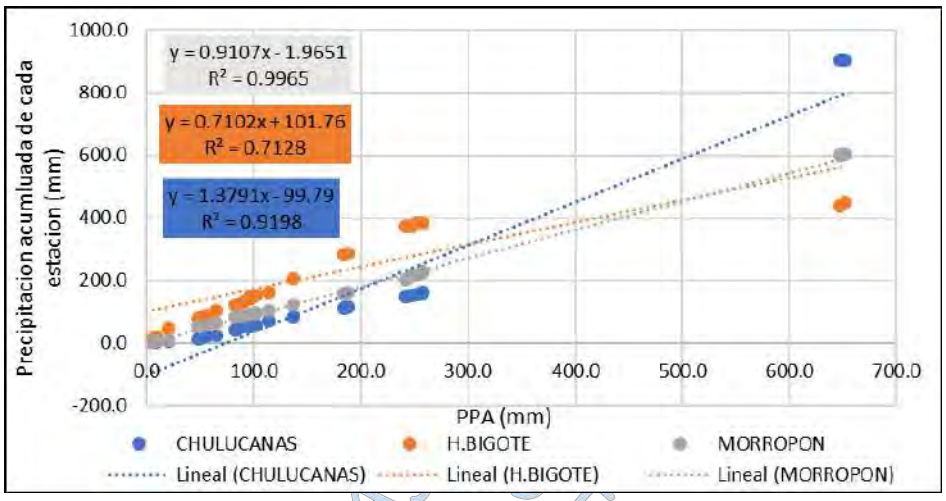
ZONA BAJA

Apéndice B.57. Análisis de consistencia mes de Mayo – Zona baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.6	9.8	0.0	3.5	651.5	904.5	449.3	600.8
1982	0.5	0.0	0.1	0.2	648.0	903.8	439.5	600.8
1983	742.5	55.0	372.2	389.9	647.8	903.3	439.5	600.7
1984	0.8	0.0	2.5	1.1	258.0	160.8	384.6	228.5
1985	3.9	0.0	8.7	4.2	256.9	160.0	384.6	226.0
1986	1.3	0.0	0.0	0.4	252.6	156.1	384.6	217.3
1987	0.0	0.0	1.0	0.3	252.2	154.8	384.6	217.3
1988	3.4	9.5	0.0	4.3	251.9	154.8	384.5	216.3
1989	0.0	0.0	7.8	2.6	247.6	151.4	375.0	216.3
1990	2.8	0.0	5.6	2.8	245.0	151.4	375.0	208.4
1991	0.0	0.1	0.0	0.0	242.2	148.7	375.0	202.8
1992	34.9	90.3	39.0	54.7	242.1	148.7	374.9	202.8
1993	2.0	1.1	4.8	2.6	187.4	113.8	284.6	163.8
1994	0.0	0.0	0.9	0.3	184.8	111.8	283.5	159.0
1995	0.0	0.1	0.0	0.0	184.5	111.8	283.5	158.1
1996	0.0	0.5	0.1	0.2	184.4	111.8	283.4	158.1
1997	0.0	0.0	0.1	0.0	184.2	111.8	282.9	158.0
1998	30.9	77.0	34.8	47.6	184.2	111.8	282.9	157.9
1999	11.0	42.0	18.2	23.7	136.6	81.0	205.9	123.1
2000	12.6	11.6	9.1	11.1	112.9	70.0	163.9	104.9
2001	0.4	1.4	1.4	1.1	101.8	57.4	152.3	95.8
2002	0.6	2.0	3.1	1.9	100.7	56.9	150.9	94.4
2003	0.2	0.0	0.0	0.1	98.8	56.3	148.9	91.3
2004	1.7	5.9	3.2	3.6	98.8	56.1	148.8	91.3
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	95.1	54.4	142.9	88.1
2006	0.0	0.7	0.0	0.2	95.1	54.4	142.9	88.1
2007	0.6	0.9	0.0	0.5	94.9	54.4	142.2	88.1
2008	1.6	6.5	2.0	3.4	94.4	53.8	141.3	88.1
2009	5.9	11.0	0.9	5.9	91.0	52.2	134.7	86.1
2010	2.3	0.6	1.1	1.3	85.1	46.3	123.7	85.2
2011	2.0	0.0	1.2	1.1	83.7	44.0	123.1	84.1
2012	0.0	0.0	1.3	0.4	82.7	42.0	123.1	82.9
2013	18.6	18.0	17.1	17.9	82.2	42.0	123.0	81.6
2014	4.6	16.7	6.5	9.3	64.3	23.4	105.0	64.5
2015	4.0	8.7	6.1	6.3	55.0	18.8	88.3	58.1
2016	0.5	2.2	0.7	1.1	48.8	14.7	79.6	52.0
2017	8.3	31.8	43.6	27.9	47.6	14.2	77.4	51.3
2018	3.3	26.5	3.6	11.1	19.7	5.9	45.6	7.7
2019	0.9	5.6	3.6	3.4	8.6	2.6	19.1	4.1
2020	1.7	13.5	0.5	5.2	5.2	1.7	13.5	0.5

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.58. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Mayo – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como se presentaron valores R^2> 0.99 por parte de la estación Morropón, se realizará un nuevo análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) el de la estación antes mencionada.

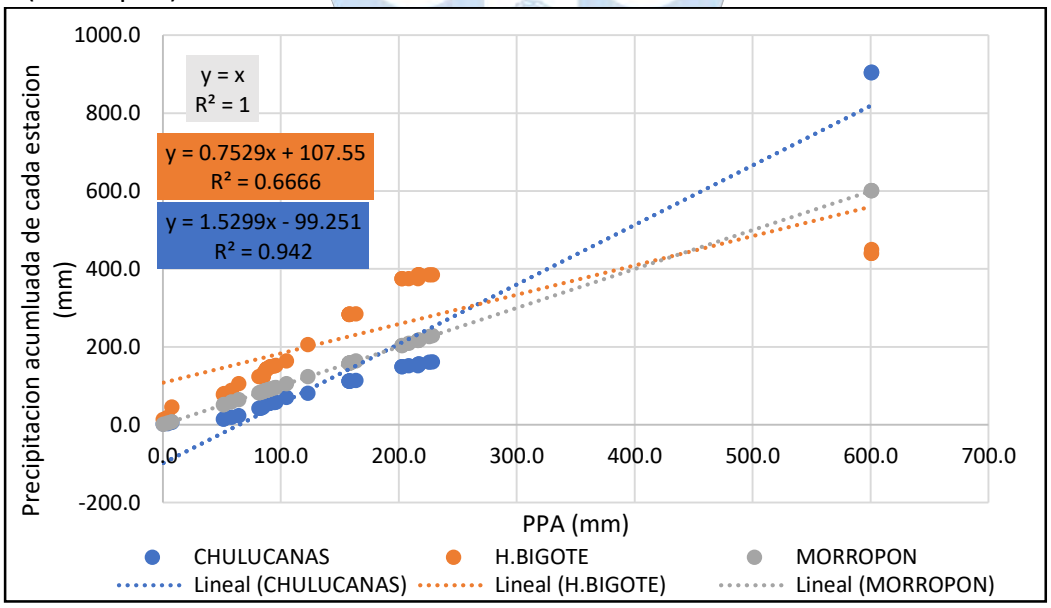
Apéndice B.59. Análisis de consistencia mes de mayo (PPA es Morropón) – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.6	9.8	0.0	3.5	600.8	904.5	449.3	600.8
1982	0.5	0.0	0.1	0.2	600.8	903.8	439.5	600.8
1983	742.5	55.0	372.2	389.9	600.7	903.3	439.5	600.7
1984	0.8	0.0	2.5	1.1	228.5	160.8	384.6	228.5
1985	3.9	0.0	8.7	4.2	226.0	160.0	384.6	226.0
1986	1.3	0.0	0.0	0.4	217.3	156.1	384.6	217.3
1987	0.0	0.0	1.0	0.3	217.3	154.8	384.6	217.3
1988	3.4	9.5	0.0	4.3	216.3	154.8	384.5	216.3
1989	0.0	0.0	7.8	2.6	216.3	151.4	375.0	216.3
1990	2.8	0.0	5.6	2.8	208.4	151.4	375.0	208.4
1991	0.0	0.1	0.0	0.0	202.8	148.7	375.0	202.8
1992	34.9	90.3	39.0	54.7	202.8	148.7	374.9	202.8
1993	2.0	1.1	4.8	2.6	163.8	113.8	284.6	163.8
1994	0.0	0.0	0.9	0.3	159.0	111.8	283.5	159.0
1995	0.0	0.1	0.0	0.0	158.1	111.8	283.5	158.1
1996	0.0	0.5	0.1	0.2	158.1	111.8	283.4	158.1
1997	0.0	0.0	0.1	0.0	158.0	111.8	282.9	158.0
1998	30.9	77.0	34.8	47.6	157.9	111.8	282.9	157.9
1999	11.0	42.0	18.2	23.7	123.1	81.0	205.9	123.1
2000	12.6	11.6	9.1	11.1	104.9	70.0	163.9	104.9

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
2001	0.4	1.4	1.4	1.1	95.8	57.4	152.3	95.8
2002	0.6	2.0	3.1	1.9	94.4	56.9	150.9	94.4
2003	0.2	0.0	0.0	0.1	91.3	56.3	148.9	91.3
2004	1.7	5.9	3.2	3.6	91.3	56.1	148.8	91.3
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	88.1	54.4	142.9	88.1
2006	0.0	0.7	0.0	0.2	88.1	54.4	142.9	88.1
2007	0.6	0.9	0.0	0.5	88.1	54.4	142.2	88.1
2008	1.6	6.5	2.0	3.4	88.1	53.8	141.3	88.1
2009	5.9	11.0	0.9	5.9	86.1	52.2	134.7	86.1
2010	2.3	0.6	1.1	1.3	85.2	46.3	123.7	85.2
2011	2.0	0.0	1.2	1.1	84.1	44.0	123.1	84.1
2012	0.0	0.0	1.3	0.4	82.9	42.0	123.1	82.9
2013	18.6	18.0	17.1	17.9	81.6	42.0	123.0	81.6
2014	4.6	16.7	6.5	9.3	64.5	23.4	105.0	64.5
2015	4.0	8.7	6.1	6.3	58.1	18.8	88.3	58.1
2016	0.5	2.2	0.7	1.1	52.0	14.7	79.6	52.0
2017	8.3	31.8	43.6	27.9	51.3	14.2	77.4	51.3
2018	3.3	26.5	3.6	11.1	7.7	5.9	45.6	7.7
2019	0.9	5.6	3.6	3.4	4.1	2.6	19.1	4.1
2020	1.7	13.5	0.5	5.2	0.5	1.7	13.5	0.5

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.60. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Morropón)



Fuente: Elaboración propia

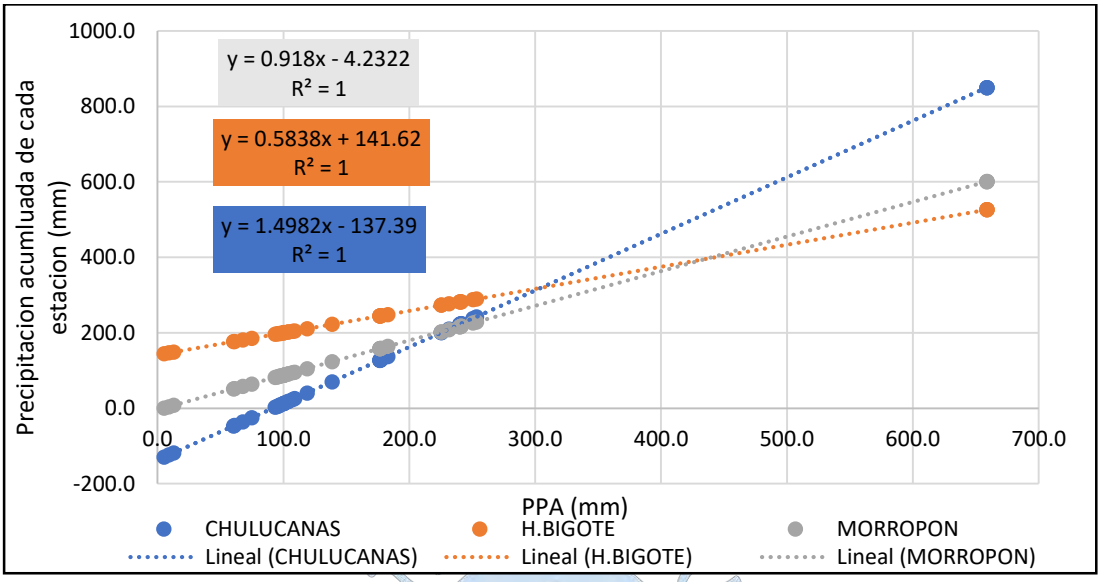
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.61. Análisis de consistencia mes de mayo – Zona Baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.0	0.0	0.0	0.0	659.0	849.9	526.3	600.8
1982	0.2	0.1	0.1	0.1	659.0	849.9	526.3	600.8
1983	607.4	236.7	372.2	405.4	658.9	849.7	526.3	600.7
1984	4.1	1.6	2.5	2.7	253.5	242.3	289.6	228.5
1985	14.2	5.5	8.7	9.5	250.7	238.3	288.0	226.0
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	241.3	224.1	282.5	217.3
1987	1.6	0.6	1.0	1.1	241.3	224.1	282.5	217.3
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	240.2	222.4	281.8	216.3
1989	12.8	5.0	7.8	8.5	240.2	222.4	281.8	216.3
1990	9.1	3.6	5.6	6.1	231.6	209.6	276.8	208.4
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	225.5	200.5	273.3	202.8
1992	63.6	24.8	39.0	42.5	225.5	200.5	273.3	202.8
1993	7.8	3.1	4.8	5.2	183.0	136.8	248.5	163.8
1994	1.5	0.6	0.9	1.0	177.8	129.0	245.4	159.0
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	176.8	127.5	244.8	158.1
1996	0.2	0.1	0.1	0.1	176.8	127.5	244.8	158.1
1997	0.2	0.1	0.1	0.1	176.7	127.4	244.8	158.0
1998	56.8	22.1	34.8	37.9	176.6	127.2	244.7	157.9
1999	29.7	11.6	18.2	19.8	138.7	70.4	222.6	123.1
2000	14.9	5.8	9.1	9.9	118.9	40.7	211.0	104.9
2001	2.3	0.9	1.4	1.5	109.0	25.9	205.2	95.8
2002	5.1	2.0	3.1	3.4	107.4	23.6	204.3	94.4
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	104.1	18.5	202.4	91.3
2004	5.2	2.0	3.2	3.5	104.1	18.5	202.4	91.3
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	100.6	13.3	200.3	88.1
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	100.6	13.3	200.3	88.1
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	100.6	13.3	200.3	88.1
2008	3.3	1.3	2.0	2.2	100.6	13.3	200.3	88.1
2009	1.5	0.6	0.9	1.0	98.4	10.0	199.1	86.1
2010	1.8	0.7	1.1	1.2	97.4	8.6	198.5	85.2
2011	2.0	0.8	1.2	1.3	96.2	6.8	197.8	84.1
2012	2.1	0.8	1.3	1.4	94.9	4.8	197.0	82.9
2013	27.9	10.9	17.1	18.6	93.5	2.7	196.2	81.6
2014	10.5	4.1	6.5	7.0	74.9	-25.2	185.3	64.5
2015	9.9	3.9	6.1	6.6	67.8	-35.7	181.2	58.1
2016	1.1	0.4	0.7	0.7	61.2	-45.7	177.4	52.0
2017	71.2	27.7	43.6	47.5	60.5	-46.8	176.9	51.3
2018	5.9	2.3	3.6	3.9	13.0	-117.9	149.2	7.7
2019	5.9	2.3	3.6	3.9	9.1	-123.8	146.9	4.1
2020	-129.7	144.6	0.5	5.2	5.2	-129.7	144.6	0.5

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.62. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Mayo – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Chulucanas, por lo que se reemplazaron por 0.

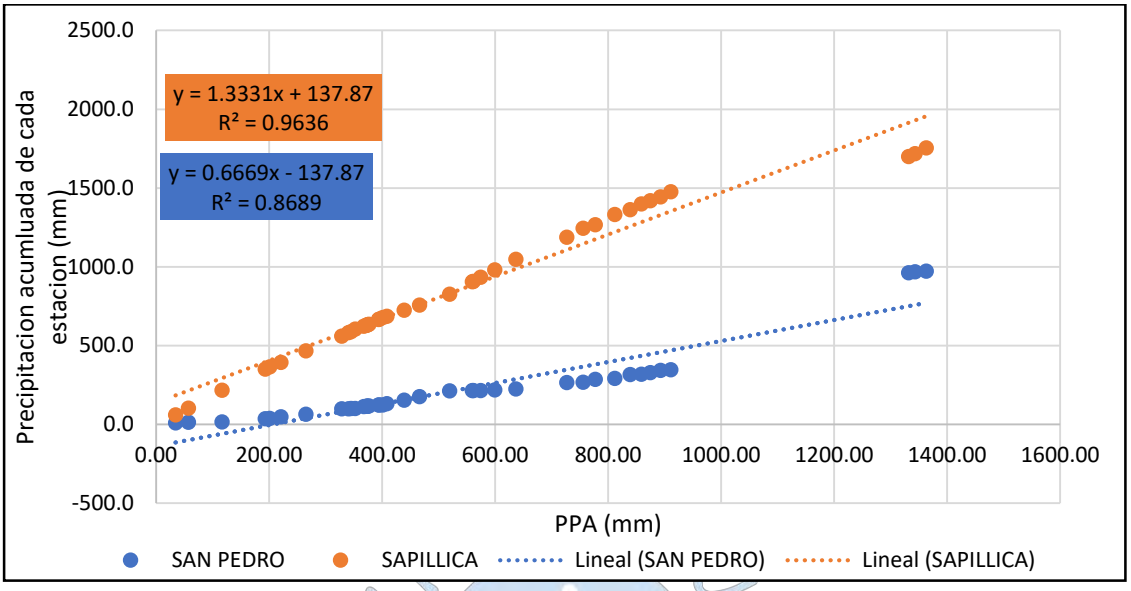
ZONA MEDIA

Apéndice B.63. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Mayo – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	3.7	35.9	19.81	1363.24	972.2	1754.3
1982	5.0	17.8	11.42	1343.43	968.5	1718.4
1983	617.5	224.5	420.99	1332.01	963.5	1700.5
1984	4.1	31.8	17.96	911.02	346.0	1476.0
1985	12.4	23.6	18.00	893.06	341.9	1444.2
1986	11.0	20.7	15.86	875.06	329.5	1420.6
1987	2.9	36.7	19.82	859.20	318.5	1399.9
1988	23.9	30.7	27.30	839.39	315.6	1363.2
1989	5.0	64.6	34.80	812.09	291.7	1332.5
1990	20.1	22.3	21.20	777.29	286.7	1267.9
1991	1.4	57.0	29.22	756.09	266.6	1245.6
1992	39.5	140.1	89.80	726.87	265.2	1188.5
1993	6.2	68.3	37.28	637.07	225.7	1048.4
1994	4.2	45.8	25.01	599.79	219.5	980.1
1995	0.0	26.5	13.25	574.79	215.3	934.3
1996	0.4	3.1	1.75	561.54	215.3	907.8
1997	2.1	77.7	39.91	559.79	214.9	904.7
1998	36.2	70.6	53.40	519.88	212.8	827.0
1999	22.2	32.6	27.40	466.48	176.6	756.4
2000	23.2	37.8	30.52	439.08	154.4	723.8
2001	6.9	7.6	7.27	408.56	131.2	686.0
2002	2.0	10.2	6.10	401.29	124.3	678.3
2003	0.0	2.9	1.46	395.19	122.3	668.1
2004	5.0	29.1	17.05	393.73	122.3	665.2
2005	1.3	2.4	1.85	376.68	117.3	636.1
2006	0.0	4.2	2.10	374.83	116.0	633.7
2007	0.0	0.0	0.00	372.73	116.0	629.5
2008	2.7	7.0	4.85	372.73	116.0	629.5
2009	12.0	18.3	15.15	367.88	113.3	622.5
2010	0.0	15.0	7.50	352.73	101.3	604.2
2011	3.3	6.4	4.85	345.23	101.3	589.2
2012	0.0	23.5	11.75	340.38	98.0	582.8
2013	33.4	93.1	63.26	328.63	98.0	559.3
2014	15.6	72.6	44.09	265.38	64.6	466.2
2015	11.2	29.3	20.24	221.28	49.0	393.6
2016	1.5	14.0	7.76	201.04	37.8	364.3
2017	20.5	132.7	76.58	193.28	36.3	350.3
2018	3.2	115.6	59.40	116.70	15.8	217.6
2019	3.4	42.5	22.95	57.30	12.6	102.0
2020	9.2	59.5	34.35	34.35	9.2	59.5

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.64. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Mayo – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R2 mayor, en este caso Sapillica.

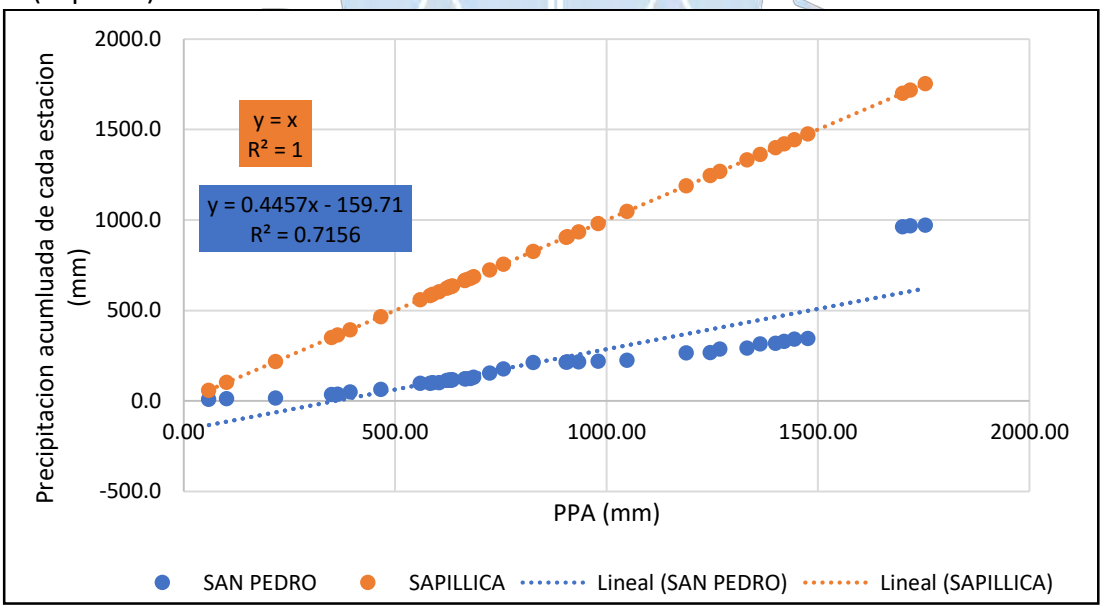
Apéndice B.65. Análisis de consistencia mes de Mayo (PPA es Sapillica) – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	3.7	35.9	19.81	1754.28	972.2	1754.3
1982	5.0	17.8	11.42	1718.36	968.5	1718.4
1983	617.5	224.5	420.99	1700.52	963.5	1700.5
1984	4.1	31.8	17.96	1476.03	346.0	1476.0
1985	12.4	23.6	18.00	1444.21	341.9	1444.2
1986	11.0	20.7	15.86	1420.61	329.5	1420.6
1987	2.9	36.7	19.82	1399.89	318.5	1399.9
1988	23.9	30.7	27.30	1363.16	315.6	1363.2
1989	5.0	64.6	34.80	1332.46	291.7	1332.5
1990	20.1	22.3	21.20	1267.86	286.7	1267.9
1991	1.4	57.0	29.22	1245.56	266.6	1245.6
1992	39.5	140.1	89.80	1188.53	265.2	1188.5
1993	6.2	68.3	37.28	1048.43	225.7	1048.4
1994	4.2	45.8	25.01	980.12	219.5	980.1
1995	0.0	26.5	13.25	934.31	215.3	934.3
1996	0.4	3.1	1.75	907.81	215.3	907.8
1997	2.1	77.7	39.91	904.71	214.9	904.7
1998	36.2	70.6	53.40	826.99	212.8	827.0
1999	22.2	32.6	27.40	756.39	176.6	756.4
2000	23.2	37.8	30.52	723.79	154.4	723.8

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
2001	6.9	7.6	7.27	685.95	131.2	686.0
2002	2.0	10.2	6.10	678.31	124.3	678.3
2003	0.0	2.9	1.46	668.11	122.3	668.1
2004	5.0	29.1	17.05	665.20	122.3	665.2
2005	1.3	2.4	1.85	636.10	117.3	636.1
2006	0.0	4.2	2.10	633.70	116.0	633.7
2007	0.0	0.0	0.00	629.50	116.0	629.5
2008	2.7	7.0	4.85	629.50	116.0	629.5
2009	12.0	18.3	15.15	622.50	113.3	622.5
2010	0.0	15.0	7.50	604.20	101.3	604.2
2011	3.3	6.4	4.85	589.20	101.3	589.2
2012	0.0	23.5	11.75	582.80	98.0	582.8
2013	33.4	93.1	63.26	559.30	98.0	559.3
2014	15.6	72.6	44.09	466.19	64.6	466.2
2015	11.2	29.3	20.24	393.56	49.0	393.6
2016	1.5	14.0	7.76	364.26	37.8	364.3
2017	20.5	132.7	76.58	350.27	36.3	350.3
2018	3.2	115.6	59.40	217.61	15.8	217.6
2019	3.4	42.5	22.95	102.00	12.6	102.0
2020	9.2	59.5	34.35	59.50	9.2	59.5

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.66. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Sapillica)



Fuente: Elaboración propia

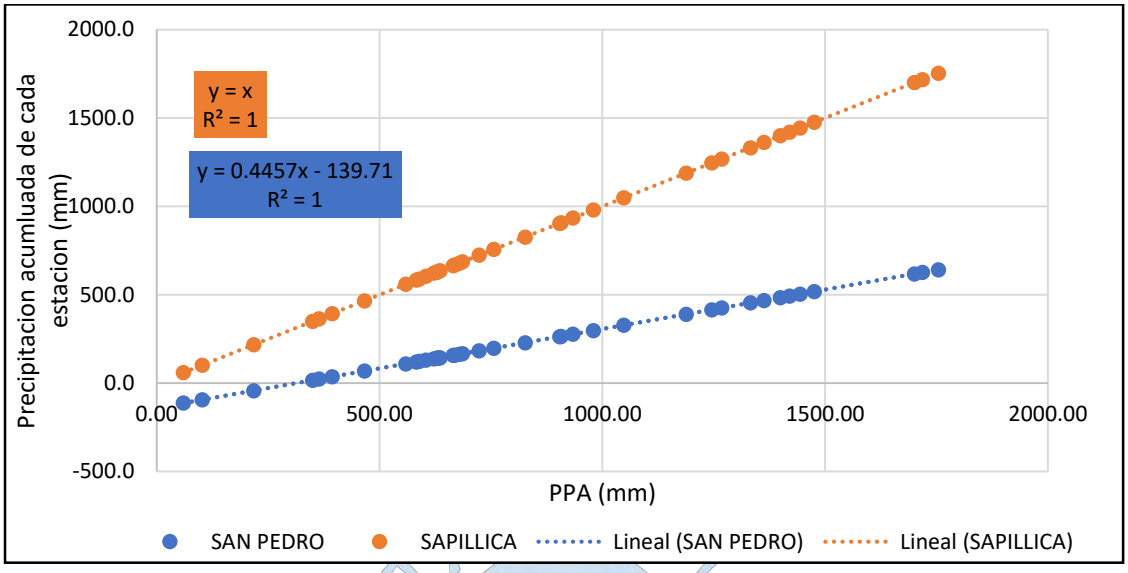
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.67. Análisis de consistencia mes de mayo – Zona Media – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	16.0	35.9	25.96	1754.28	642.2	1754.3
1982	8.0	17.8	12.90	1718.36	626.2	1718.4
1983	100.1	224.5	162.27	1700.52	618.2	1700.5
1984	14.2	31.8	23.00	1476.03	518.2	1476.0
1985	10.5	23.6	17.06	1444.21	504.0	1444.2
1986	9.2	20.7	14.98	1420.61	493.5	1420.6
1987	16.4	36.7	26.55	1399.89	484.2	1399.9
1988	13.7	30.7	22.19	1363.16	467.9	1363.2
1989	28.8	64.6	46.70	1332.46	454.2	1332.5
1990	9.9	22.3	16.12	1267.86	425.4	1267.9
1991	25.4	57.0	41.22	1245.56	415.4	1245.6
1992	62.4	140.1	101.27	1188.53	390.0	1188.5
1993	30.4	68.3	49.38	1048.43	327.6	1048.4
1994	20.4	45.8	33.11	980.12	297.1	980.1
1995	11.8	26.5	19.16	934.31	276.7	934.3
1996	1.4	3.1	2.24	907.81	264.9	907.8
1997	34.6	77.7	56.18	904.71	263.5	904.7
1998	31.5	70.6	51.03	826.99	228.9	827.0
1999	14.5	32.6	23.56	756.39	197.4	756.4
2000	16.9	37.8	27.35	723.79	182.9	723.8
2001	3.4	7.6	5.52	685.95	166.0	686.0
2002	4.5	10.2	7.37	678.31	162.6	678.3
2003	1.3	2.9	2.10	668.11	158.1	668.1
2004	13.0	29.1	21.03	665.20	156.8	665.2
2005	1.1	2.4	1.73	636.10	143.8	636.1
2006	1.9	4.2	3.04	633.70	142.7	633.7
2007	0.0	0.0	0.00	629.50	140.9	629.5
2008	3.1	7.0	5.06	629.50	140.9	629.5
2009	8.2	18.3	13.23	622.50	137.7	622.5
2010	6.7	15.0	10.84	604.20	129.6	604.2
2011	2.9	6.4	4.63	589.20	122.9	589.2
2012	10.5	23.5	16.99	582.80	120.0	582.8
2013	41.5	93.1	67.30	559.30	109.6	559.3
2014	32.4	72.6	52.50	466.19	68.1	466.2
2015	13.1	29.3	21.18	393.56	35.7	393.6
2016	6.2	14.0	10.11	364.26	22.6	364.3
2017	59.1	132.7	95.89	350.27	16.4	350.3
2018	51.5	115.6	83.57	217.61	-42.7	217.6
2019	18.9	42.5	30.72	102.00	-94.2	102.0
2020	-113.2	59.5	-26.85	59.50	-113.2	59.5

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.68. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Mayo – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación San Pedro, por lo que se reemplazaron por 0.

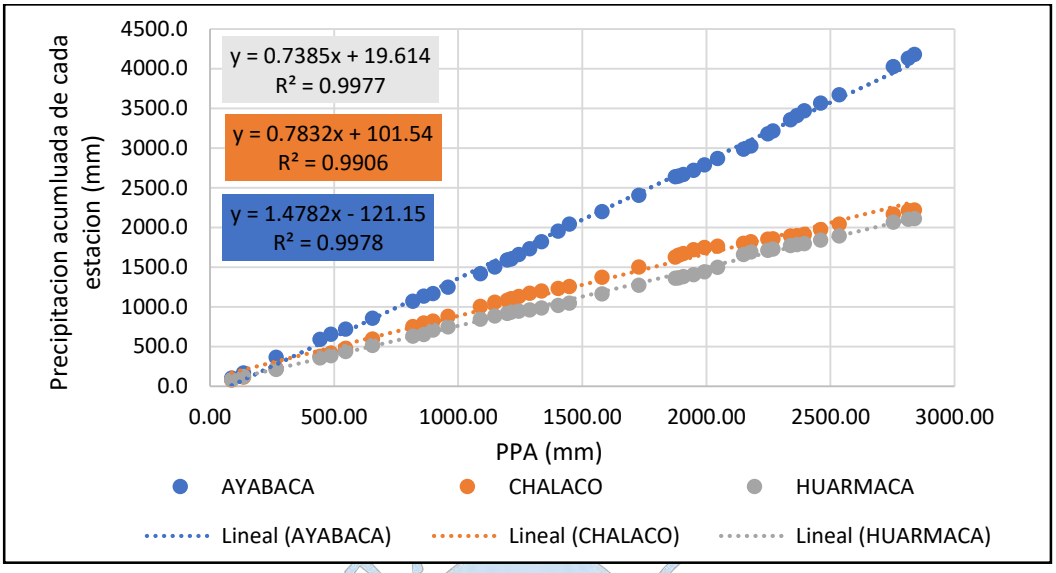
ZONA ALTA

Apéndice B.69. Análisis de consistencia mes de Mayo – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	51.5	10.8	9.5	23.93	2838.55	4181.6	2221.1	2113.0
1982	105.3	40.9	36.9	61.03	2814.62	4130.1	2210.3	2103.5
1983	354.3	126.0	172.1	217.47	2753.59	4024.8	2169.4	2066.6
1984	102.9	70.4	51.3	74.87	2536.11	3670.5	2043.4	1894.5
1985	95.3	57.5	44.4	65.73	2461.25	3567.6	1973.0	1843.2
1986	62.8	16.2	13.0	30.67	2395.51	3472.3	1915.5	1798.8
1987	53.2	7.2	14.6	25.00	2364.85	3409.5	1899.3	1785.8
1988	139.4	34.6	41.1	71.70	2339.85	3356.3	1892.1	1771.2
1989	36.3	5.9	18.3	20.17	2268.15	3216.9	1857.5	1730.1
1990	153.5	32.2	20.8	68.83	2247.98	3180.6	1851.6	1711.8
1991	39.1	18.0	30.2	29.10	2179.15	3027.1	1819.4	1691.0
1992	117.6	37.5	160.5	105.20	2150.05	2988.0	1801.4	1660.8
1993	82.6	16.8	56.6	52.00	2044.85	2870.4	1763.9	1500.3
1994	68.6	27.6	36.0	44.07	1992.85	2787.8	1747.1	1443.7
1995	52.7	47.0	25.6	41.77	1948.78	2719.2	1719.5	1407.7
1996	20.6	21.7	15.4	19.23	1907.01	2666.5	1672.5	1382.1
1997	6.0	24.6	7.0	12.53	1887.78	2645.9	1650.8	1366.7
1998	233.0	122.7	86.1	147.27	1875.25	2639.9	1626.2	1359.7
1999	207.2	128.4	108.8	148.13	1727.98	2406.9	1503.5	1273.6
2000	157.4	118.4	118.3	131.37	1579.85	2199.7	1375.1	1164.8
2001	86.9	22.2	27.6	45.57	1448.48	2042.3	1256.7	1046.5
2002	133.7	34.5	31.0	66.40	1402.91	1955.4	1234.5	1018.9
2003	90.8	29.2	24.1	48.03	1336.51	1821.7	1200.0	987.9
2004	72.5	38.7	19.4	43.53	1288.48	1730.9	1170.8	963.8
2005	53.6	28.9	12.1	31.53	1244.95	1658.4	1132.1	944.4
2006	15.1	18.7	13.7	15.83	1213.41	1604.8	1103.2	932.3
2007	87.6	26.5	33.8	49.30	1197.58	1589.7	1084.5	918.6
2008	85.8	52.9	38.3	59.00	1148.28	1502.1	1058.0	884.8
2009	167.0	123.0	99.4	129.80	1089.28	1416.3	1005.1	846.5
2010	81.0	59.8	39.3	60.03	959.48	1249.3	882.1	747.1
2011	33.1	24.6	55.8	37.83	899.44	1168.3	822.3	707.8
2012	62.2	46.0	22.0	43.39	861.61	1135.2	797.7	652.0
2013	213.9	157.5	117.0	162.79	818.22	1073.0	751.7	630.0
2014	137.1	114.3	75.4	108.92	655.42	859.1	594.2	513.0
2015	65.3	61.4	50.7	59.13	546.50	722.0	480.0	437.6
2016	64.6	39.5	28.5	44.20	487.37	656.6	418.6	386.9
2017	225.9	156.1	147.2	176.40	443.16	592.0	379.1	358.4
2018	199.0	107.1	88.5	131.53	266.76	366.1	223.0	211.2
2019	65.3	36.7	40.7	47.57	135.23	167.1	115.9	122.7
2020	101.8	79.2	82.0	87.66	87.66	101.8	79.2	82.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.70. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Mayo – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

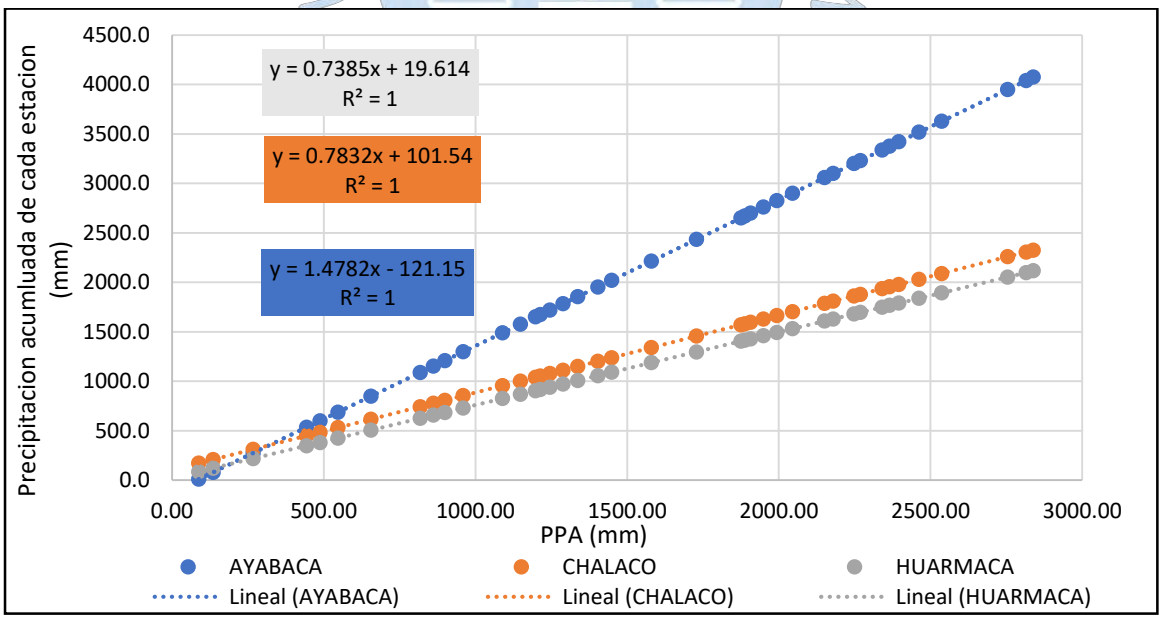
Apéndice B.71. Análisis de consistencia mes de Mayo – Zona alta – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	35.4	18.7	17.7	23.93	2838.55	4074.8	2324.7	2115.9
1982	90.2	47.8	45.1	61.03	2814.62	4039.4	2306.0	2098.2
1983	321.5	170.3	160.6	217.47	2753.59	3949.2	2258.1	2053.1
1984	110.7	58.6	55.3	74.86	2536.11	3627.7	2087.8	1892.5
1985	97.2	51.5	48.5	65.73	2461.25	3517.1	2029.2	1837.2
1986	45.3	24.0	22.6	30.67	2395.51	3419.9	1977.7	1788.7
1987	37.0	19.6	18.5	25.00	2364.85	3374.6	1953.7	1766.1
1988	106.0	56.2	53.0	71.70	2339.85	3337.6	1934.1	1747.6
1989	29.8	15.8	14.9	20.17	2268.15	3231.6	1878.0	1694.6
1990	101.7	53.9	50.8	68.83	2247.98	3201.8	1862.2	1679.7
1991	43.0	22.8	21.5	29.10	2179.15	3100.1	1808.2	1628.9
1992	155.5	82.4	77.7	105.20	2150.05	3057.1	1785.5	1607.4
1993	76.9	40.7	38.4	52.00	2044.85	2901.5	1703.1	1529.7
1994	65.1	34.5	32.5	44.07	1992.85	2824.7	1662.3	1491.3
1995	61.7	32.7	30.8	41.77	1948.78	2759.5	1627.8	1458.8
1996	28.4	15.1	14.2	19.23	1907.01	2697.8	1595.1	1427.9
1997	18.5	9.8	9.3	12.53	1887.78	2669.4	1580.0	1413.7
1998	217.7	115.3	108.8	147.26	1875.25	2650.8	1570.2	1404.5
1999	219.0	116.0	109.4	148.13	1727.98	2433.2	1454.9	1295.7
2000	194.2	102.9	97.0	131.36	1579.85	2214.2	1338.9	1186.3

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2001	67.4	35.7	33.7	45.57	1448.48	2020.0	1236.0	1089.3
2002	98.2	52.0	49.0	66.40	1402.91	1952.6	1200.3	1055.7
2003	71.0	37.6	35.5	48.03	1336.51	1854.5	1148.3	1006.6
2004	64.4	34.1	32.1	43.53	1288.48	1783.5	1110.7	971.2
2005	46.6	24.7	23.3	31.53	1244.95	1719.1	1076.6	939.0
2006	23.4	12.4	11.7	15.83	1213.41	1672.5	1051.9	915.7
2007	72.9	38.6	36.4	49.30	1197.58	1649.1	1039.5	904.0
2008	87.2	46.2	43.6	59.00	1148.28	1576.2	1000.9	867.6
2009	191.9	101.7	95.9	129.80	1089.28	1489.0	954.7	824.0
2010	88.7	47.0	44.3	60.03	959.48	1297.1	853.0	728.2
2011	55.9	29.6	27.9	37.83	899.44	1208.4	806.0	683.9
2012	64.1	34.0	32.0	43.39	861.61	1152.5	776.4	655.9
2013	240.6	127.5	120.2	162.79	818.22	1088.3	742.4	623.9
2014	161.0	85.3	80.4	108.92	655.42	847.7	614.9	503.6
2015	87.4	46.3	43.7	59.13	546.50	686.7	529.6	423.2
2016	65.3	34.6	32.6	44.20	487.37	599.3	483.2	379.5
2017	260.8	138.2	130.3	176.39	443.16	533.9	448.6	346.9
2018	194.4	103.0	97.1	131.53	266.76	273.2	310.5	216.6
2019	70.3	37.3	35.1	47.57	135.23	78.7	207.5	119.5
2020	8.4	170.2	84.4	87.66	87.66	8.4	170.2	84.4

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.72. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Mayo – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

JUNIO

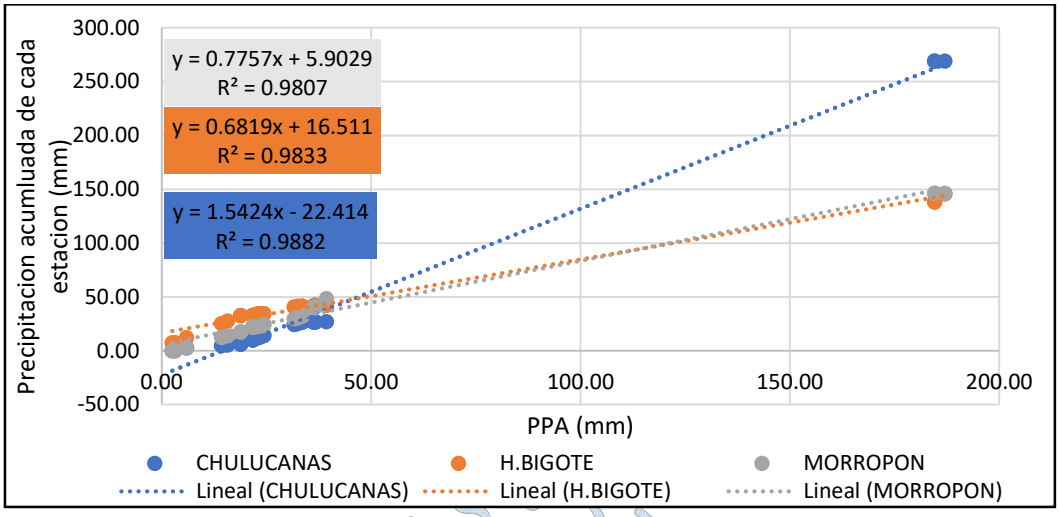
ZONA BAJA

Apéndice B.73. Análisis de consistencia mes de junio – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.0	7.3	0.0	2.44	187.01	269.04	145.76	146.22
1982	0.0	0.0	0.0	0.01	184.57	269.04	138.46	146.22
1983	242.0	96.2	97.6	145.28	184.57	269.04	138.44	146.22
1984	0.1	0.0	7.9	2.68	39.29	27.04	42.21	48.62
1985	0.0	0.0	0.0	0.01	36.61	26.94	42.21	40.69
1986	0.0	0.0	0.0	0.00	36.60	26.94	42.18	40.69
1987	0.0	0.0	0.0	0.00	36.60	26.94	42.18	40.69
1988	0.0	0.0	0.0	0.00	36.60	26.94	42.18	40.69
1989	0.0	0.0	0.0	0.01	36.60	26.94	42.18	40.69
1990	0.0	0.5	0.2	0.24	36.59	26.94	42.16	40.69
1991	0.0	0.1	0.0	0.02	36.36	26.94	41.65	40.49
1992	0.0	0.2	0.3	0.16	36.34	26.94	41.59	40.49
1993	0.0	0.0	7.8	2.63	36.17	26.94	41.40	40.19
1994	0.0	0.0	0.0	0.01	33.54	26.94	41.36	32.34
1995	0.0	0.1	0.0	0.03	33.53	26.94	41.32	32.34
1996	0.0	0.0	0.0	0.00	33.50	26.94	41.24	32.34
1997	1.6	0.0	1.7	1.10	33.50	26.94	41.24	32.34
1998	0.0	0.0	0.0	0.00	32.40	25.33	41.24	30.64
1999	0.9	0.5	1.0	0.80	32.40	25.33	41.24	30.64
2000	10.1	6.1	5.3	7.17	31.60	24.43	40.74	29.64
2001	0.1	0.0	0.4	0.17	24.43	14.33	34.64	24.34
2002	0.1	0.0	0.0	0.03	24.26	14.22	34.63	23.94
2003	1.0	0.4	1.0	0.81	24.23	14.12	34.63	23.94
2004	0.0	0.0	0.0	0.00	23.41	13.10	34.21	22.94
2005	0.0	0.0	0.0	0.01	23.41	13.10	34.20	22.94
2006	0.8	0.0	0.3	0.37	23.40	13.10	34.18	22.94
2007	0.5	0.0	0.3	0.28	23.04	12.30	34.18	22.64
2008	1.7	1.0	0.2	0.98	22.76	11.80	34.14	22.34
2009	0.0	0.0	0.0	0.01	21.78	10.10	33.10	22.14
2010	0.0	0.3	0.0	0.10	21.77	10.10	33.07	22.14
2011	3.8	0.0	4.7	2.84	21.67	10.10	32.77	22.14
2012	0.0	0.1	0.0	0.03	18.82	6.30	32.74	17.44
2013	0.0	0.0	0.0	0.00	18.80	6.28	32.68	17.44
2014	0.9	4.9	3.4	3.08	18.80	6.28	32.68	17.44
2015	0.5	2.4	1.5	1.49	15.71	5.39	27.76	13.99
2016	2.2	13.2	9.6	8.32	14.23	4.89	25.32	12.47
2017	0.60	4.80	2.80	2.73	5.91	2.70	12.13	2.90
2018	0.00	0.00	0.00	0.00	3.18	2.10	7.33	0.10
2019	2.00	0.00	0.00	0.67	3.18	2.10	7.33	0.10
2020	0.10	7.33	0.10	2.51	2.51	0.10	7.33	0.10

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.74. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Junio – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R2 mayor, en este caso Chulucanas.

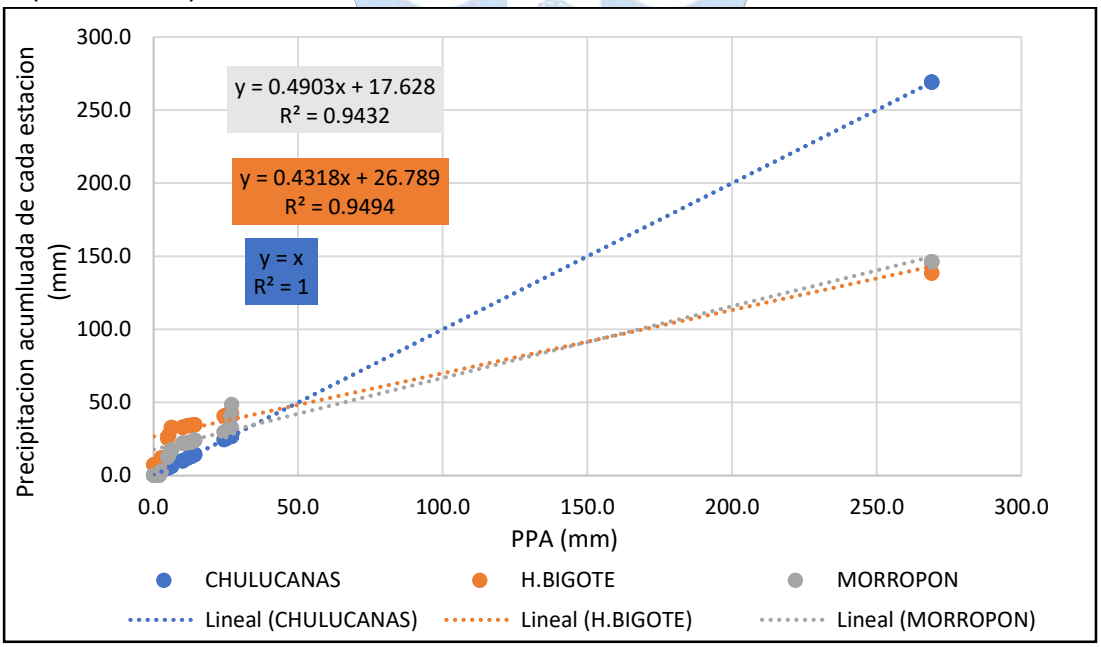
Apéndice B.75. Análisis de consistencia mes de junio (PPA es Chulucanas) – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.0	7.3	0.0	2.44	269.0	269.0	145.8	146.2
1982	0.0	0.0	0.0	0.01	269.0	269.0	138.5	146.2
1983	242.0	96.2	97.6	145.28	269.0	269.0	138.4	146.2
1984	0.1	0.0	7.9	2.68	27.0	27.0	42.2	48.6
1985	0.0	0.0	0.0	0.01	26.9	26.9	42.2	40.7
1986	0.0	0.0	0.0	0.00	26.9	26.9	42.2	40.7
1987	0.0	0.0	0.0	0.00	26.9	26.9	42.2	40.7
1988	0.0	0.0	0.0	0.00	26.9	26.9	42.2	40.7
1989	0.0	0.0	0.0	0.01	26.9	26.9	42.2	40.7
1990	0.0	0.5	0.2	0.24	26.9	26.9	42.2	40.7
1991	0.0	0.1	0.0	0.02	26.9	26.9	41.6	40.5
1992	0.0	0.2	0.3	0.16	26.9	26.9	41.6	40.5
1993	0.0	0.0	7.8	2.63	26.9	26.9	41.4	40.2
1994	0.0	0.0	0.0	0.01	26.9	26.9	41.4	32.3
1995	0.0	0.1	0.0	0.03	26.9	26.9	41.3	32.3
1996	0.0	0.0	0.0	0.00	26.9	26.9	41.2	32.3
1997	1.6	0.0	1.7	1.10	26.9	26.9	41.2	32.3
1998	0.0	0.0	0.0	0.00	25.3	25.3	41.2	30.6
1999	0.9	0.5	1.0	0.80	25.3	25.3	41.2	30.6
2000	10.1	6.1	5.3	7.17	24.4	24.4	40.7	29.6

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
2001	0.1	0.0	0.4	0.17	14.3	14.3	34.6	24.3
2002	0.1	0.0	0.0	0.03	14.2	14.2	34.6	23.9
2003	1.0	0.4	1.0	0.81	14.1	14.1	34.6	23.9
2004	0.0	0.0	0.0	0.00	13.1	13.1	34.2	22.9
2005	0.0	0.0	0.0	0.01	13.1	13.1	34.2	22.9
2006	0.8	0.0	0.3	0.37	13.1	13.1	34.2	22.9
2007	0.5	0.0	0.3	0.28	12.3	12.3	34.2	22.6
2008	1.7	1.0	0.2	0.98	11.8	11.8	34.1	22.3
2009	0.0	0.0	0.0	0.01	10.1	10.1	33.1	22.1
2010	0.0	0.3	0.0	0.10	10.1	10.1	33.1	22.1
2011	3.8	0.0	4.7	2.84	10.1	10.1	32.8	22.1
2012	0.0	0.1	0.0	0.03	6.3	6.3	32.7	17.4
2013	0.0	0.0	0.0	0.00	6.3	6.3	32.7	17.4
2014	0.9	4.9	3.4	3.08	6.3	6.3	32.7	17.4
2015	0.5	2.4	1.5	1.49	5.4	5.4	27.8	14.0
2016	2.2	13.2	9.6	8.32	4.9	4.9	25.3	12.5
2017	0.6	4.8	2.8	2.73	2.7	2.7	12.1	2.9
2018	0.0	0.0	0.0	0.00	2.1	2.1	7.3	0.1
2019	2.0	0.0	0.0	0.67	2.1	2.1	7.3	0.1
2020	0.1	7.3	0.1	2.51	0.1	0.1	7.3	0.1

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.76. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Chulucanas)



Fuente: Elaboración propia

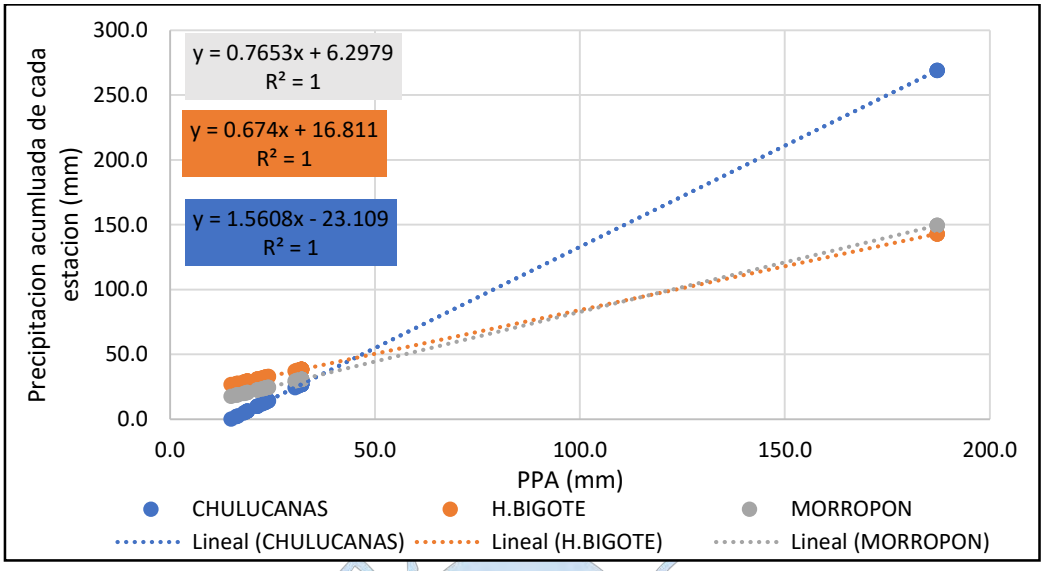
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.77. Análisis de consistencia mes de enero – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.0	0.0	0.0	0.0	187.2	269.0	143.0	149.5
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	187.2	269.0	143.0	149.5
1983	242.0	104.5	118.7	155.0	187.2	269.0	143.0	149.5
1984	0.1	0.0	0.0	0.1	32.1	27.0	38.5	30.9
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1997	1.6	0.7	0.8	1.0	32.1	26.9	38.4	30.8
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	31.0	25.3	37.7	30.0
1999	0.9	0.4	0.4	0.6	31.0	25.3	37.7	30.0
2000	10.1	4.4	5.0	6.5	30.5	24.4	37.3	29.6
2001	0.1	0.0	0.1	0.1	24.0	14.3	33.0	24.7
2002	0.1	0.0	0.0	0.1	23.9	14.2	32.9	24.6
2003	1.0	0.4	0.5	0.7	23.9	14.1	32.9	24.5
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	13.1	32.4	24.0
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	13.1	32.4	24.0
2006	0.8	0.3	0.4	0.5	23.2	13.1	32.4	24.0
2007	0.5	0.2	0.2	0.3	22.7	12.3	32.1	23.7
2008	1.7	0.7	0.8	1.1	22.4	11.8	31.9	23.4
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	21.3	10.1	31.1	22.6
2010	0.0	0.0	0.0	0.0	21.3	10.1	31.1	22.6
2011	3.8	1.6	1.9	2.4	21.3	10.1	31.1	22.6
2012	0.0	0.0	0.0	0.0	18.8	6.3	29.5	20.7
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	18.8	6.3	29.5	20.7
2014	0.9	0.4	0.4	0.6	18.8	6.3	29.5	20.7
2015	0.5	0.2	0.2	0.3	18.3	5.4	29.1	20.3
2016	2.2	0.9	1.1	1.4	17.9	4.9	28.9	20.0
2017	0.6	0.3	0.3	0.4	16.5	2.7	28.0	19.0
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2	2.1	27.7	18.7
2019	2.0	0.9	1.0	1.3	16.2	2.1	27.7	18.7
2020	0.1	26.8	17.7	14.9	14.9	0.1	26.8	17.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.78. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Junio – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

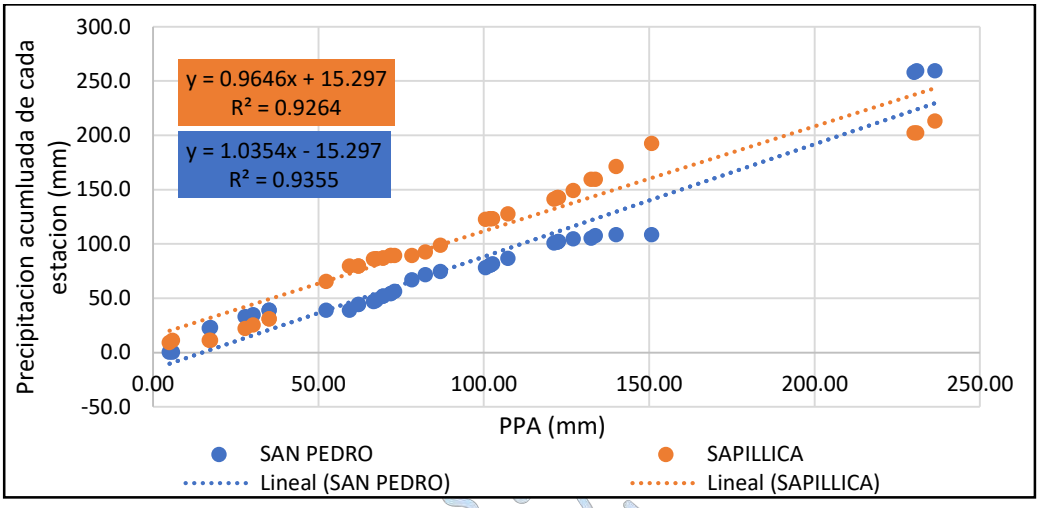
ZONA MEDIA

Apéndice B.79. Análisis de consistencia mes de Junio – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	11.0	5.51	236.44	259.5	213.3
1982	1.5	0.0	0.75	230.93	259.5	202.3
1983	149.3	9.6	79.45	230.18	258.0	202.3
1984	0.0	21.3	10.66	150.73	108.7	192.7
1985	0.8	11.8	6.31	140.07	108.7	171.4
1986	2.5	0.0	1.26	133.76	107.9	159.6
1987	0.7	10.1	5.42	132.50	105.4	159.6
1988	2.3	6.6	4.46	127.08	104.7	149.4
1989	0.6	0.0	0.30	122.62	102.4	142.8
1990	0.0	0.0	0.00	122.32	101.8	142.8
1991	0.9	1.3	1.11	122.32	101.8	142.8
1992	14.0	13.7	13.85	121.21	100.9	141.5
1993	5.0	4.3	4.68	107.36	86.9	127.8
1994	1.3	0.0	0.65	102.69	81.9	123.5
1995	0.0	0.0	0.00	102.04	80.6	123.5
1996	2.2	0.8	1.51	102.04	80.6	123.5
1997	3.6	23.7	13.66	100.53	78.4	122.7
1998	2.9	6.1	4.51	86.88	74.8	99.0
1999	4.9	3.3	4.10	82.37	71.9	92.9
2000	10.4	0.1	5.27	78.27	67.0	89.6
2001	2.2	0.0	1.11	73.01	56.6	89.4
2002	0.0	0.0	0.00	71.90	54.4	89.4
2003	2.3	2.4	2.35	71.90	54.4	89.4
2004	0.0	0.0	0.00	69.55	52.1	87.0
2005	3.6	0.5	2.05	69.55	52.1	87.0
2006	0.7	0.1	0.40	67.50	48.5	86.5
2007	0.8	0.0	0.40	67.10	47.8	86.4
2008	2.6	6.6	4.61	66.70	47.0	86.4
2009	0.0	0.0	0.00	62.10	44.4	79.8
2010	5.3	0.0	2.65	62.10	44.4	79.8
2011	0.0	14.2	7.10	59.45	39.1	79.8
2012	0.0	34.4	17.21	52.35	39.1	65.6
2013	0.0	0.0	0.00	35.14	39.1	31.2
2014	3.9	5.8	4.85	35.14	39.1	31.2
2015	1.8	3.0	2.39	30.29	35.1	25.4
2016	10.0	11.1	10.55	27.90	33.3	22.5
2017	0.6	0.0	0.30	17.35	23.3	11.4
2018	22.3	0.0	11.15	17.05	22.7	11.4
2019	0.0	1.9	0.95	5.90	0.4	11.4
2020	0.4	9.5	4.95	4.95	0.4	9.5

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.80. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Junio – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R^2 mayor, en este caso San Pedro.

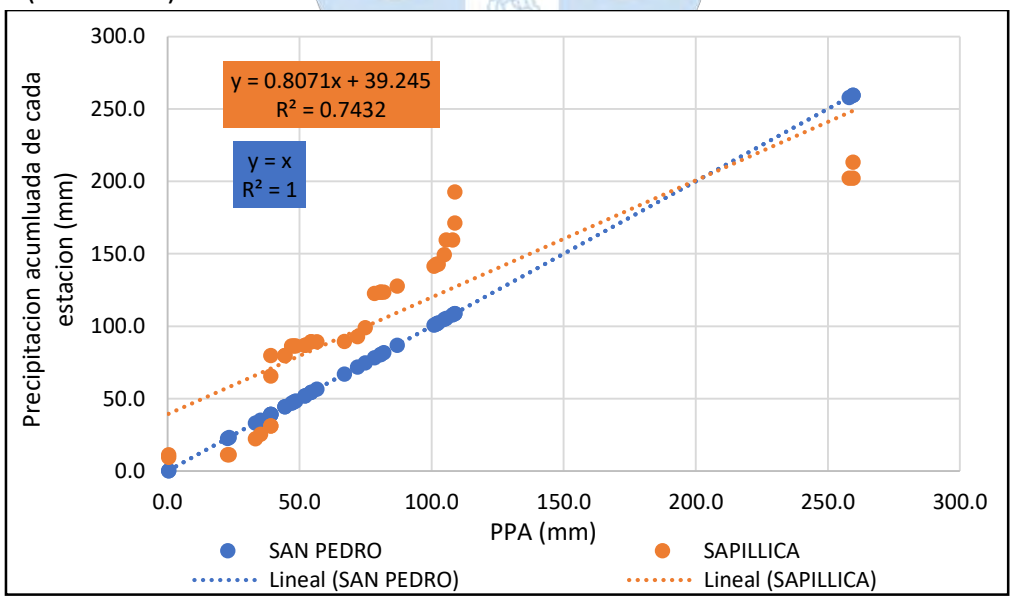
Apéndice B.81. Análisis de consistencia mes de junio (PPA es San Pedro) – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	11.0	5.5	259.5	259.5	213.3
1982	1.5	0.0	0.8	259.5	259.5	202.3
1983	149.3	9.6	79.5	258.0	258.0	202.3
1984	0.0	21.3	10.7	108.7	108.7	192.7
1985	0.8	11.8	6.3	108.7	108.7	171.4
1986	2.5	0.0	1.3	107.9	107.9	159.6
1987	0.7	10.1	5.4	105.4	105.4	159.6
1988	2.3	6.6	4.5	104.7	104.7	149.4
1989	0.6	0.0	0.3	102.4	102.4	142.8
1990	0.0	0.0	0.0	101.8	101.8	142.8
1991	0.9	1.3	1.1	101.8	101.8	142.8
1992	14.0	13.7	13.9	100.9	100.9	141.5
1993	5.0	4.3	4.7	86.9	86.9	127.8
1994	1.3	0.0	0.7	81.9	81.9	123.5
1995	0.0	0.0	0.0	80.6	80.6	123.5
1996	2.2	0.8	1.5	80.6	80.6	123.5
1997	3.6	23.7	13.7	78.4	78.4	122.7
1998	2.9	6.1	4.5	74.8	74.8	99.0
1999	4.9	3.3	4.1	71.9	71.9	92.9
2000	10.4	0.1	5.3	67.0	67.0	89.6

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
2001	2.2	0.0	1.1	56.6	56.6	89.4
2002	0.0	0.0	0.0	54.4	54.4	89.4
2003	2.3	2.4	2.4	54.4	54.4	89.4
2004	0.0	0.0	0.0	52.1	52.1	87.0
2005	3.6	0.5	2.1	52.1	52.1	87.0
2006	0.7	0.1	0.4	48.5	48.5	86.5
2007	0.8	0.0	0.4	47.8	47.8	86.4
2008	2.6	6.6	4.6	47.0	47.0	86.4
2009	0.0	0.0	0.0	44.4	44.4	79.8
2010	5.3	0.0	2.7	44.4	44.4	79.8
2011	0.0	14.2	7.1	39.1	39.1	79.8
2012	0.0	34.4	17.2	39.1	39.1	65.6
2013	0.0	0.0	0.0	39.1	39.1	31.2
2014	3.9	5.8	4.9	39.1	39.1	31.2
2015	1.8	3.0	2.4	35.1	35.1	25.4
2016	10.0	11.1	10.5	33.3	33.3	22.5
2017	0.6	0.0	0.3	23.3	23.3	11.4
2018	22.3	0.0	11.2	22.7	22.7	11.4
2019	0.0	1.9	1.0	0.4	0.4	11.4
2020	0.4	9.5	5.0	0.4	0.4	9.5

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.82. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (San Pedro)



Fuente: Elaboración propia

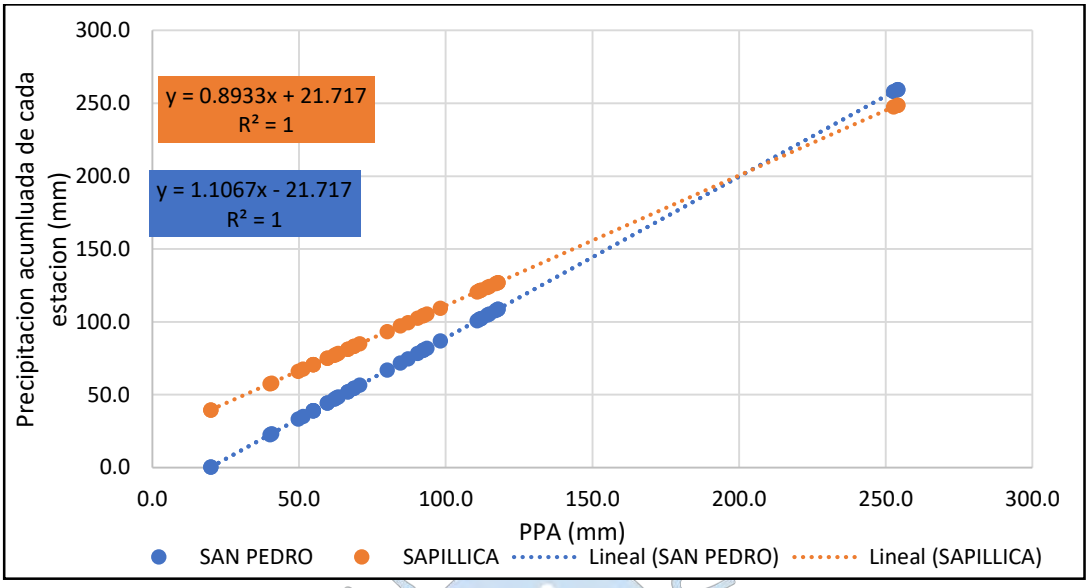
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.83. Análisis de consistencia mes de junio – Zona media – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	0.0	0.0	254.1	259.5	248.7
1982	1.5	1.2	1.4	254.1	259.5	248.7
1983	149.3	120.5	134.9	252.8	258.0	247.5
1984	0.0	0.0	0.0	117.9	108.7	127.0
1985	0.8	0.6	0.7	117.9	108.7	127.0
1986	2.5	2.0	2.3	117.1	107.9	126.4
1987	0.7	0.6	0.6	114.9	105.4	124.3
1988	2.3	1.9	2.1	114.2	104.7	123.8
1989	0.6	0.5	0.5	112.2	102.4	121.9
1990	0.0	0.0	0.0	111.6	101.8	121.4
1991	0.9	0.7	0.8	111.6	101.8	121.4
1992	14.0	11.3	12.6	110.8	100.9	120.7
1993	5.0	4.1	4.6	98.2	86.9	109.4
1994	1.3	1.0	1.2	93.6	81.9	105.3
1995	0.0	0.0	0.0	92.4	80.6	104.3
1996	2.2	1.8	2.0	92.4	80.6	104.3
1997	3.6	2.9	3.3	90.4	78.4	102.5
1998	2.9	2.3	2.6	87.2	74.8	99.6
1999	4.9	4.0	4.4	84.6	71.9	97.3
2000	10.4	8.4	9.4	80.1	67.0	93.3
2001	2.2	1.8	2.0	70.7	56.6	84.9
2002	0.0	0.0	0.0	68.8	54.4	83.1
2003	2.3	1.9	2.1	68.8	54.4	83.1
2004	0.0	0.0	0.0	66.7	52.1	81.3
2005	3.6	2.9	3.3	66.7	52.1	81.3
2006	0.7	0.6	0.6	63.4	48.5	78.4
2007	0.8	0.6	0.7	62.8	47.8	77.8
2008	2.6	2.1	2.3	62.1	47.0	77.2
2009	0.0	0.0	0.0	59.7	44.4	75.1
2010	5.3	4.3	4.8	59.7	44.4	75.1
2011	0.0	0.0	0.0	54.9	39.1	70.8
2012	0.0	0.0	0.0	54.9	39.1	70.8
2013	0.0	0.0	0.0	54.9	39.1	70.8
2014	3.9	3.2	3.6	54.9	39.1	70.8
2015	1.8	1.5	1.7	51.4	35.1	67.6
2016	10.0	8.1	9.0	49.7	33.3	66.1
2017	0.6	0.5	0.5	40.7	23.3	58.1
2018	22.3	18.0	20.1	40.1	22.7	57.6
2019	0.0	0.0	0.0	20.0	0.4	39.6
2020	0.4	39.6	20.0	20.0	0.4	39.6

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.84. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Junio – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

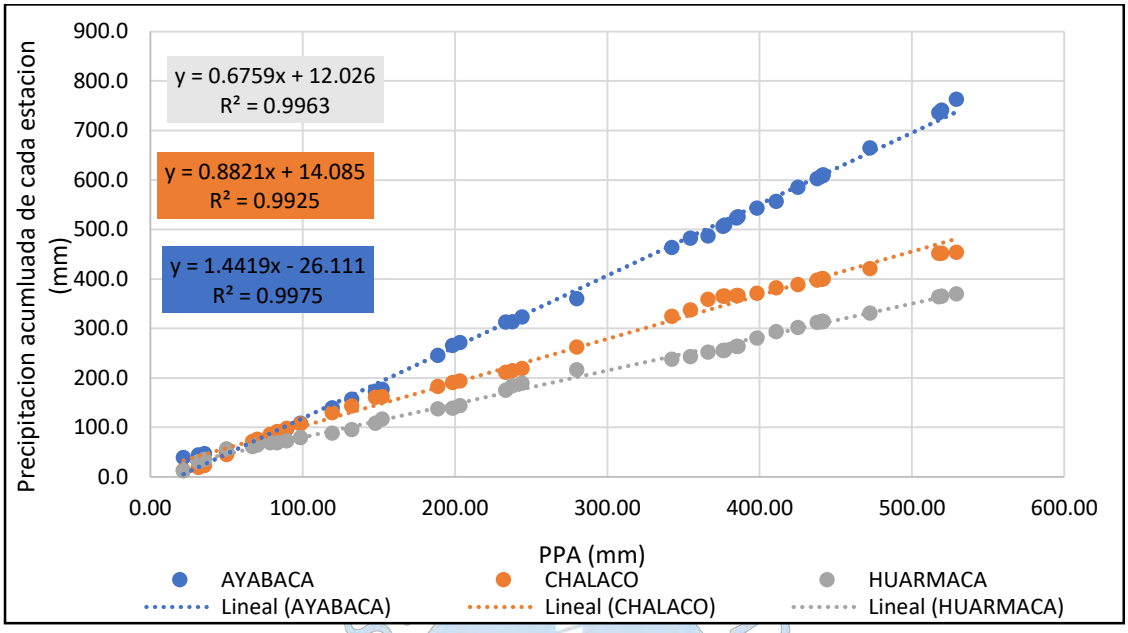
ZONA ALTA

Apéndice B.85. Análisis de consistencia mes de junio – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	21.9	2.0	4.8	9.57	529.17	763.1	454.3	370.1
1982	5.0	0.0	1.0	2.00	519.60	741.2	452.3	365.3
1983	71.5	31.0	33.3	45.27	517.60	736.2	452.3	364.3
1984	53.9	21.2	16.7	30.60	472.33	664.7	421.3	331.0
1985	2.1	0.0	0.0	0.70	441.73	610.8	400.1	314.3
1986	0.0	0.0	0.0	0.00	441.03	608.7	400.1	314.3
1987	0.0	0.0	0.5	0.17	441.03	608.7	400.1	314.3
1988	5.6	2.0	1.6	3.07	440.86	608.7	400.1	313.8
1989	17.8	9.5	10.4	12.57	437.80	603.1	398.1	312.2
1990	28.6	6.6	8.1	14.43	425.23	585.3	388.6	301.8
1991	13.6	11.0	13.3	12.63	410.80	556.7	382.0	293.7
1992	16.9	4.0	16.2	12.37	398.16	543.1	371.0	280.4
1993	2.9	0.0	0.0	0.97	385.80	526.2	367.0	264.2
1994	14.0	1.5	7.8	7.77	384.83	523.3	367.0	264.2
1995	2.6	0.0	0.9	1.17	377.06	509.3	365.5	256.4
1996	19.6	6.5	3.5	9.87	375.90	506.7	365.5	255.5
1997	4.3	21.4	9.0	11.57	366.03	487.1	359.0	252.0
1998	18.8	12.9	4.7	12.13	354.46	482.8	337.6	243.0
1999	103.7	61.8	21.4	62.30	342.33	464.0	324.7	238.3
2000	37.1	43.4	27.5	36.00	280.03	360.3	262.9	216.9
2001	9.6	4.5	5.2	6.43	244.03	323.2	219.5	189.4
2002	0.5	3.6	8.7	4.27	237.60	313.6	215.0	184.2
2003	41.7	17.2	31.6	30.17	233.33	313.1	211.4	175.5
2004	5.8	3.5	4.9	4.73	203.16	271.4	194.2	143.9
2005	19.7	7.9	1.4	9.67	198.43	265.6	190.7	139.0
2006	69.0	20.5	20.4	36.63	188.76	245.9	182.8	137.6
2007	3.4	1.1	8.9	4.47	152.13	176.9	162.3	117.2
2008	16.2	17.9	12.5	15.53	147.66	173.5	161.2	108.3
2009	17.9	13.4	7.1	12.81	132.13	157.3	143.3	95.8
2010	30.7	22.8	9.0	20.84	119.32	139.4	129.9	88.7
2011	11.3	8.6	6.8	8.90	98.48	108.7	107.0	79.7
2012	8.7	6.7	3.9	6.42	89.58	97.4	98.5	72.9
2013	7.7	5.9	0.0	4.54	83.16	88.7	91.8	69.0
2014	11.2	9.9	4.3	8.47	78.62	81.0	85.9	69.0
2015	2.2	4.1	3.2	3.16	70.15	69.8	76.0	64.7
2016	20.0	26.4	4.4	16.91	66.99	67.6	71.9	61.5
2017	0.2	22.0	21.6	14.60	50.08	47.6	45.5	57.1
2018	2.6	4.3	4.8	3.90	35.48	47.4	23.5	35.5
2019	5.4	5.9	18.3	9.87	31.58	44.8	19.2	30.7
2020	39.4	13.3	12.4	21.71	21.71	39.4	13.3	12.4

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.86. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Junio – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

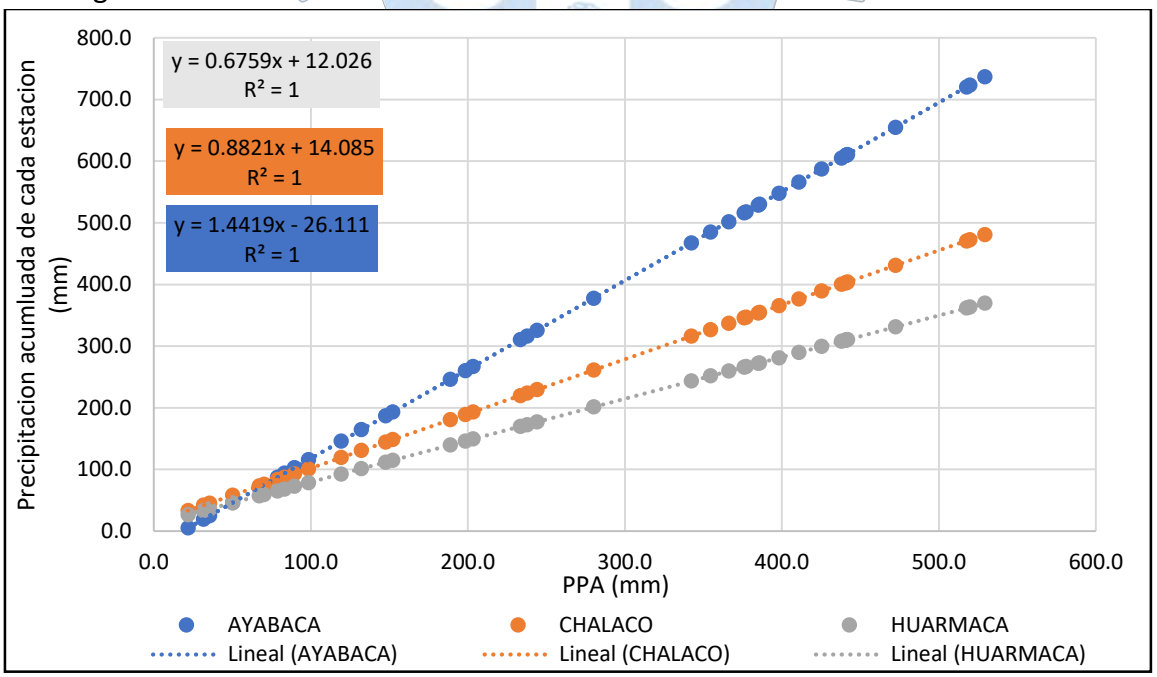
Apéndice B.87. Análisis de consistencia mes de Junio – Zona alta – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	13.8	8.4	6.5	9.6	529.2	736.9	480.9	369.7
1982	2.9	1.8	1.4	2.0	519.6	723.1	472.4	363.2
1983	65.3	39.9	30.6	45.3	517.6	720.2	470.7	361.9
1984	44.1	27.0	20.7	30.6	472.3	654.9	430.7	331.3
1985	1.0	0.6	0.5	0.7	441.7	610.8	403.7	310.6
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	441.0	609.8	403.1	310.1
1987	0.2	0.1	0.1	0.2	441.0	609.8	403.1	310.1
1988	4.4	2.7	2.1	3.1	440.9	609.6	403.0	310.0
1989	18.1	11.1	8.5	12.6	437.8	605.1	400.3	307.9
1990	20.8	12.7	9.8	14.4	425.2	587.0	389.2	299.4
1991	18.2	11.1	8.5	12.6	410.8	566.2	376.4	289.7
1992	17.8	10.9	8.4	12.4	398.2	548.0	365.3	281.1
1993	1.4	0.9	0.7	1.0	385.8	530.2	354.4	272.8
1994	11.2	6.9	5.2	7.8	384.8	528.8	353.5	272.1
1995	1.7	1.0	0.8	1.2	377.1	517.6	346.7	266.9
1996	14.2	8.7	6.7	9.9	375.9	515.9	345.7	266.1
1997	16.7	10.2	7.8	11.6	366.0	501.7	337.0	259.4
1998	17.5	10.7	8.2	12.1	354.5	485.0	326.8	251.6
1999	89.8	55.0	42.1	62.3	342.3	467.5	316.1	243.4
2000	51.9	31.8	24.3	36.0	280.0	377.7	261.1	201.3

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2001	9.3	5.7	4.3	6.4	244.0	325.8	229.3	177.0
2002	6.2	3.8	2.9	4.3	237.6	316.5	223.7	172.6
2003	43.5	26.6	20.4	30.2	233.3	310.3	219.9	169.7
2004	6.8	4.2	3.2	4.7	203.2	266.8	193.3	149.3
2005	13.9	8.5	6.5	9.7	198.4	260.0	189.1	146.1
2006	52.8	32.3	24.8	36.6	188.8	246.1	180.6	139.6
2007	6.4	3.9	3.0	4.5	152.1	193.2	148.3	114.9
2008	22.4	13.7	10.5	15.5	147.7	186.8	144.3	111.8
2009	18.5	11.3	8.7	12.8	132.1	164.4	130.6	101.3
2010	30.1	18.4	14.1	20.8	119.3	145.9	119.3	92.7
2011	12.8	7.8	6.0	8.9	98.5	115.9	101.0	78.6
2012	9.3	5.7	4.3	6.4	89.6	103.1	93.1	72.6
2013	6.5	4.0	3.1	4.5	83.2	93.8	87.4	68.2
2014	12.2	7.5	5.7	8.5	78.6	87.3	83.4	65.2
2015	4.6	2.8	2.1	3.2	70.2	75.0	76.0	59.4
2016	24.4	14.9	11.4	16.9	67.0	70.5	73.2	57.3
2017	21.1	12.9	9.9	14.6	50.1	46.1	58.3	45.9
2018	5.6	3.4	2.6	3.9	35.5	25.0	45.4	36.0
2019	14.2	8.7	6.7	9.9	31.6	19.4	41.9	33.4
2020	5.2	33.2	26.7	21.7	21.7	5.2	33.2	26.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.88. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Junio – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

JULIO

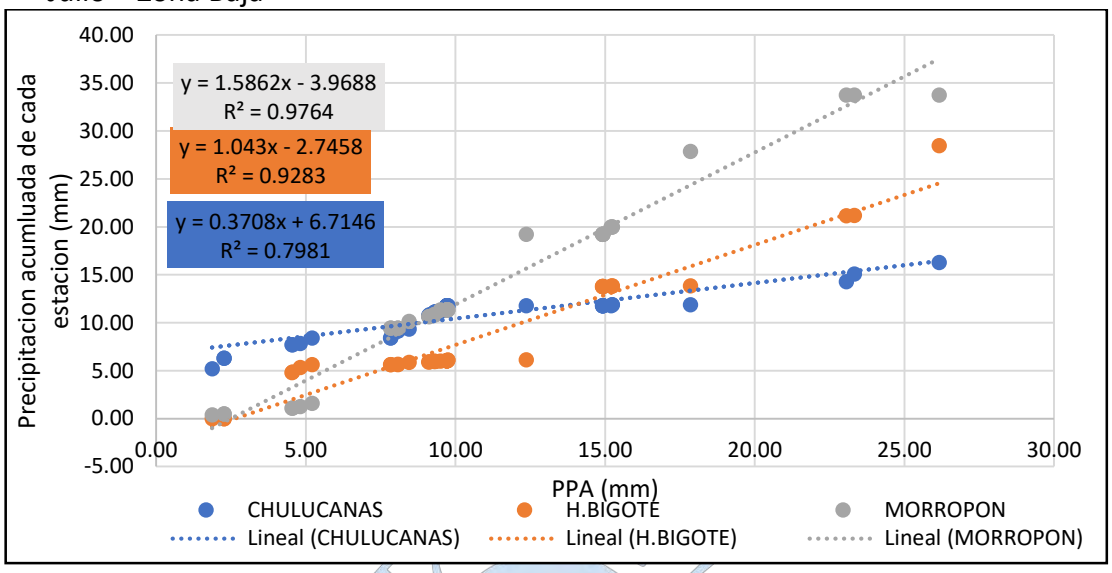
ZONA BAJA

Apéndice B.89. Análisis de consistencia mes de junio – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	1.2	7.3	0.0	2.84	26.16	16.26	28.48	33.75
1982	0.8	0.0	0.0	0.27	23.33	15.06	21.17	33.75
1983	2.4	7.3	5.9	5.20	23.05	14.26	21.15	33.75
1984	0.0	0.0	7.8	2.62	17.85	11.86	13.85	27.85
1985	0.0	0.0	0.0	0.01	15.24	11.86	13.85	20.00
1986	0.1	0.0	0.0	0.03	15.23	11.86	13.82	20.00
1987	0.0	0.0	0.8	0.28	15.19	11.76	13.82	20.00
1988	0.0	0.0	0.0	0.00	14.92	11.76	13.79	19.20
1989	0.0	0.0	0.0	0.00	14.92	11.76	13.79	19.20
1990	0.0	0.0	0.0	0.00	14.92	11.76	13.79	19.20
1991	0.0	0.0	0.0	0.00	14.92	11.76	13.79	19.20
1992	0.0	7.6	0.0	2.55	14.91	11.76	13.78	19.20
1993	0.0	0.0	7.8	2.63	12.37	11.76	6.14	19.20
1994	0.0	0.0	0.0	0.00	9.74	11.76	6.11	11.35
1995	0.0	0.1	0.0	0.03	9.74	11.76	6.10	11.35
1996	0.0	0.0	0.0	0.00	9.71	11.76	6.02	11.35
1997	0.0	0.0	0.0	0.00	9.71	11.76	6.02	11.35
1998	0.0	0.0	0.0	0.00	9.71	11.76	6.02	11.35
1999	0.0	0.0	0.0	0.00	9.71	11.76	6.02	11.35
2000	0.0	0.0	0.0	0.00	9.71	11.76	6.02	11.35
2001	0.6	0.0	0.0	0.21	9.71	11.76	6.02	11.35
2002	0.0	0.0	0.5	0.18	9.50	11.16	5.99	11.35
2003	0.0	0.0	0.0	0.01	9.32	11.15	5.97	10.85
2004	0.1	0.0	0.0	0.04	9.32	11.14	5.96	10.85
2005	0.0	0.0	0.0	0.00	9.28	11.04	5.95	10.85
2006	0.2	0.0	0.2	0.14	9.28	11.04	5.95	10.85
2007	0.1	0.0	0.0	0.04	9.14	10.83	5.93	10.65
2008	1.4	0.0	0.5	0.65	9.10	10.73	5.91	10.65
2009	0.2	0.2	0.7	0.37	8.45	9.32	5.87	10.15
2010	0.0	0.0	0.0	0.01	8.08	9.12	5.66	9.45
2011	0.7	0.0	0.0	0.24	8.07	9.12	5.64	9.45
2012	0.0	0.0	0.0	0.01	7.83	8.42	5.63	9.45
2013	0.0	0.0	7.8	2.62	7.83	8.41	5.62	9.45
2014	0.6	0.3	0.3	0.40	5.21	8.41	5.62	1.60
2015	0.1	0.5	0.2	0.26	4.81	7.85	5.32	1.26
2016	0.0	0.0	0.0	0.02	4.55	7.70	4.85	1.10
2017	1.40	4.80	0.60	2.27	4.53	7.70	4.80	1.10
2018	0.00	0.00	0.00	0.00	2.27	6.30	0.00	0.50
2019	1.10	0.00	0.10	0.40	2.27	6.30	0.00	0.50
2020	5.20	0.00	0.40	1.87	1.87	5.20	0.00	0.40

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.90. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Julio – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R^2 mayor, en este caso Morropón.

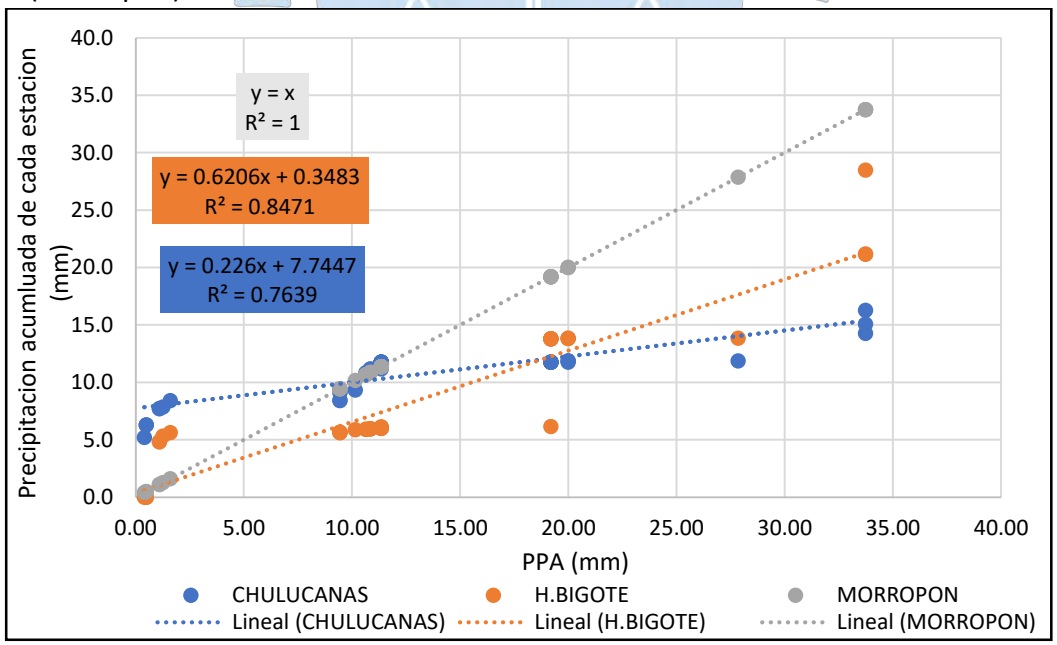
Apéndice B.91. Análisis de consistencia mes de julio (PPA es Morropón) – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	1.2	7.3	0.0	2.84	33.75	16.3	28.5	33.7
1982	0.8	0.0	0.0	0.27	33.75	15.1	21.2	33.7
1983	2.4	7.3	5.9	5.20	33.75	14.3	21.2	33.7
1984	0.0	0.0	7.8	2.62	27.85	11.9	13.8	27.8
1985	0.0	0.0	0.0	0.01	20.00	11.9	13.8	20.0
1986	0.1	0.0	0.0	0.03	20.00	11.9	13.8	20.0
1987	0.0	0.0	0.8	0.28	20.00	11.8	13.8	20.0
1988	0.0	0.0	0.0	0.00	19.20	11.8	13.8	19.2
1989	0.0	0.0	0.0	0.00	19.20	11.8	13.8	19.2
1990	0.0	0.0	0.0	0.00	19.20	11.8	13.8	19.2
1991	0.0	0.0	0.0	0.00	19.20	11.8	13.8	19.2
1992	0.0	7.6	0.0	2.55	19.20	11.8	13.8	19.2
1993	0.0	0.0	7.8	2.63	19.20	11.8	6.1	19.2
1994	0.0	0.0	0.0	0.00	11.35	11.8	6.1	11.4
1995	0.0	0.1	0.0	0.03	11.35	11.8	6.1	11.4
1996	0.0	0.0	0.0	0.00	11.35	11.8	6.0	11.4
1997	0.0	0.0	0.0	0.00	11.35	11.8	6.0	11.4
1998	0.0	0.0	0.0	0.00	11.35	11.8	6.0	11.4
1999	0.0	0.0	0.0	0.00	11.35	11.8	6.0	11.4
2000	0.0	0.0	0.0	0.00	11.35	11.8	6.0	11.4

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
2001	0.6	0.0	0.0	0.21	11.35	11.8	6.0	11.4
2002	0.0	0.0	0.5	0.18	11.35	11.2	6.0	11.4
2003	0.0	0.0	0.0	0.01	10.85	11.2	6.0	10.9
2004	0.1	0.0	0.0	0.04	10.85	11.1	6.0	10.9
2005	0.0	0.0	0.0	0.00	10.85	11.0	5.9	10.9
2006	0.2	0.0	0.2	0.14	10.85	11.0	5.9	10.9
2007	0.1	0.0	0.0	0.04	10.65	10.8	5.9	10.7
2008	1.4	0.0	0.5	0.65	10.65	10.7	5.9	10.7
2009	0.2	0.2	0.7	0.37	10.15	9.3	5.9	10.2
2010	0.0	0.0	0.0	0.01	9.45	9.1	5.7	9.5
2011	0.7	0.0	0.0	0.24	9.45	9.1	5.6	9.5
2012	0.0	0.0	0.0	0.01	9.45	8.4	5.6	9.5
2013	0.0	0.0	7.8	2.62	9.45	8.4	5.6	9.5
2014	0.6	0.3	0.3	0.40	1.60	8.4	5.6	1.6
2015	0.1	0.5	0.2	0.26	1.26	7.8	5.3	1.3
2016	0.0	0.0	0.0	0.02	1.10	7.7	4.8	1.1
2017	1.4	4.8	0.6	2.27	1.10	7.7	4.8	1.1
2018	0.0	0.0	0.0	0.00	0.50	6.3	0.0	0.5
2019	1.1	0.0	0.1	0.40	0.50	6.3	0.0	0.5
2020	5.2	0.0	0.4	1.87	0.40	5.2	0.0	0.4

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.92. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Morropón)



Fuente: Elaboración propia

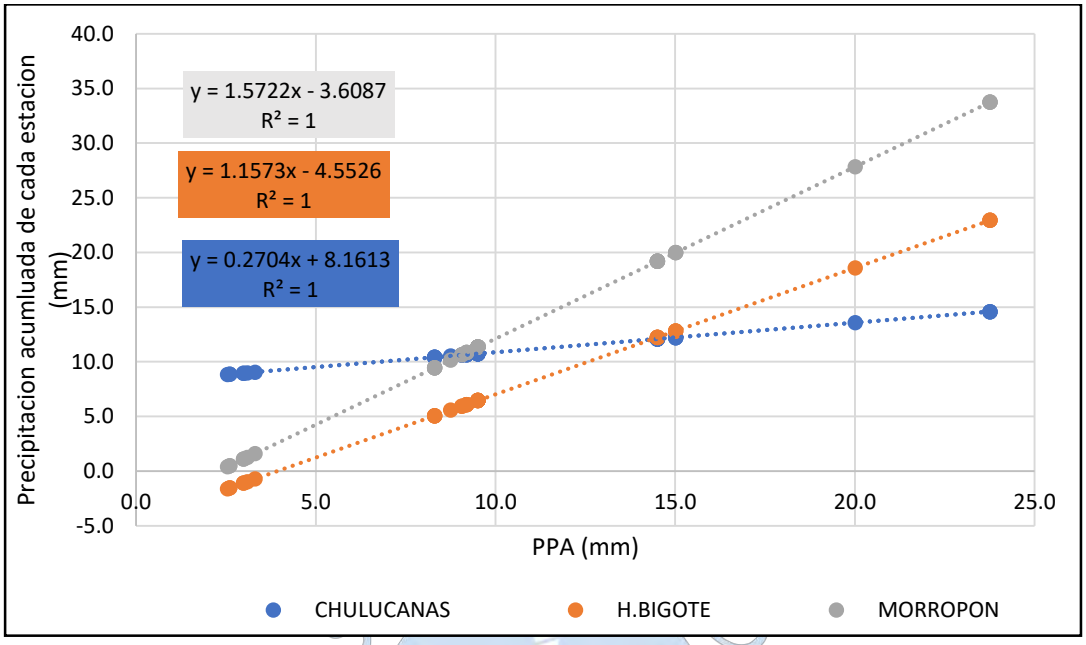
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.93. Análisis de consistencia mes de julio – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	14.6	22.9	33.7
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	14.6	22.9	33.7
1983	1.0	4.3	5.9	3.8	23.8	14.6	22.9	33.7
1984	1.3	5.8	7.8	5.0	20.0	13.6	18.6	27.8
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	12.2	12.8	20.0
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	12.2	12.8	20.0
1987	0.1	0.6	0.8	0.5	15.0	12.2	12.8	20.0
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	12.1	12.2	19.2
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	12.1	12.2	19.2
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	12.1	12.2	19.2
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	12.1	12.2	19.2
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	12.1	12.2	19.2
1993	1.3	5.8	7.8	5.0	14.5	12.1	12.2	19.2
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	10.7	6.5	11.4
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	10.7	6.5	11.4
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	10.7	6.5	11.4
1997	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	10.7	6.5	11.4
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	10.7	6.5	11.4
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	10.7	6.5	11.4
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	10.7	6.5	11.4
2001	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	10.7	6.5	11.4
2002	0.1	0.4	0.5	0.3	9.5	10.7	6.5	11.4
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	10.6	6.1	10.9
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	10.6	6.1	10.9
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	10.6	6.1	10.9
2006	0.0	0.1	0.2	0.1	9.2	10.6	6.1	10.9
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	10.6	5.9	10.7
2008	0.1	0.4	0.5	0.3	9.1	10.6	5.9	10.7
2009	0.1	0.5	0.7	0.4	8.8	10.5	5.6	10.2
2010	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	10.4	5.1	9.5
2011	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	10.4	5.1	9.5
2012	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	10.4	5.1	9.5
2013	1.3	5.8	7.8	5.0	8.3	10.4	5.1	9.5
2014	0.1	0.3	0.3	0.2	3.3	9.1	-0.7	1.6
2015	0.0	0.1	0.2	0.1	3.1	9.0	-1.0	1.3
2016	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	9.0	-1.1	1.1
2017	0.1	0.4	0.6	0.4	3.0	9.0	-1.1	1.1
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	8.9	-1.5	0.5
2019	0.0	0.1	0.1	0.1	2.6	8.9	-1.5	0.5
2020	8.9	-1.6	0.4	2.5	2.5	8.9	-1.6	0.4

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.94. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Julio – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Hacienda Bigote, por lo que se reemplazaron por 0.

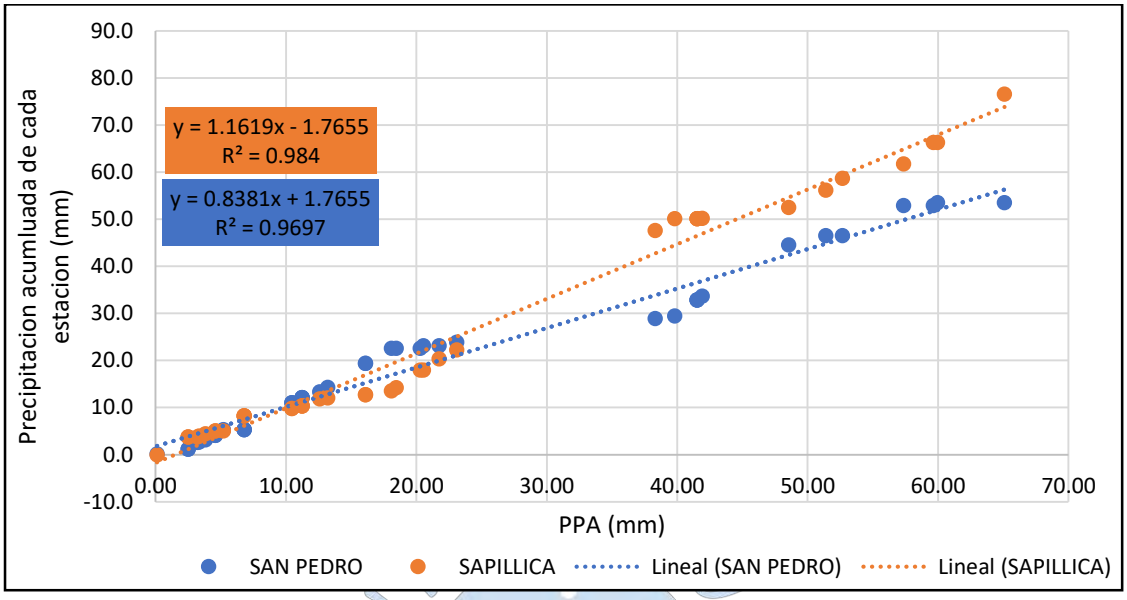
ZONA MEDIA:

Apéndice B.95. Análisis de consistencia mes de Julio – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	10.3	5.15	65.09	53.6	76.6
1982	0.6	0.0	0.30	59.94	53.6	66.3
1983	0.0	4.6	2.28	59.64	53.0	66.3
1984	6.4	3.0	4.71	57.36	53.0	61.8
1985	0.0	2.5	1.26	52.65	46.6	58.7
1986	2.0	3.7	2.86	51.39	46.6	56.2
1987	10.9	2.3	6.61	48.53	44.6	52.5
1988	0.8	0.0	0.41	41.92	33.7	50.2
1989	0.0	0.0	0.00	41.51	32.9	50.2
1990	0.0	0.0	0.00	41.51	32.9	50.2
1991	3.4	0.0	1.70	41.51	32.9	50.2
1992	0.5	2.5	1.50	39.81	29.5	50.2
1993	5.0	25.4	15.22	38.31	29.0	47.7
1994	0.8	1.9	1.35	23.09	23.9	22.3
1995	0.0	2.4	1.20	21.74	23.1	20.4
1996	0.5	0.0	0.25	20.54	23.1	18.0
1997	0.0	3.7	1.85	20.29	22.6	18.0
1998	0.0	0.7	0.36	18.44	22.6	14.3
1999	3.2	0.8	2.00	18.09	22.6	13.5
2000	0.0	0.0	0.00	16.09	19.4	12.7
2001	5.1	0.7	2.90	16.09	19.4	12.7
2002	1.0	0.2	0.60	13.19	14.3	12.0
2003	1.2	1.5	1.35	12.59	13.3	11.8
2004	0.0	0.0	0.00	11.24	12.1	10.3
2005	0.0	0.0	0.00	11.24	12.1	10.3
2006	1.1	0.5	0.80	11.24	12.1	10.3
2007	0.0	0.0	0.00	10.44	11.0	9.8
2008	5.7	1.6	3.65	10.44	11.0	9.8
2009	0.0	0.0	0.00	6.79	5.3	8.2
2010	0.0	0.0	0.00	6.79	5.3	8.2
2011	0.0	3.2	1.60	6.79	5.3	8.2
2012	1.2	0.0	0.60	5.19	5.3	5.0
2013	0.0	0.0	0.00	4.59	4.1	5.0
2014	1.0	0.6	0.78	4.59	4.1	5.0
2015	0.5	0.5	0.48	3.81	3.2	4.5
2016	0.1	0.2	0.13	3.33	2.7	4.0
2017	1.4	0.0	0.70	3.20	2.6	3.8
2018	0.0	0.0	0.00	2.50	1.2	3.8
2019	1.0	3.8	2.40	2.50	1.2	3.8
2020	0.2	0.0	0.10	0.10	0.2	0.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.96. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Julio – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R^2 mayor, en este caso Sapillica.

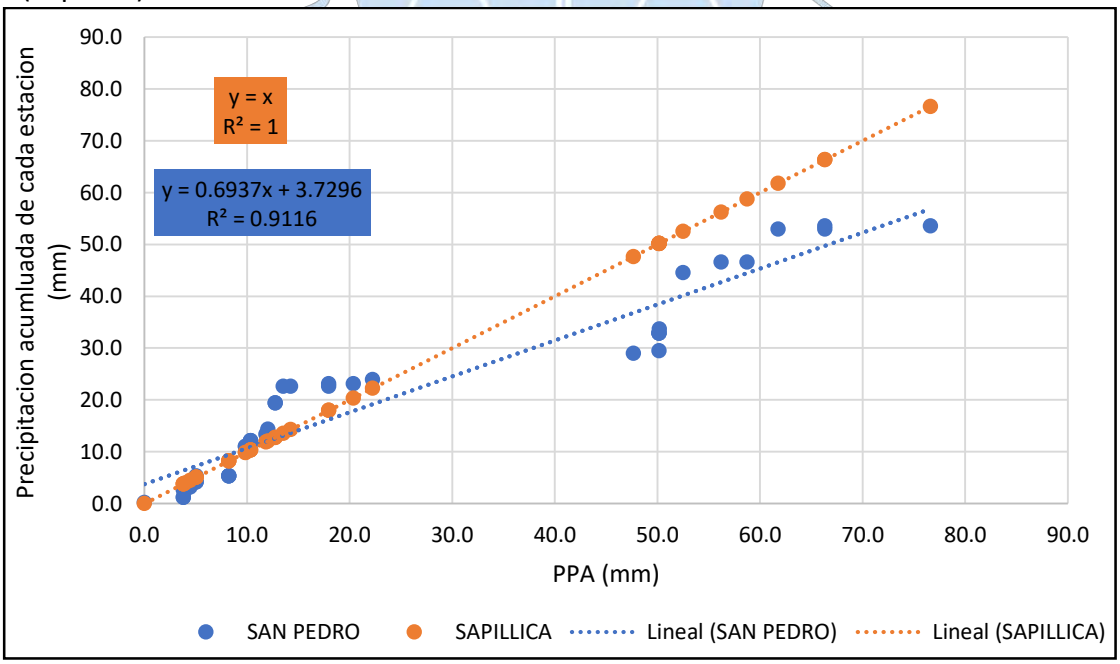
Apéndice B.97. Análisis de consistencia mes de julio (PPA es Sapillica) – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	10.3	5.2	76.6	53.6	76.6
1982	0.6	0.0	0.3	66.3	53.6	66.3
1983	0.0	4.6	2.3	66.3	53.0	66.3
1984	6.4	3.0	4.7	61.8	53.0	61.8
1985	0.0	2.5	1.3	58.7	46.6	58.7
1986	2.0	3.7	2.9	56.2	46.6	56.2
1987	10.9	2.3	6.6	52.5	44.6	52.5
1988	0.8	0.0	0.4	50.2	33.7	50.2
1989	0.0	0.0	0.0	50.2	32.9	50.2
1990	0.0	0.0	0.0	50.2	32.9	50.2
1991	3.4	0.0	1.7	50.2	32.9	50.2
1992	0.5	2.5	1.5	50.2	29.5	50.2
1993	5.0	25.4	15.2	47.7	29.0	47.7
1994	0.8	1.9	1.4	22.3	23.9	22.3
1995	0.0	2.4	1.2	20.4	23.1	20.4
1996	0.5	0.0	0.3	18.0	23.1	18.0
1997	0.0	3.7	1.9	18.0	22.6	18.0
1998	0.0	0.7	0.4	14.3	22.6	14.3
1999	3.2	0.8	2.0	13.5	22.6	13.5
2000	0.0	0.0	0.0	12.7	19.4	12.7

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
2001	5.1	0.7	2.9	12.7	19.4	12.7
2002	1.0	0.2	0.6	12.0	14.3	12.0
2003	1.2	1.5	1.4	11.8	13.3	11.8
2004	0.0	0.0	0.0	10.3	12.1	10.3
2005	0.0	0.0	0.0	10.3	12.1	10.3
2006	1.1	0.5	0.8	10.3	12.1	10.3
2007	0.0	0.0	0.0	9.8	11.0	9.8
2008	5.7	1.6	3.7	9.8	11.0	9.8
2009	0.0	0.0	0.0	8.2	5.3	8.2
2010	0.0	0.0	0.0	8.2	5.3	8.2
2011	0.0	3.2	1.6	8.2	5.3	8.2
2012	1.2	0.0	0.6	5.0	5.3	5.0
2013	0.0	0.0	0.0	5.0	4.1	5.0
2014	1.0	0.6	0.8	5.0	4.1	5.0
2015	0.5	0.5	0.5	4.5	3.2	4.5
2016	0.1	0.2	0.1	4.0	2.7	4.0
2017	1.4	0.0	0.7	3.8	2.6	3.8
2018	0.0	0.0	0.0	3.8	1.2	3.8
2019	1.0	3.8	2.4	3.8	1.2	3.8
2020	0.2	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.98. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Sapillica)



Fuente: Elaboración propia

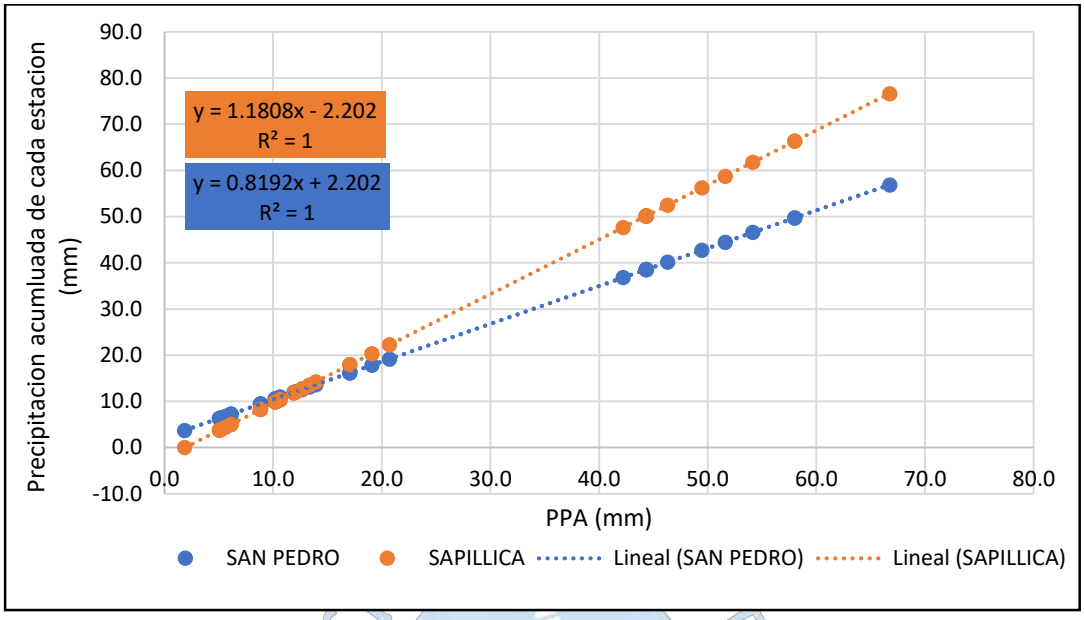
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.99. Análisis de consistencia mes de julio – Zona Media – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	7.1	10.3	8.7	66.8	56.9	76.6
1982	0.0	0.0	0.0	58.0	49.7	66.3
1983	3.2	4.6	3.9	58.0	49.7	66.3
1984	2.1	3.0	2.6	54.2	46.6	61.8
1985	1.7	2.5	2.1	51.6	44.5	58.7
1986	2.6	3.7	3.2	49.5	42.7	56.2
1987	1.6	2.3	2.0	46.3	40.2	52.5
1988	0.0	0.0	0.0	44.4	38.5	50.2
1989	0.0	0.0	0.0	44.3	38.5	50.2
1990	0.0	0.0	0.0	44.3	38.5	50.2
1991	0.0	0.0	0.0	44.3	38.5	50.2
1992	1.7	2.5	2.1	44.3	38.5	50.2
1993	17.6	25.4	21.5	42.2	36.8	47.7
1994	1.3	1.9	1.6	20.7	19.2	22.3
1995	1.7	2.4	2.0	19.1	17.8	20.4
1996	0.0	0.0	0.0	17.1	16.2	18.0
1997	2.6	3.7	3.1	17.1	16.2	18.0
1998	0.5	0.7	0.6	13.9	13.6	14.3
1999	0.6	0.8	0.7	13.3	13.1	13.5
2000	0.0	0.0	0.0	12.7	12.6	12.7
2001	0.5	0.7	0.6	12.7	12.6	12.7
2002	0.1	0.2	0.2	12.1	12.1	12.0
2003	1.0	1.5	1.3	11.9	11.9	11.8
2004	0.0	0.0	0.0	10.6	10.9	10.3
2005	0.0	0.0	0.0	10.6	10.9	10.3
2006	0.3	0.5	0.4	10.6	10.9	10.3
2007	0.0	0.0	0.0	10.2	10.6	9.8
2008	1.1	1.6	1.4	10.2	10.6	9.8
2009	0.0	0.0	0.0	8.8	9.4	8.2
2010	0.0	0.0	0.0	8.8	9.4	8.2
2011	2.2	3.2	2.7	8.8	9.4	8.2
2012	0.0	0.0	0.0	6.1	7.2	5.0
2013	0.0	0.0	0.0	6.1	7.2	5.0
2014	0.4	0.6	0.5	6.1	7.2	5.0
2015	0.3	0.5	0.4	5.6	6.8	4.5
2016	0.1	0.2	0.2	5.2	6.5	4.0
2017	0.0	0.0	0.0	5.1	6.4	3.8
2018	0.0	0.0	0.0	5.1	6.4	3.8
2019	2.6	3.8	3.2	5.1	6.4	3.8
2020	3.7	0.0	1.9	1.9	3.7	0.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.100.Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA– Corregido – Julio – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

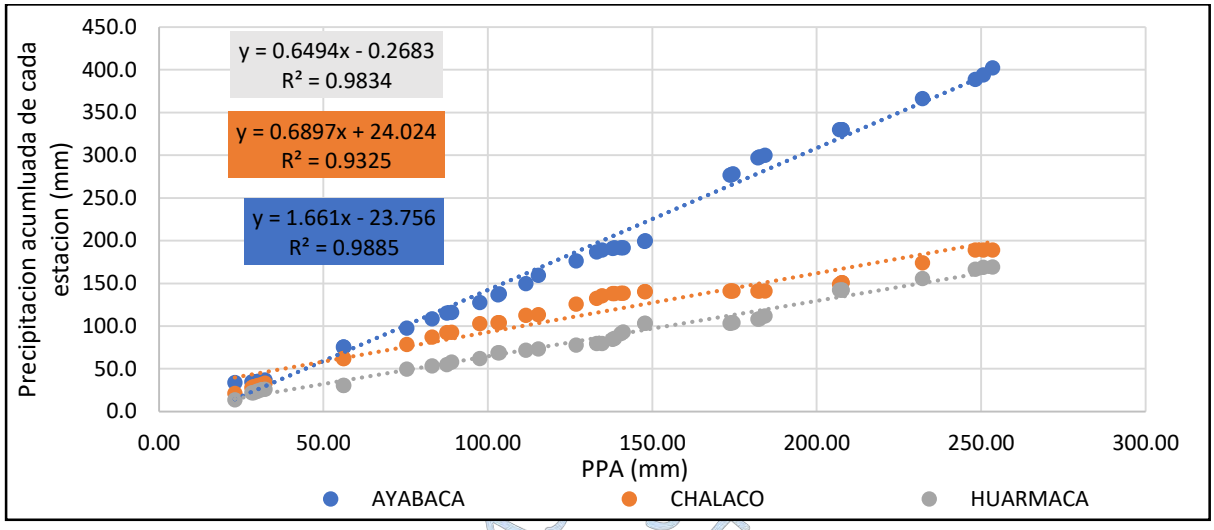
ZONA ALTA:

Apéndice B.101. Análisis de consistencia mes de Julio – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	8.1	0.0	0.3	2.80	253.51	402.2	189.1	169.2
1982	5.3	0.0	2.1	2.47	250.71	394.1	189.1	168.9
1983	22.3	15.0	11.0	16.10	248.25	388.8	189.1	166.8
1984	36.6	23.2	13.4	24.40	232.15	366.5	174.1	155.8
1985	0.0	0.0	0.3	0.10	207.75	329.9	150.9	142.4
1986	0.0	2.0	0.0	0.67	207.65	329.9	150.9	142.1
1987	29.9	7.8	30.3	22.67	206.98	329.9	148.9	142.1
1988	1.8	0.0	3.3	1.70	184.31	300.0	141.1	111.8
1989	1.2	0.0	0.3	0.50	182.61	298.2	141.1	108.5
1990	18.5	0.0	4.3	7.60	182.11	297.0	141.1	108.2
1991	1.4	0.0	0.0	0.47	174.51	278.5	141.1	103.9
1992	0.4	0.0	0.7	0.37	174.05	277.1	141.1	103.9
1993	76.8	0.5	0.0	25.77	173.68	276.7	141.1	103.2
1994	0.7	0.0	0.0	0.23	147.91	199.9	140.6	103.2
1995	7.5	2.0	10.1	6.53	147.68	199.2	140.6	103.2
1996	0.0	0.0	1.9	0.63	141.15	191.7	138.6	93.1
1997	0.0	0.6	5.4	2.00	140.51	191.7	138.6	91.2
1998	0.5	0.0	1.2	0.57	138.51	191.7	138.0	85.8
1999	2.0	2.6	5.0	3.20	137.95	191.2	138.0	84.6
2000	2.1	3.0	0.0	1.70	134.75	189.2	135.4	79.6
2001	10.5	6.4	1.7	6.20	133.05	187.1	132.4	79.6
2002	17.0	12.7	4.7	11.47	126.85	176.6	126.0	77.9
2003	9.6	0.6	1.2	3.80	115.38	159.6	113.3	73.2
2004	12.3	8.7	3.3	8.10	111.58	150.0	112.7	72.0
2005	1.1	0.0	0.0	0.37	103.48	137.7	104.0	68.7
2006	9.0	1.2	6.5	5.57	103.11	136.6	104.0	68.7
2007	11.6	9.9	4.3	8.60	97.55	127.6	102.8	62.2
2008	0.6	0.5	3.1	1.40	88.95	116.0	92.9	57.9
2009	6.8	5.3	1.4	4.49	87.55	115.4	92.4	54.8
2010	11.0	8.4	3.7	7.68	83.06	108.6	87.2	53.4
2011	22.1	16.5	18.9	19.17	75.37	97.6	78.8	49.7
2012	0.0	0.3	0.2	0.16	56.21	75.5	62.3	30.8
2013	38.6	28.6	4.3	23.85	56.05	75.5	62.0	30.6
2014	0.7	1.5	0.5	0.89	32.20	36.9	33.4	26.3
2015	0.6	1.3	1.5	1.13	31.31	36.2	31.9	25.8
2016	0.4	0.7	0.6	0.55	30.19	35.7	30.6	24.3
2017	0.0	0.9	1.8	0.90	29.63	35.3	29.9	23.7
2018	0.5	0.9	0.0	0.47	28.73	35.3	29.0	21.9
2019	0.8	6.7	8.1	5.20	28.27	34.8	28.1	21.9
2020	34.0	21.4	13.8	23.07	23.07	34.0	21.4	13.8

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.102. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Julio – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R^2 mayor, en este caso Ayabaca.

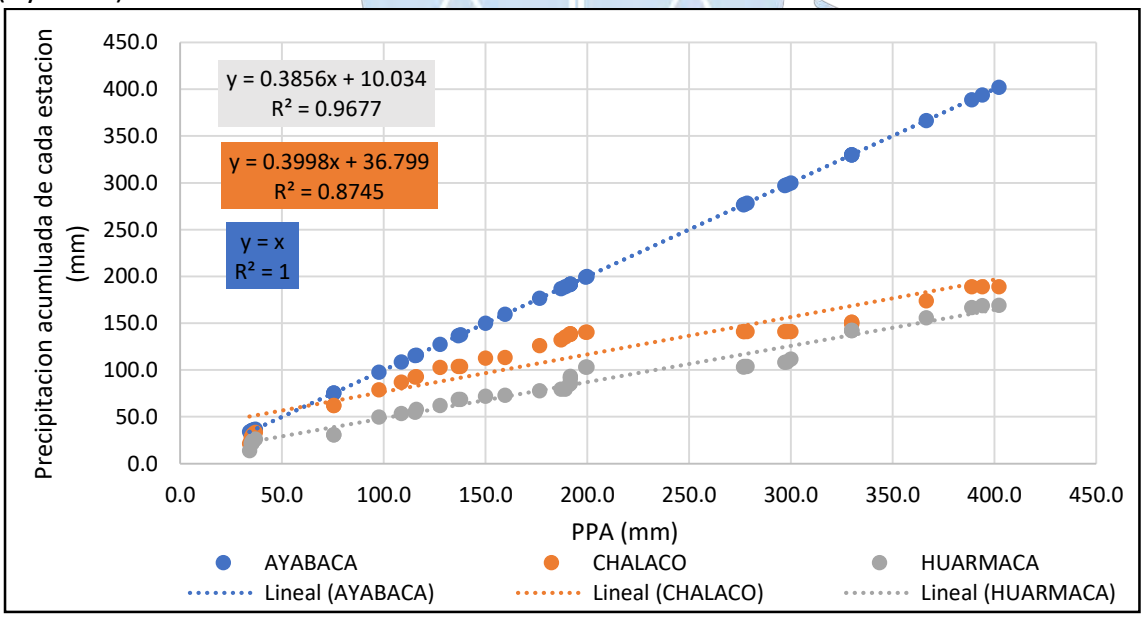
Apéndice B.103. Análisis de consistencia mes de julio (PPA es Ayabaca) – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	8.1	0.0	0.3	2.8	402.2	402.2	189.1	169.2
1982	5.3	0.0	2.1	2.5	394.1	394.1	189.1	168.9
1983	22.3	15.0	11.0	16.1	388.8	388.8	189.1	166.8
1984	36.6	23.2	13.4	24.4	366.5	366.5	174.1	155.8
1985	0.0	0.0	0.3	0.1	329.9	329.9	150.9	142.4
1986	0.0	2.0	0.0	0.7	329.9	329.9	150.9	142.1
1987	29.9	7.8	30.3	22.7	329.9	329.9	148.9	142.1
1988	1.8	0.0	3.3	1.7	300.0	300.0	141.1	111.8
1989	1.2	0.0	0.3	0.5	298.2	298.2	141.1	108.5
1990	18.5	0.0	4.3	7.6	297.0	297.0	141.1	108.2
1991	1.4	0.0	0.0	0.5	278.5	278.5	141.1	103.9
1992	0.4	0.0	0.7	0.4	277.1	277.1	141.1	103.9
1993	76.8	0.5	0.0	25.8	276.7	276.7	141.1	103.2
1994	0.7	0.0	0.0	0.2	199.9	199.9	140.6	103.2
1995	7.5	2.0	10.1	6.5	199.2	199.2	140.6	103.2
1996	0.0	0.0	1.9	0.6	191.7	191.7	138.6	93.1
1997	0.0	0.6	5.4	2.0	191.7	191.7	138.6	91.2
1998	0.5	0.0	1.2	0.6	191.7	191.7	138.0	85.8
1999	2.0	2.6	5.0	3.2	191.2	191.2	138.0	84.6
2000	2.1	3.0	0.0	1.7	189.2	189.2	135.4	79.6

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2001	10.5	6.4	1.7	6.2	187.1	187.1	132.4	79.6
2002	17.0	12.7	4.7	11.5	176.6	176.6	126.0	77.9
2003	9.6	0.6	1.2	3.8	159.6	159.6	113.3	73.2
2004	12.3	8.7	3.3	8.1	150.0	150.0	112.7	72.0
2005	1.1	0.0	0.0	0.4	137.7	137.7	104.0	68.7
2006	9.0	1.2	6.5	5.6	136.6	136.6	104.0	68.7
2007	11.6	9.9	4.3	8.6	127.6	127.6	102.8	62.2
2008	0.6	0.5	3.1	1.4	116.0	116.0	92.9	57.9
2009	6.8	5.3	1.4	4.5	115.4	115.4	92.4	54.8
2010	11.0	8.4	3.7	7.7	108.6	108.6	87.2	53.4
2011	22.1	16.5	18.9	19.2	97.6	97.6	78.8	49.7
2012	0.0	0.3	0.2	0.2	75.5	75.5	62.3	30.8
2013	38.6	28.6	4.3	23.8	75.5	75.5	62.0	30.6
2014	0.7	1.5	0.5	0.9	36.9	36.9	33.4	26.3
2015	0.6	1.3	1.5	1.1	36.2	36.2	31.9	25.8
2016	0.4	0.7	0.6	0.6	35.7	35.7	30.6	24.3
2017	0.0	0.9	1.8	0.9	35.3	35.3	29.9	23.7
2018	0.5	0.9	0.0	0.5	35.3	35.3	29.0	21.9
2019	0.8	6.7	8.1	5.2	34.8	34.8	28.1	21.9
2020	34.0	21.4	13.8	23.1	34.0	34.0	21.4	13.8

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.104. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Ayabaca)



Fuente: Elaboración propia

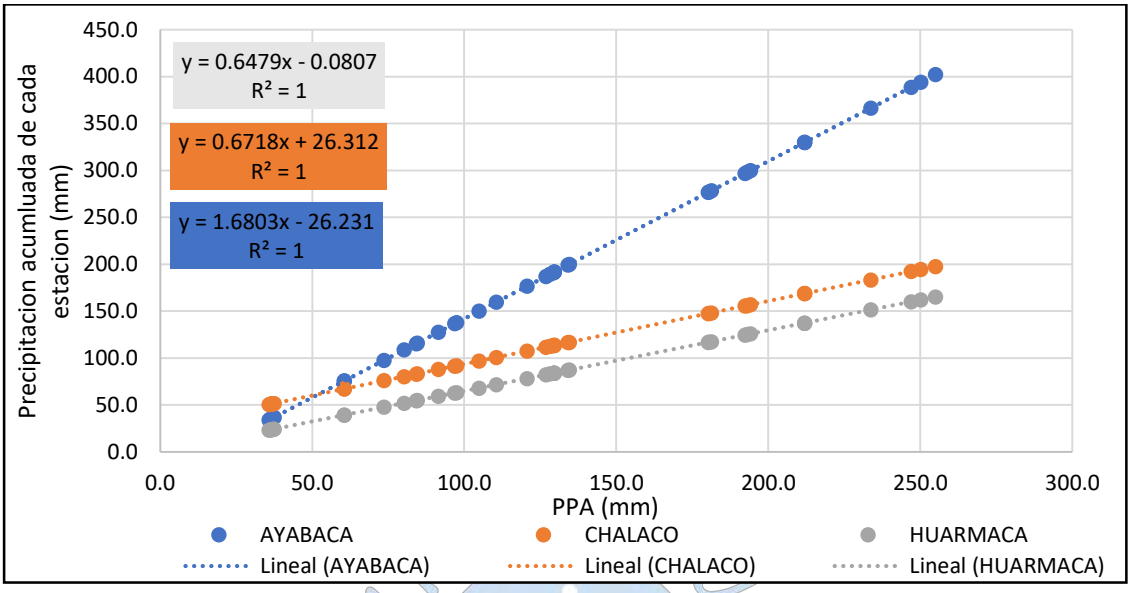
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.105. Análisis de consistencia mes de enero – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	8.1	3.2	3.1	4.8	255.0	402.2	197.6	165.1
1982	5.3	2.1	2.0	3.2	250.1	394.1	194.4	162.0
1983	22.3	8.9	8.6	13.3	247.0	388.8	192.2	159.9
1984	36.6	14.6	14.1	21.8	233.7	366.5	183.3	151.3
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	211.9	329.9	168.7	137.2
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	211.9	329.9	168.7	137.2
1987	29.9	12.0	11.5	17.8	211.9	329.9	168.7	137.2
1988	1.8	0.7	0.7	1.1	194.1	300.0	156.7	125.7
1989	1.2	0.5	0.5	0.7	193.1	298.2	156.0	125.0
1990	18.5	7.4	7.1	11.0	192.4	297.0	155.5	124.5
1991	1.4	0.6	0.5	0.8	181.3	278.5	148.1	117.4
1992	0.4	0.2	0.2	0.2	180.5	277.1	147.6	116.9
1993	76.8	30.7	29.6	45.7	180.3	276.7	147.4	116.7
1994	0.7	0.3	0.3	0.4	134.6	199.9	116.7	87.1
1995	7.5	3.0	2.9	4.5	134.1	199.2	116.4	86.8
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	129.7	191.7	113.4	83.9
1997	0.0	0.0	0.0	0.0	129.7	191.7	113.4	83.9
1998	0.5	0.2	0.2	0.3	129.7	191.7	113.4	83.9
1999	2.0	0.8	0.8	1.2	129.4	191.2	113.2	83.8
2000	2.1	0.8	0.8	1.2	128.2	189.2	112.4	83.0
2001	10.5	4.2	4.0	6.2	126.9	187.1	111.6	82.2
2002	17.0	6.8	6.6	10.1	120.7	176.6	107.4	78.1
2003	9.6	3.8	3.7	5.7	110.6	159.6	100.6	71.6
2004	12.3	4.9	4.7	7.3	104.9	150.0	96.8	67.9
2005	1.1	0.4	0.4	0.7	97.5	137.7	91.8	63.1
2006	9.0	3.6	3.5	5.4	96.9	136.6	91.4	62.7
2007	11.6	4.6	4.5	6.9	91.5	127.6	87.8	59.2
2008	0.6	0.2	0.2	0.4	84.6	116.0	83.2	54.8
2009	6.8	2.7	2.6	4.0	84.3	115.4	82.9	54.5
2010	11.0	4.4	4.2	6.5	80.2	108.6	80.2	51.9
2011	22.1	8.8	8.5	13.2	73.7	97.6	75.8	47.7
2012	0.0	0.0	0.0	0.0	60.5	75.5	67.0	39.1
2013	38.6	15.4	14.9	23.0	60.5	75.5	67.0	39.1
2014	0.7	0.3	0.3	0.4	37.6	36.9	51.5	24.3
2015	0.6	0.2	0.2	0.3	37.2	36.2	51.3	24.0
2016	0.4	0.1	0.1	0.2	36.8	35.7	51.1	23.8
2017	0.0	0.0	0.0	0.0	36.6	35.3	50.9	23.6
2018	0.5	0.2	0.2	0.3	36.6	35.3	50.9	23.6
2019	0.8	0.3	0.3	0.5	36.3	34.8	50.7	23.5
2020	34.0	50.4	23.1	35.8	35.8	34.0	50.4	23.1

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.106. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Julio – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

AGOSTO:

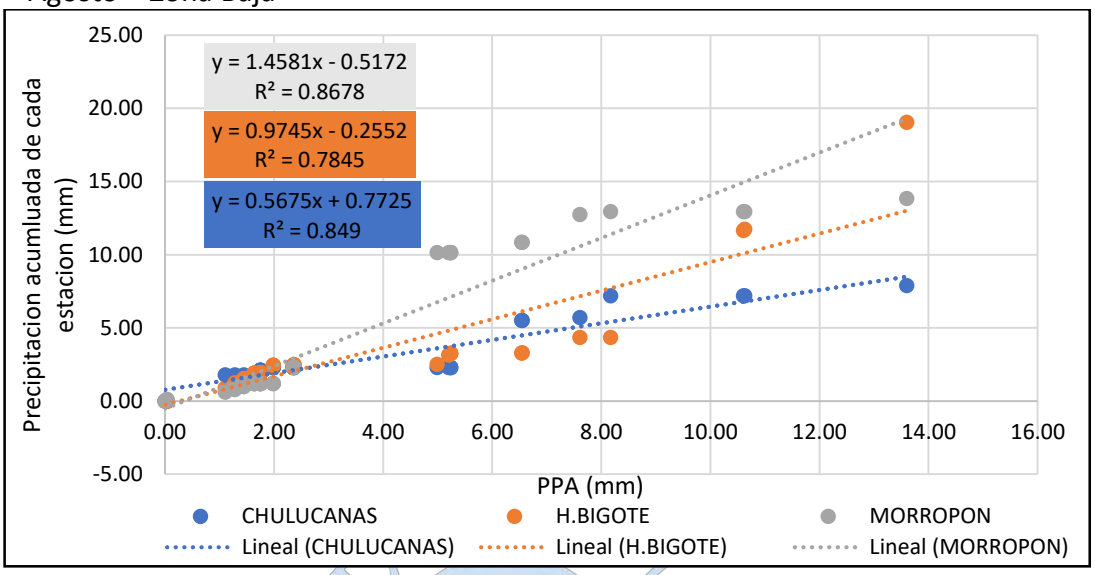
ZONA BAJA

Apéndice B.107. Análisis de consistencia mes de Agosto – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.7	7.3	0.9	2.97	13.60	7.9	19.04	13.85
1982	0.0	0.1	0.0	0.02	10.63	7.2	11.73	12.95
1983	0.0	7.3	0.0	2.44	10.60	7.2	11.66	12.95
1984	1.5	0.0	0.2	0.57	8.17	7.2	4.36	12.95
1985	0.2	1.1	1.9	1.06	7.60	5.7	4.36	12.75
1986	0.0	0.0	0.0	0.01	6.55	5.5	3.29	10.85
1987	3.2	0.0	0.7	1.30	6.54	5.5	3.27	10.85
1988	0.0	0.0	0.0	0.00	5.24	2.3	3.26	10.15
1989	0.0	0.0	0.0	0.00	5.24	2.3	3.26	10.15
1990	0.0	0.0	0.0	0.00	5.23	2.3	3.25	10.15
1991	0.0	0.1	0.0	0.03	5.23	2.3	3.25	10.15
1992	0.0	0.6	0.0	0.21	5.20	2.3	3.15	10.15
1993	0.0	0.0	7.8	2.63	4.99	2.3	2.52	10.15
1994	0.0	0.0	0.0	0.00	2.36	2.3	2.49	2.30
1995	0.0	0.1	0.0	0.02	2.36	2.3	2.49	2.30
1996	0.0	0.0	0.0	0.00	2.35	2.3	2.44	2.30
1997	0.0	0.0	1.1	0.37	2.35	2.3	2.44	2.30
1998	0.0	0.0	0.0	0.00	1.98	2.3	2.44	1.20
1999	0.0	0.0	0.0	0.00	1.98	2.3	2.44	1.20
2000	0.2	0.5	0.0	0.23	1.98	2.3	2.44	1.20
2001	0.0	0.0	0.0	0.00	1.75	2.1	1.94	1.20
2002	0.0	0.0	0.0	0.00	1.75	2.1	1.94	1.20
2003	0.0	0.0	0.0	0.00	1.75	2.1	1.94	1.20
2004	0.0	0.0	0.0	0.00	1.75	2.1	1.94	1.20
2005	0.0	0.0	0.0	0.00	1.75	2.1	1.94	1.20
2006	0.0	0.0	0.0	0.01	1.75	2.1	1.94	1.20
2007	0.0	0.0	0.0	0.01	1.74	2.1	1.92	1.20
2008	0.3	0.0	0.0	0.10	1.73	2.1	1.90	1.20
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	1.63	1.8	1.90	1.20
2010	0.0	0.0	0.0	0.0	1.63	1.8	1.90	1.20
2011	0.0	0.0	0.0	0.0	1.63	1.8	1.90	1.20
2012	0.0	0.0	0.0	0.0	1.63	1.8	1.89	1.20
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	1.63	1.8	1.89	1.20
2014	0.0	0.3	0.2	0.2	1.63	1.8	1.89	1.20
2015	0.0	0.3	0.2	0.2	1.44	1.8	1.54	0.98
2016	0.0	0.4	0.2	0.2	1.28	1.8	1.25	0.77
2017	1.80	0.9	0.5	1.07	1.10	1.8	0.90	0.60
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.0	0.00	0.10
2019	0.0	0.0	0.1	0.03	0.03	0.0	0.00	0.10
2020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.108. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Agosto – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R^2 mayor, en este caso Morropón.

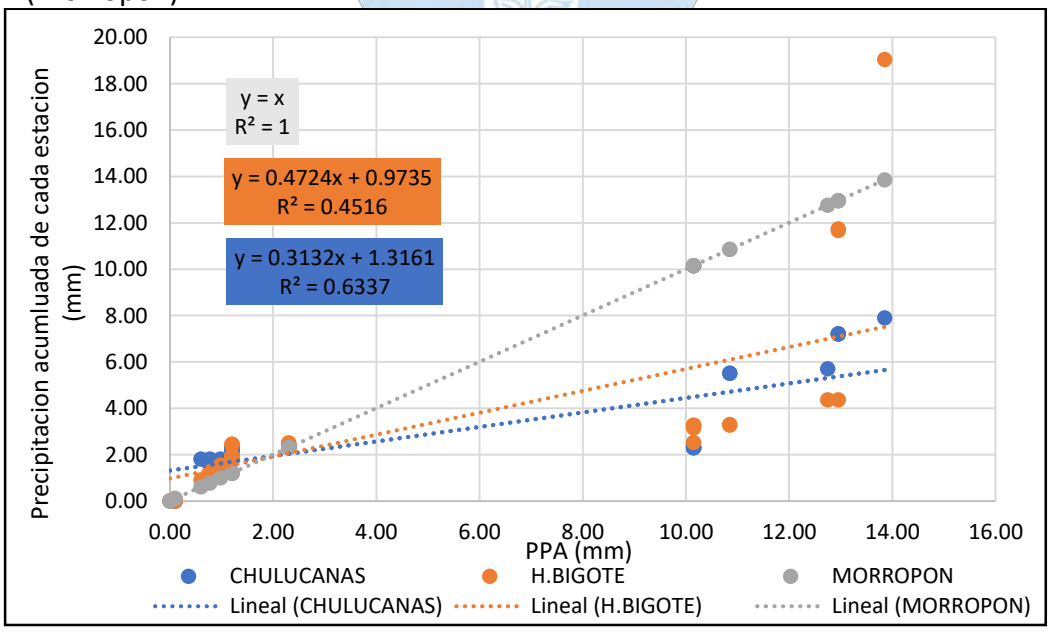
Apéndice B.109. Análisis de consistencia mes de Agosto (PPA es Morropón) – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.7	7.3	0.9	2.97	13.85	7.90	19.04	13.85
1982	0.0	0.1	0.0	0.02	12.95	7.20	11.73	12.95
1983	0.0	7.3	0.0	2.44	12.95	7.20	11.66	12.95
1984	1.5	0.0	0.2	0.57	12.95	7.20	4.36	12.95
1985	0.2	1.1	1.9	1.06	12.75	5.70	4.36	12.75
1986	0.0	0.0	0.0	0.01	10.85	5.50	3.29	10.85
1987	3.2	0.0	0.7	1.30	10.85	5.50	3.27	10.85
1988	0.0	0.0	0.0	0.00	10.15	2.30	3.26	10.15
1989	0.0	0.0	0.0	0.00	10.15	2.30	3.26	10.15
1990	0.0	0.0	0.0	0.00	10.15	2.30	3.25	10.15
1991	0.0	0.1	0.0	0.03	10.15	2.30	3.25	10.15
1992	0.0	0.6	0.0	0.21	10.15	2.30	3.15	10.15
1993	0.0	0.0	7.8	2.63	10.15	2.30	2.52	10.15
1994	0.0	0.0	0.0	0.00	2.30	2.30	2.49	2.30
1995	0.0	0.1	0.0	0.02	2.30	2.30	2.49	2.30
1996	0.0	0.0	0.0	0.00	2.30	2.30	2.44	2.30
1997	0.0	0.0	1.1	0.37	2.30	2.30	2.44	2.30
1998	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	2.30	2.44	1.20
1999	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	2.30	2.44	1.20
2000	0.2	0.5	0.0	0.23	1.20	2.30	2.44	1.20

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
2001	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	2.10	1.94	1.20
2002	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	2.10	1.94	1.20
2003	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	2.10	1.94	1.20
2004	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	2.10	1.94	1.20
2005	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	2.10	1.94	1.20
2006	0.0	0.0	0.0	0.01	1.20	2.10	1.94	1.20
2007	0.0	0.0	0.0	0.01	1.20	2.10	1.92	1.20
2008	0.3	0.0	0.0	0.10	1.20	2.10	1.90	1.20
2009	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	1.80	1.90	1.20
2010	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	1.80	1.90	1.20
2011	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	1.80	1.90	1.20
2012	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	1.80	1.89	1.20
2013	0.0	0.0	0.0	0.00	1.20	1.80	1.89	1.20
2014	0.0	0.3	0.2	0.19	1.20	1.80	1.89	1.20
2015	0.0	0.3	0.2	0.17	0.98	1.80	1.54	0.98
2016	0.0	0.4	0.2	0.18	0.77	1.80	1.25	0.77
2017	1.80	0.90	0.50	1.07	0.60	1.80	0.90	0.60
2018	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10
2019	0.00	0.00	0.10	0.03	0.10	0.00	0.00	0.10
2020	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.110. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Morropón)



Fuente: Elaboración propia

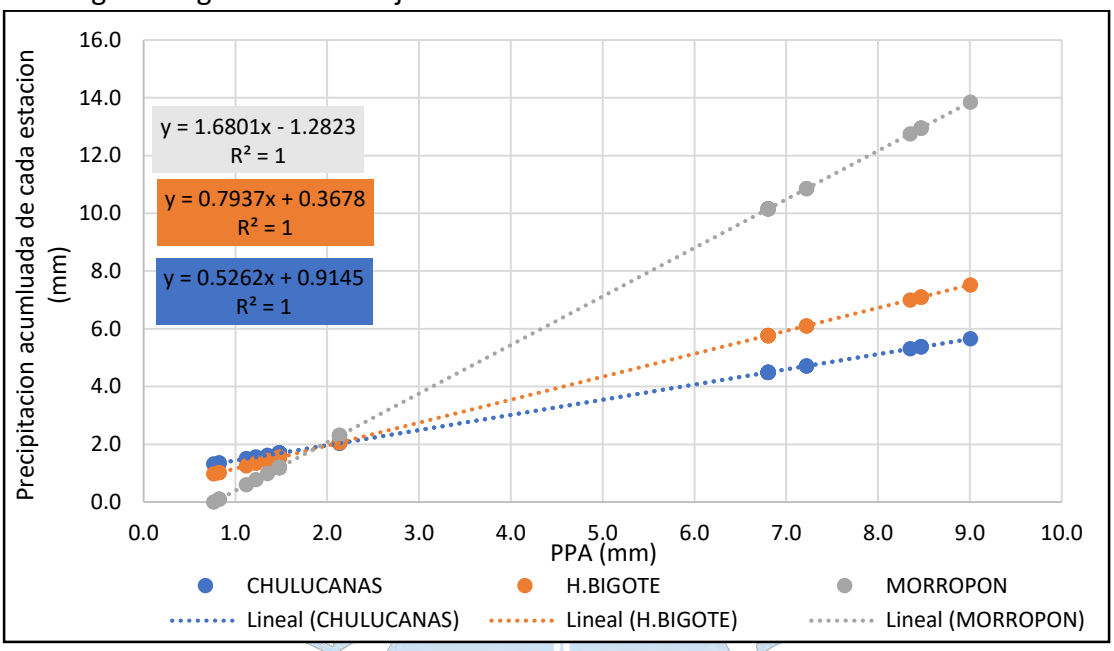
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.111. Análisis de consistencia mes de Agosto – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.3	0.4	0.9	0.5	9.0	5.7	7.5	13.9
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	5.4	7.1	13.0
1983	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	5.4	7.1	13.0
1984	0.1	0.1	0.2	0.1	8.5	5.4	7.1	13.0
1985	0.6	0.9	1.9	1.1	8.4	5.3	7.0	12.8
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	4.7	6.1	10.9
1987	0.2	0.3	0.7	0.4	7.2	4.7	6.1	10.9
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	4.5	5.8	10.2
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	4.5	5.8	10.2
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	4.5	5.8	10.2
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	4.5	5.8	10.2
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	4.5	5.8	10.2
1993	2.5	3.7	7.8	4.7	6.8	4.5	5.8	10.2
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	2.0	2.1	2.3
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	2.0	2.1	2.3
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	2.0	2.1	2.3
1997	0.3	0.5	1.1	0.7	2.1	2.0	2.1	2.3
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2001	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2008	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2010	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2011	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2012	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.2
2014	0.1	0.1	0.2	0.1	1.5	1.7	1.5	1.2
2015	0.1	0.1	0.2	0.1	1.3	1.6	1.4	1.0
2016	0.1	0.1	0.2	0.1	1.2	1.6	1.3	0.8
2017	0.2	0.2	0.5	0.3	1.1	1.5	1.3	0.6
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.3	1.0	0.1
2019	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8	1.3	1.0	0.1
2020	1.3	1.0	0.0	0.8	0.8	1.3	1.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.112. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Agosto– Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

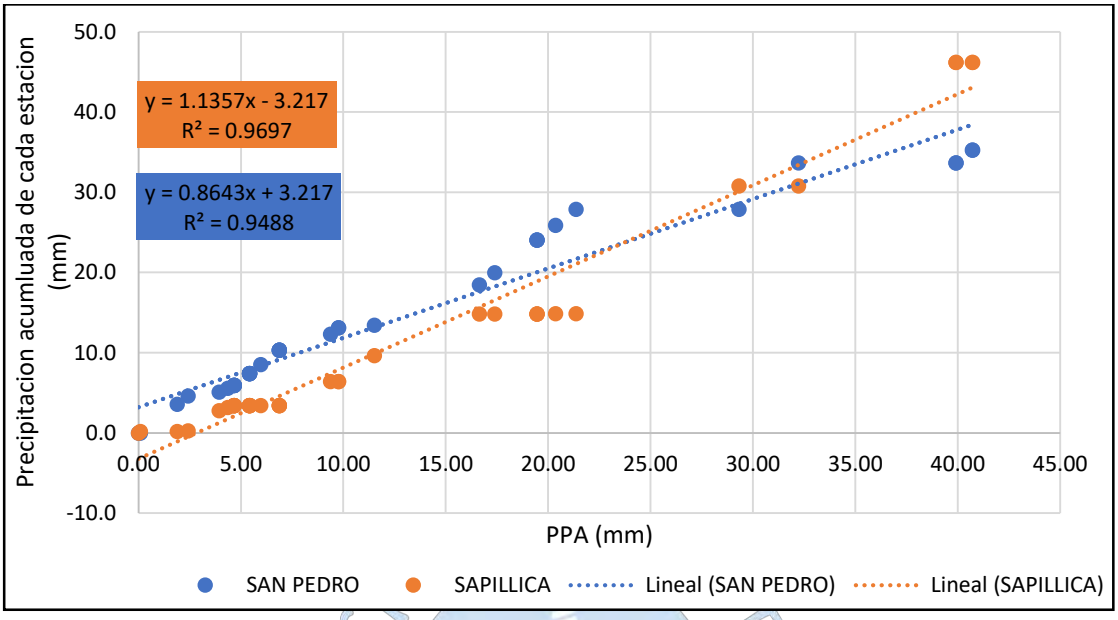
ZONA MEDIA:

Apéndice B.113. Análisis de consistencia mes de Agosto – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	0.0	0.01	40.73	35.3	46.2
1982	1.6	0.0	0.80	40.73	35.3	46.2
1983	0.0	0.0	0.00	39.93	33.7	46.2
1984	0.0	15.4	7.70	39.93	33.7	46.2
1985	5.8	0.0	2.90	32.23	33.7	30.8
1986	0.0	15.9	7.95	29.33	27.9	30.8
1987	2.0	0.0	1.01	21.38	27.9	14.9
1988	1.8	0.0	0.91	20.37	25.9	14.9
1989	0.0	0.0	0.00	19.46	24.1	14.9
1990	0.0	0.0	0.00	19.46	24.1	14.9
1991	4.1	0.0	2.06	19.46	24.1	14.9
1992	1.5	0.0	0.75	17.40	20.0	14.8
1993	5.0	5.2	5.12	16.65	18.5	14.8
1994	0.3	3.2	1.75	11.53	13.4	9.6
1995	0.0	0.0	0.00	9.78	13.1	6.4
1996	0.8	0.0	0.40	9.78	13.1	6.4
1997	2.0	3.0	2.50	9.38	12.3	6.4
1998	0.0	0.0	0.00	6.88	10.3	3.4
1999	0.0	0.0	0.00	6.88	10.3	3.4
2000	0.0	0.0	0.00	6.88	10.3	3.4
2001	1.8	0.0	0.90	6.88	10.3	3.4
2002	1.1	0.0	0.55	5.98	8.5	3.4
2003	0.0	0.0	0.00	5.43	7.4	3.4
2004	0.0	0.0	0.00	5.43	7.4	3.4
2005	0.0	0.0	0.00	5.43	7.4	3.4
2006	0.0	0.0	0.00	5.43	7.4	3.4
2007	0.0	0.0	0.00	5.43	7.4	3.4
2008	1.5	0.0	0.75	5.43	7.4	3.4
2009	0.0	0.0	0.00	4.68	5.9	3.4
2010	0.0	0.0	0.00	4.68	5.9	3.4
2011	0.0	0.0	0.00	4.68	5.9	3.4
2012	0.0	0.0	0.00	4.68	5.9	3.4
2013	0.0	0.0	0.00	4.68	5.9	3.4
2014	0.4	0.3	0.32	4.68	5.9	3.4
2015	0.5	0.4	0.42	4.36	5.6	3.2
2016	0.5	2.5	1.51	3.95	5.1	2.8
2017	1.0	0.1	0.53	2.43	4.6	0.3
2018	3.6	0.0	1.80	1.90	3.6	0.2
2019	0.0	0.2	0.10	0.10	0.0	0.2
2020	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.114. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Agosto – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R^2 mayor, en este caso San Pedro.

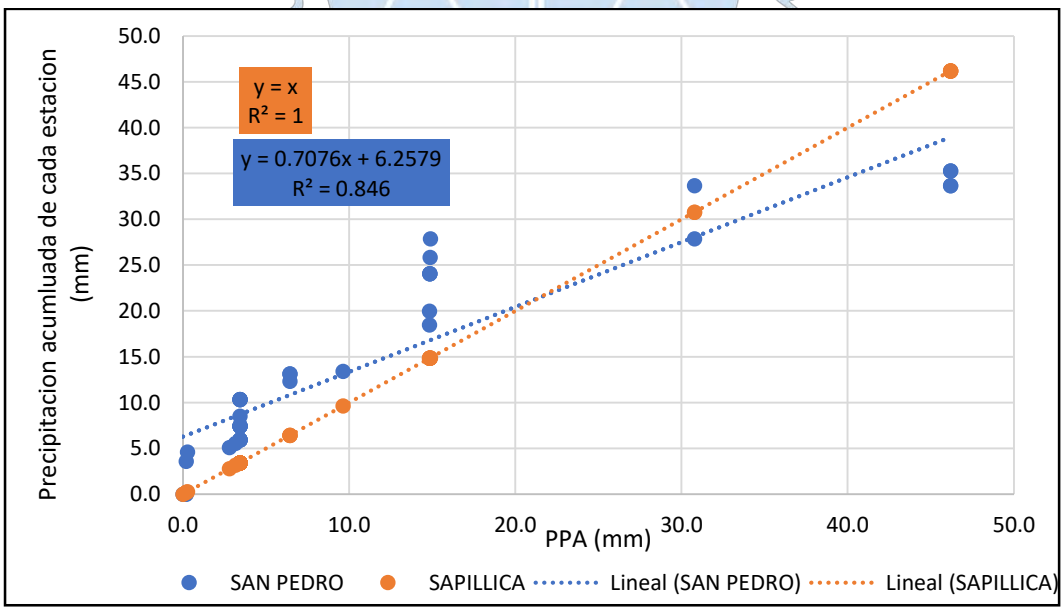
Apéndice B.115. Análisis de consistencia mes de Agosto (PPA es San Pedro) – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	0.0	0.0	46.2	35.3	46.2
1982	1.6	0.0	0.8	46.2	35.3	46.2
1983	0.0	0.0	0.0	46.2	33.7	46.2
1984	0.0	15.4	7.7	46.2	33.7	46.2
1985	5.8	0.0	2.9	30.8	33.7	30.8
1986	0.0	15.9	8.0	30.8	27.9	30.8
1987	2.0	0.0	1.0	14.9	27.9	14.9
1988	1.8	0.0	0.9	14.9	25.9	14.9
1989	0.0	0.0	0.0	14.9	24.1	14.9
1990	0.0	0.0	0.0	14.9	24.1	14.9
1991	4.1	0.0	2.1	14.9	24.1	14.9
1992	1.5	0.0	0.8	14.8	20.0	14.8
1993	5.0	5.2	5.1	14.8	18.5	14.8
1994	0.3	3.2	1.8	9.6	13.4	9.6
1995	0.0	0.0	0.0	6.4	13.1	6.4
1996	0.8	0.0	0.4	6.4	13.1	6.4
1997	2.0	3.0	2.5	6.4	12.3	6.4
1998	0.0	0.0	0.0	3.4	10.3	3.4
1999	0.0	0.0	0.0	3.4	10.3	3.4
2000	0.0	0.0	0.0	3.4	10.3	3.4

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
2001	1.8	0.0	0.9	3.4	10.3	3.4
2002	1.1	0.0	0.6	3.4	8.5	3.4
2003	0.0	0.0	0.0	3.4	7.4	3.4
2004	0.0	0.0	0.0	3.4	7.4	3.4
2005	0.0	0.0	0.0	3.4	7.4	3.4
2006	0.0	0.0	0.0	3.4	7.4	3.4
2007	0.0	0.0	0.0	3.4	7.4	3.4
2008	1.5	0.0	0.8	3.4	7.4	3.4
2009	0.0	0.0	0.0	3.4	5.9	3.4
2010	0.0	0.0	0.0	3.4	5.9	3.4
2011	0.0	0.0	0.0	3.4	5.9	3.4
2012	0.0	0.0	0.0	3.4	5.9	3.4
2013	0.0	0.0	0.0	3.4	5.9	3.4
2014	0.4	0.3	0.3	3.4	5.9	3.4
2015	0.5	0.4	0.4	3.2	5.6	3.2
2016	0.5	2.5	1.5	2.8	5.1	2.8
2017	1.0	0.1	0.5	0.3	4.6	0.3
2018	3.6	0.0	1.8	0.2	3.6	0.2
2019	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2
2020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.116. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (San Pedro)



Fuente: Elaboración propia

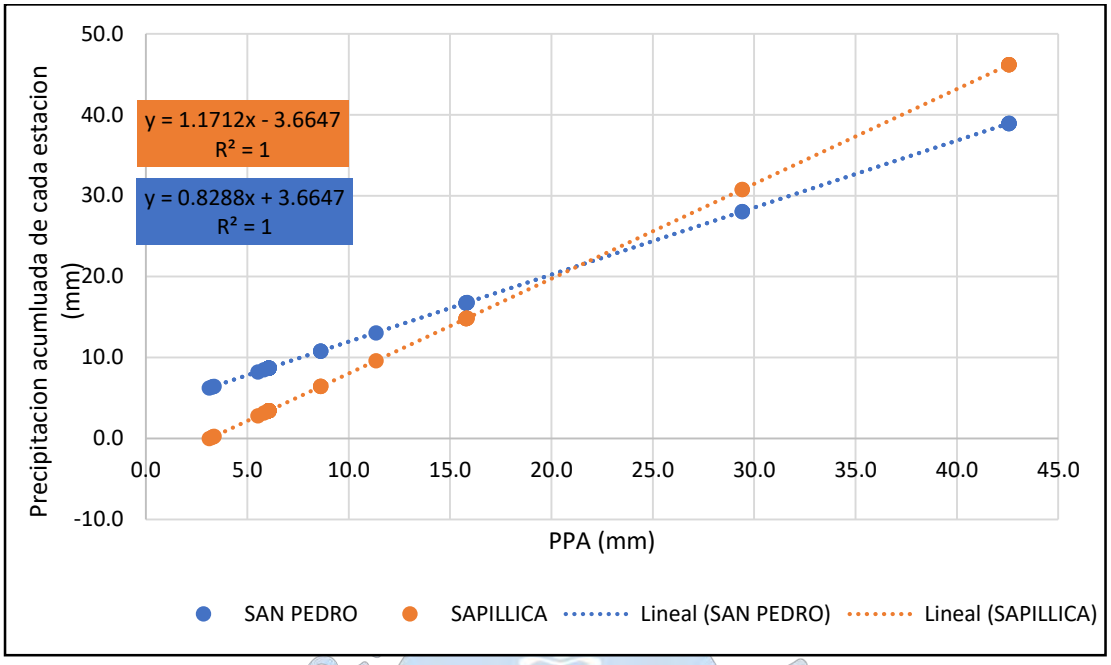
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.117. Análisis de consistencia mes de Agosto – Zona media – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	0.0	0.0	42.6	38.9	46.2
1982	0.0	0.0	0.0	42.6	38.9	46.2
1983	0.0	0.0	0.0	42.6	38.9	46.2
1984	10.9	15.4	13.1	42.6	38.9	46.2
1985	0.0	0.0	0.0	29.4	28.0	30.8
1986	11.3	15.9	13.6	29.4	28.0	30.8
1987	0.0	0.0	0.0	15.8	16.8	14.9
1988	0.0	0.0	0.0	15.8	16.8	14.9
1989	0.0	0.0	0.0	15.8	16.8	14.9
1990	0.0	0.0	0.0	15.8	16.8	14.9
1991	0.0	0.0	0.0	15.8	16.8	14.9
1992	0.0	0.0	0.0	15.8	16.8	14.8
1993	3.7	5.2	4.4	15.8	16.8	14.8
1994	2.3	3.2	2.7	11.4	13.1	9.6
1995	0.0	0.0	0.0	8.6	10.8	6.4
1996	0.0	0.0	0.0	8.6	10.8	6.4
1997	2.1	3.0	2.6	8.6	10.8	6.4
1998	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
1999	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2000	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2001	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2002	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2003	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2004	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2005	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2006	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2007	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2008	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2009	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2010	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2011	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2012	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2013	0.0	0.0	0.0	6.1	8.7	3.4
2014	0.2	0.3	0.2	6.1	8.7	3.4
2015	0.3	0.4	0.3	5.8	8.5	3.2
2016	1.8	2.5	2.2	5.5	8.2	2.8
2017	0.0	0.1	0.1	3.4	6.4	0.3
2018	0.0	0.0	0.0	3.3	6.4	0.2
2019	0.1	0.2	0.2	3.3	6.4	0.2
2020	6.3	0.0	3.1	3.1	6.3	0.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.118. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido– Agosto–Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

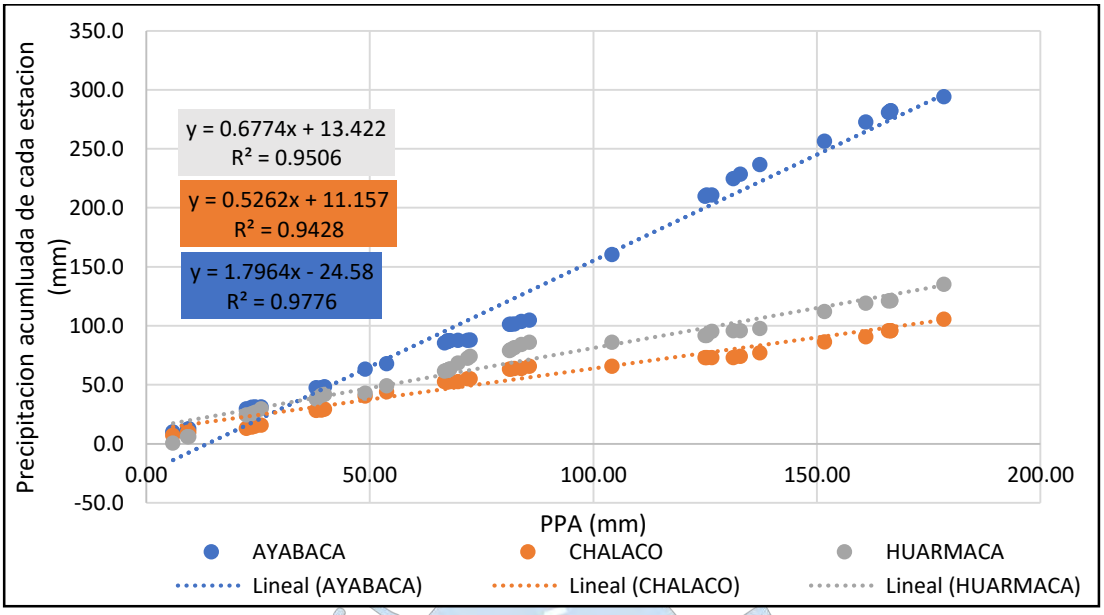
ZONA ALTA:

Apéndice B.119. Análisis de consistencia mes de Agosto – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	12.0	9.7	13.9	11.87	178.42	294.2	105.7	135.3
1982	0.0	0	0.1	0.03	166.55	282.2	96.0	121.4
1983	1.2	0	0.3	0.50	166.52	282.2	96.0	121.3
1984	8.1	5.3	1.7	5.03	166.02	281.0	96.0	121.0
1985	16.4	4.4	7.1	9.30	160.98	272.9	90.7	119.3
1986	19.7	9.2	14.3	14.40	151.68	256.5	86.3	112.2
1987	8.2	3	1.9	4.37	137.28	236.8	77.1	97.9
1988	3.7	1	0.0	1.57	132.92	228.6	74.1	96.0
1989	13.9	0	0.6	4.83	131.35	224.9	73.1	96.0
1990	0.0	0	3.5	1.17	126.52	211.0	73.1	95.4
1991	1.1	0	0.0	0.37	125.35	211.0	73.1	91.9
1992	49.5	7.2	5.7	20.80	124.98	209.9	73.1	91.9
1993	55.5	0	0.0	18.50	104.18	160.4	65.9	86.2
1994	1.1	2.1	2.1	1.77	85.69	104.9	65.9	86.2
1995	2.1	0	2.7	1.60	83.92	103.8	63.8	84.1
1996	0.3	0.5	1.5	0.77	82.32	101.7	63.8	81.4
1997	0.0	0	0.9	0.30	81.56	101.4	63.3	79.9
1998	13.3	8.1	4.9	8.77	81.26	101.4	63.3	79.0
1999	0.2	0	1.6	0.60	72.49	88.1	55.2	74.1
2000	0.0	2.3	4.0	2.11	71.89	87.9	55.2	72.5
2001	0.5	0	5.0	1.83	69.78	87.9	52.9	68.5
2002	0.2	0	0.8	0.33	67.95	87.4	52.9	63.5
2003	0.1	0	0.5	0.20	67.62	87.2	52.9	62.7
2004	0.0	0	0.0	0.00	67.42	87.1	52.9	62.2
2005	0.0	0	0.0	0.00	67.42	87.1	52.9	62.2
2006	0.0	0	0.0	0.00	67.42	87.1	52.9	62.2
2007	1.5	0	0.4	0.63	67.42	87.1	52.9	62.2
2008	17.7	8.7	12.6	13.00	66.78	85.6	52.9	61.8
2009	4.5	3.6	6.2	4.76	53.78	67.9	44.2	49.2
2010	15.0	11.3	1.1	9.13	49.02	63.4	40.6	43.0
2011	0.7	0.8	0.7	0.73	39.89	48.4	29.3	41.9
2012	0.0	0.3	3.0	1.09	39.17	47.7	28.6	41.2
2013	16.4	12.3	8.4	12.37	38.08	47.7	28.3	38.2
2014	0.0	0.9	3.2	1.35	25.71	31.3	16.0	29.8
2015	0.3	0.8	1.0	0.69	24.35	31.3	15.1	26.7
2016	1.4	1.2	1.0	1.23	23.66	31.0	14.3	25.6
2017	16.7	3.3	18.6	12.87	22.43	29.6	13.1	24.6
2018	0.8	0.20	0.0	0.33	9.57	12.9	9.8	6.0
2019	2.0	2.40	5.3	3.23	9.23	12.1	9.6	6.0
2020	10.1	7.20	0.7	6.00	6.00	10.1	7.2	0.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.120. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Agosto – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R^2 mayor, en este caso Ayabaca.

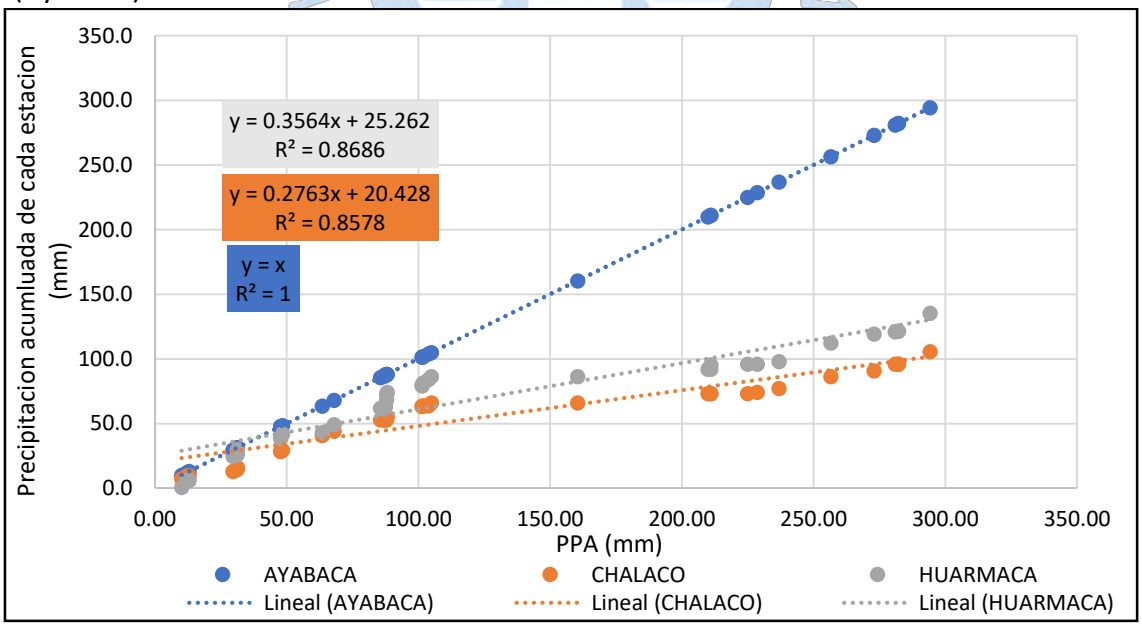
Apéndice B.121. Análisis de consistencia mes de Agosto (PPA es Ayabaca) – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	12.0	9.7	13.9	11.87	294.21	294.2	105.7	135.3
1982	0.0	0	0.1	0.03	282.21	282.2	96.0	121.4
1983	1.2	0	0.3	0.50	282.21	282.2	96.0	121.3
1984	8.1	5.3	1.7	5.03	281.01	281.0	96.0	121.0
1985	16.4	4.4	7.1	9.30	272.91	272.9	90.7	119.3
1986	19.7	9.2	14.3	14.40	256.51	256.5	86.3	112.2
1987	8.2	3	1.9	4.37	236.81	236.8	77.1	97.9
1988	3.7	1	0.0	1.57	228.61	228.6	74.1	96.0
1989	13.9	0	0.6	4.83	224.91	224.9	73.1	96.0
1990	0.0	0	3.5	1.17	211.01	211.0	73.1	95.4
1991	1.1	0	0.0	0.37	211.01	211.0	73.1	91.9
1992	49.5	7.2	5.7	20.80	209.91	209.9	73.1	91.9
1993	55.5	0	0.0	18.50	160.41	160.4	65.9	86.2
1994	1.1	2.1	2.1	1.77	104.92	104.9	65.9	86.2
1995	2.1	0	2.7	1.60	103.82	103.8	63.8	84.1
1996	0.3	0.5	1.5	0.77	101.72	101.7	63.8	81.4
1997	0.0	0	0.9	0.30	101.42	101.4	63.3	79.9
1998	13.3	8.1	4.9	8.77	101.42	101.4	63.3	79.0
1999	0.2	0	1.6	0.60	88.12	88.1	55.2	74.1
2000	0.0	2.3	4.0	2.11	87.92	87.9	55.2	72.5

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2001	0.5	0	5.0	1.83	87.90	87.9	52.9	68.5
2002	0.2	0	0.8	0.33	87.40	87.4	52.9	63.5
2003	0.1	0	0.5	0.20	87.20	87.2	52.9	62.7
2004	0.0	0	0.0	0.00	87.10	87.1	52.9	62.2
2005	0.0	0	0.0	0.00	87.10	87.1	52.9	62.2
2006	0.0	0	0.0	0.00	87.10	87.1	52.9	62.2
2007	1.5	0	0.4	0.63	87.10	87.1	52.9	62.2
2008	17.7	8.7	12.6	13.00	85.60	85.6	52.9	61.8
2009	4.5	3.6	6.2	4.76	67.90	67.9	44.2	49.2
2010	15.0	11.3	1.1	9.13	63.40	63.4	40.6	43.0
2011	0.7	0.8	0.7	0.73	48.40	48.4	29.3	41.9
2012	0.0	0.3	3.0	1.09	47.70	47.7	28.6	41.2
2013	16.4	12.3	8.4	12.37	47.70	47.7	28.3	38.2
2014	0.0	0.9	3.2	1.35	31.30	31.3	16.0	29.8
2015	0.3	0.8	1.0	0.69	31.30	31.3	15.1	26.7
2016	1.4	1.2	1.0	1.23	31.04	31.0	14.3	25.6
2017	16.7	3.3	18.6	12.87	29.60	29.6	13.1	24.6
2018	0.8	0.20	0.0	0.33	12.90	12.9	9.8	6.0
2019	2.0	2.40	5.3	3.23	12.10	12.1	9.6	6.0
2020	10.1	7.20	0.7	6.00	10.10	10.1	7.2	0.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.122. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Ayabaca)



Fuente: Elaboración propia

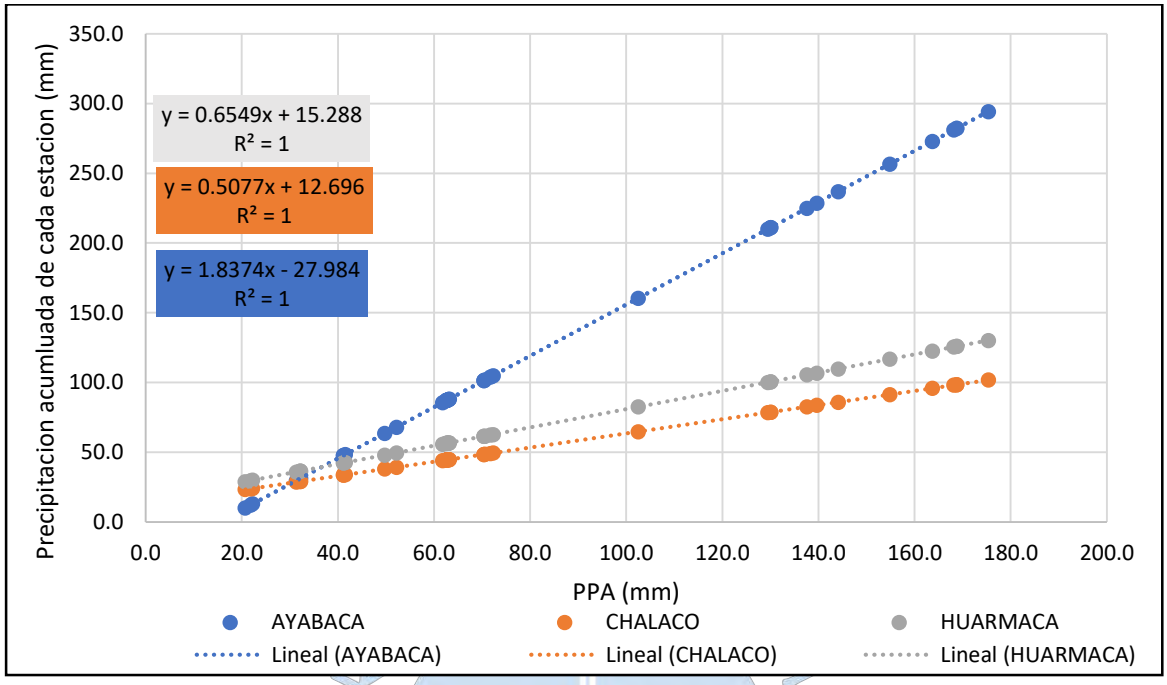
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.123. Análisis de consistencia mes de Agosto – Zona Alta – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	12.0	3.3	4.3	6.5	175.3	294.2	101.7	130.1
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	168.8	282.2	98.4	125.8
1983	1.2	0.3	0.4	0.7	168.8	282.2	98.4	125.8
1984	8.1	2.2	2.9	4.4	168.2	281.0	98.1	125.4
1985	16.4	4.5	5.8	8.9	163.8	272.9	95.8	122.5
1986	19.7	5.4	7.0	10.7	154.8	256.5	91.3	116.7
1987	8.2	2.3	2.9	4.5	144.1	236.8	85.9	109.7
1988	3.7	1.0	1.3	2.0	139.6	228.6	83.6	106.7
1989	13.9	3.8	5.0	7.6	137.6	224.9	82.6	105.4
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	130.1	211.0	78.7	100.5
1991	1.1	0.3	0.4	0.6	130.1	211.0	78.7	100.5
1992	49.5	13.7	17.6	26.9	129.5	209.9	78.4	100.1
1993	55.5	15.3	19.8	30.2	102.5	160.4	64.7	82.4
1994	1.1	0.3	0.4	0.6	72.3	104.9	49.4	62.7
1995	2.1	0.6	0.7	1.1	71.7	103.8	49.1	62.3
1996	0.3	0.1	0.1	0.2	70.6	101.7	48.5	61.5
1997	0.0	0.0	0.0	0.0	70.4	101.4	48.5	61.4
1998	13.3	3.7	4.7	7.2	70.4	101.4	48.5	61.4
1999	0.2	0.1	0.1	0.1	63.2	88.1	44.8	56.7
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	63.1	87.9	44.7	56.6
2001	0.5	0.1	0.2	0.3	63.1	87.9	44.7	56.6
2002	0.2	0.1	0.1	0.1	62.8	87.4	44.6	56.4
2003	0.1	0.0	0.0	0.1	62.7	87.2	44.5	56.3
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	62.6	87.1	44.5	56.3
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	62.6	87.1	44.5	56.3
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	62.6	87.1	44.5	56.3
2007	1.5	0.4	0.5	0.8	62.6	87.1	44.5	56.3
2008	17.7	4.9	6.3	9.6	61.8	85.6	44.1	55.8
2009	4.5	1.2	1.6	2.4	52.2	67.9	39.2	49.5
2010	15.0	4.1	5.3	8.2	49.7	63.4	37.9	47.9
2011	0.7	0.2	0.2	0.4	41.6	48.4	33.8	42.5
2012	0.0	0.0	0.0	0.0	41.2	47.7	33.6	42.3
2013	16.4	4.5	5.8	8.9	41.2	47.7	33.6	42.3
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	32.3	31.3	29.1	36.4
2015	0.3	0.1	0.1	0.1	32.3	31.3	29.1	36.4
2016	1.4	0.4	0.5	0.8	32.1	31.0	29.0	36.3
2017	16.7	4.6	6.0	9.1	31.3	29.6	28.6	35.8
2018	0.8	0.2	0.3	0.4	22.3	12.9	24.0	29.9
2019	2.0	0.6	0.7	1.1	21.8	12.1	23.8	29.6
2020	10.1	23.2	28.9	20.7	20.7	10.1	23.2	28.9

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.124. Tendencia de la precipitacion anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Agosto – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

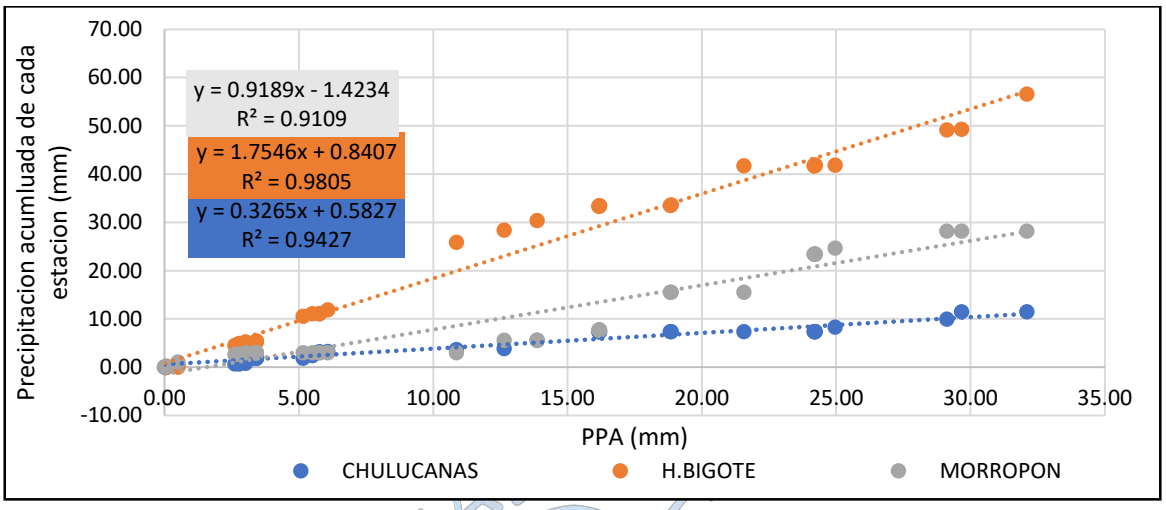
SEPTIEMBRE – ZONA BAJA:

Apéndice B.125. Análisis de consistencia mes de Septiembre – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.0	7.3	0.0	2.44	32.10	11.50	56.59	28.20
1982	1.5	0.1	0.0	0.54	29.66	11.50	49.28	28.20
1983	1.7	7.3	3.5	4.17	29.12	10.00	49.17	28.20
1984	0.9	0.0	1.3	0.73	24.96	8.30	41.87	24.70
1985	0.0	0.0	0.0	0.01	24.22	7.40	41.87	23.40
1986	0.0	0.0	0.0	0.00	24.21	7.40	41.83	23.40
1987	0.0	0.1	0.0	0.02	24.21	7.40	41.82	23.40
1988	0.0	0.0	0.0	0.01	24.19	7.40	41.77	23.40
1989	0.0	0.0	0.0	0.00	24.18	7.40	41.75	23.40
1990	0.0	0.0	7.8	2.62	24.18	7.40	41.75	23.40
1991	0.0	8.1	0.0	2.70	21.57	7.40	41.75	15.56
1992	0.0	0.1	0.0	0.04	18.86	7.40	33.64	15.56
1993	0.0	0.1	7.8	2.63	18.82	7.40	33.52	15.56
1994	0.0	0.0	0.0	0.00	16.19	7.40	33.47	7.71
1995	0.0	0.1	0.0	0.02	16.19	7.40	33.47	7.71
1996	0.0	0.0	0.0	0.00	16.17	7.40	33.40	7.71
1997	1.8	3.0	2.1	2.30	16.17	7.40	33.40	7.71
1998	1.7	2.0	0.0	1.23	13.87	5.60	30.40	5.61
1999	0.2	2.5	2.6	1.77	12.63	3.90	28.40	5.61
2000	0.4	14.0	0.0	4.80	10.87	3.70	25.90	3.01
2001	0.1	0.8	0.0	0.30	6.07	3.30	11.90	3.01
2002	0.0	0.0	0.0	0.00	5.76	3.20	11.09	3.01
2003	0.8	0.0	0.0	0.27	5.76	3.20	11.09	3.01
2004	0.5	0.5	0.0	0.34	5.50	2.40	11.09	3.01
2005	0.0	5.2	0.0	1.74	5.16	1.90	10.57	3.01
2006	0.0	0.0	0.0	0.00	3.42	1.89	5.37	3.01
2007	0.0	0.0	0.0	0.00	3.42	1.89	5.36	3.01
2008	0.0	0.0	0.0	0.01	3.41	1.89	5.35	3.01
2009	0.0	0.0	0.0	0.00	3.41	1.89	5.33	3.01
2010	0.0	0.1	0.0	0.02	3.41	1.89	5.33	3.01
2011	0.0	0.0	0.0	0.01	3.39	1.89	5.28	3.01
2012	0.0	0.0	0.0	0.00	3.38	1.89	5.24	3.01
2013	1.1	0.0	0.0	0.37	3.38	1.89	5.24	3.01
2014	0.1	0.3	0.27	0.24	3.01	0.79	5.24	3.01
2015	0.0	0.4	0.07	0.15	2.77	0.67	4.90	2.73
2016	0.3	4.5	1.57	2.12	2.62	0.67	4.52	2.67
2017	0.40	0.00	0.9	0.43	0.50	0.40	0.00	1.10
2018	0.00	0.00	0.0	0.00	0.07	0.00	0.00	0.20
2019	0.00	0.00	0.2	0.07	0.07	0.00	0.00	0.20
2020	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.126. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Septiembre – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan $R^2 < 0.99$ se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R^2 mayor, en este caso Hacienda Bigote.

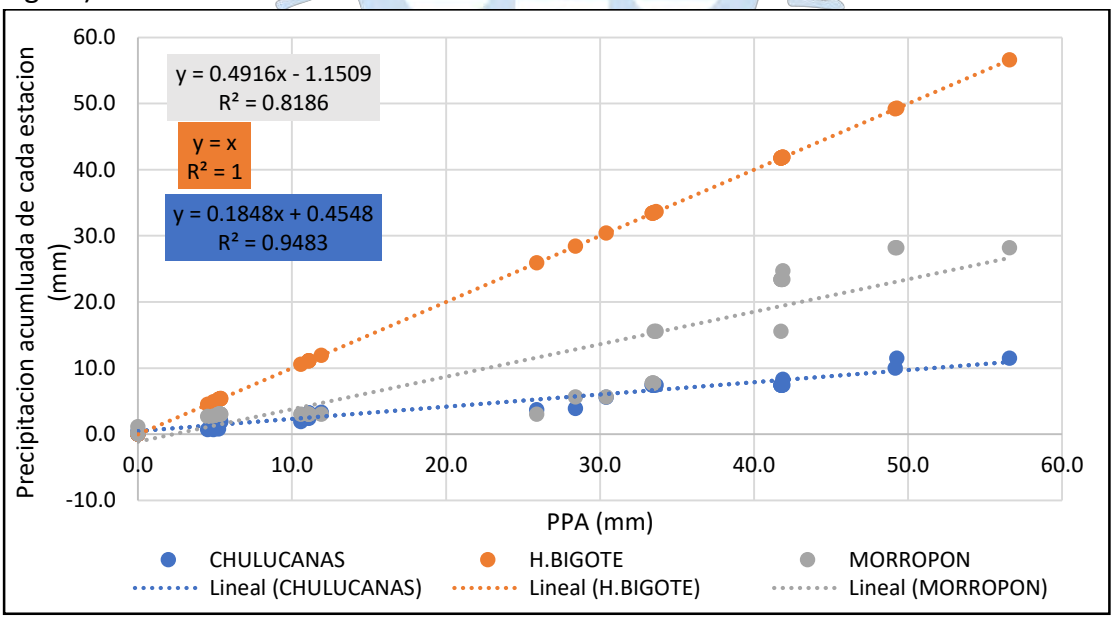
Apéndice B.127. Análisis de consistencia mes de septiembre (PPA es H.Bigote) – Zona Media

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.0	7.3	0.0	2.4	56.6	11.5	56.6	28.2
1982	1.5	0.1	0.0	0.5	49.3	11.5	49.3	28.2
1983	1.7	7.3	3.5	4.2	49.2	10.0	49.2	28.2
1984	0.9	0.0	1.3	0.7	41.9	8.3	41.9	24.7
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	41.9	7.4	41.9	23.4
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	7.4	41.8	23.4
1987	0.0	0.1	0.0	0.0	41.8	7.4	41.8	23.4
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	7.4	41.8	23.4
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	41.7	7.4	41.7	23.4
1990	0.0	0.0	7.8	2.6	41.7	7.4	41.7	23.4
1991	0.0	8.1	0.0	2.7	41.7	7.4	41.7	15.6
1992	0.0	0.1	0.0	0.0	33.6	7.4	33.6	15.6
1993	0.0	0.1	7.8	2.6	33.5	7.4	33.5	15.6
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5	7.4	33.5	7.7
1995	0.0	0.1	0.0	0.0	33.5	7.4	33.5	7.7
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	33.4	7.4	33.4	7.7
1997	1.8	3.0	2.1	2.3	33.4	7.4	33.4	7.7
1998	1.7	2.0	0.0	1.2	30.4	5.6	30.4	5.6
1999	0.2	2.5	2.6	1.8	28.4	3.9	28.4	5.6
2000	0.4	14.0	0.0	4.8	25.9	3.7	25.9	3.0

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
2001	0.1	0.8	0.0	0.3	11.9	3.3	11.9	3.0
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	3.2	11.1	3.0
2003	0.8	0.0	0.0	0.3	11.1	3.2	11.1	3.0
2004	0.5	0.5	0.0	0.3	11.1	2.4	11.1	3.0
2005	0.0	5.2	0.0	1.7	10.6	1.9	10.6	3.0
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	1.9	5.4	3.0
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	1.9	5.4	3.0
2008	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	1.9	5.3	3.0
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	1.9	5.3	3.0
2010	0.0	0.1	0.0	0.0	5.3	1.9	5.3	3.0
2011	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	1.9	5.3	3.0
2012	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	1.9	5.2	3.0
2013	1.1	0.0	0.0	0.4	5.2	1.9	5.2	3.0
2014	0.1	0.3	0.3	0.2	5.2	0.8	5.2	3.0
2015	0.0	0.4	0.1	0.1	4.9	0.7	4.9	2.7
2016	0.3	4.5	1.6	2.1	4.5	0.7	4.5	2.7
2017	0.4	0.0	0.9	0.4	0.0	0.4	0.0	1.1
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
2019	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2
2020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.128. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (H. Bigote)



Fuente: Elaboración propia

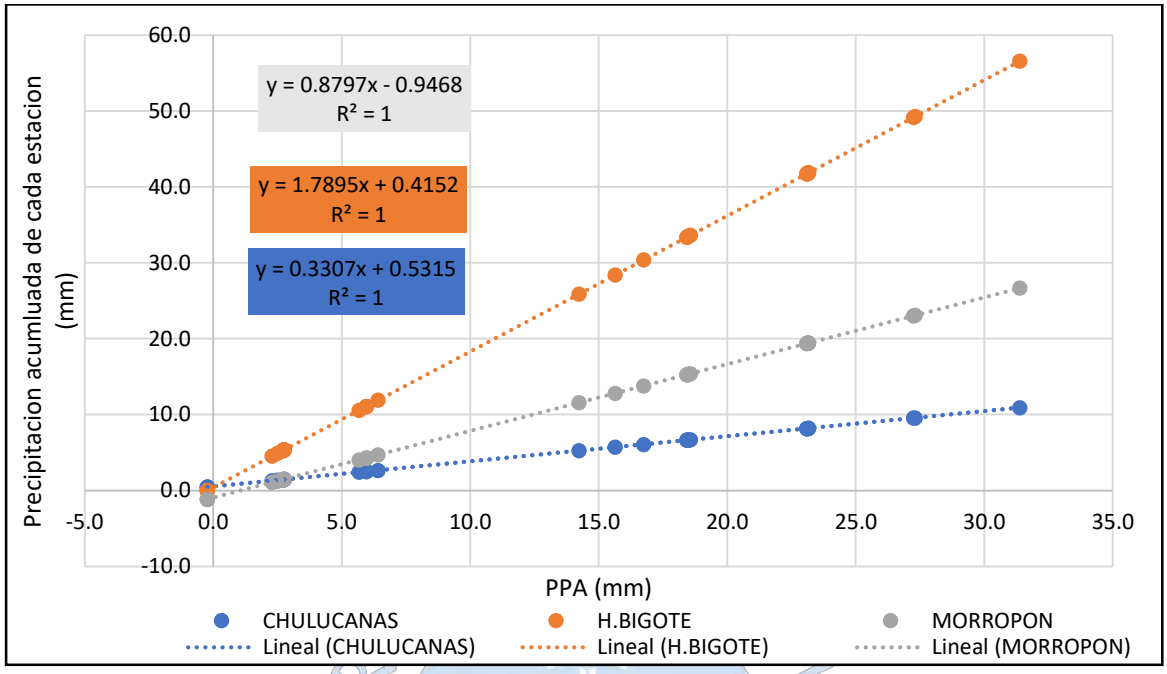
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.129. Análisis de consistencia mes de septiembre – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	1.4	7.3	3.6	4.1	31.4	10.9	56.6	26.7
1982	0.0	0.1	0.1	0.1	27.3	9.6	49.3	23.1
1983	1.4	7.3	3.6	4.1	27.2	9.5	49.2	23.0
1984	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	8.2	41.9	19.4
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	8.2	41.9	19.4
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	8.2	41.8	19.4
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	8.2	41.8	19.4
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	8.2	41.8	19.4
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	8.2	41.7	19.4
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	8.2	41.7	19.4
1991	1.5	8.1	4.0	4.5	23.1	8.2	41.7	19.4
1992	0.0	0.1	0.1	0.1	18.6	6.7	33.6	15.4
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5	6.6	33.5	15.3
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5	6.6	33.5	15.3
1995	0.0	0.1	0.0	0.0	18.5	6.6	33.5	15.3
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	18.4	6.6	33.4	15.3
1997	0.6	3.0	1.5	1.7	18.4	6.6	33.4	15.3
1998	0.4	2.0	1.0	1.1	16.8	6.1	30.4	13.8
1999	0.5	2.5	1.2	1.4	15.6	5.7	28.4	12.8
2000	2.6	14.0	6.9	7.8	14.2	5.2	25.9	11.6
2001	0.1	0.8	0.4	0.5	6.4	2.7	11.9	4.7
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.5	11.1	4.3
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.5	11.1	4.3
2004	0.1	0.5	0.3	0.3	6.0	2.5	11.1	4.3
2005	1.0	5.2	2.6	2.9	5.7	2.4	10.6	4.0
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	1.4	5.4	1.5
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	1.4	5.4	1.5
2008	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	1.4	5.3	1.5
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	1.4	5.3	1.5
2010	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	1.4	5.3	1.5
2011	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	1.4	5.3	1.4
2012	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	1.4	5.2	1.4
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	1.4	5.2	1.4
2014	0.1	0.3	0.2	0.2	2.7	1.4	5.2	1.4
2015	0.1	0.4	0.2	0.2	2.5	1.4	4.9	1.3
2016	0.8	4.5	2.2	2.5	2.3	1.3	4.5	1.1
2017	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.5	0.0	-1.2
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.5	0.0	-1.2
2019	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.5	0.0	-1.2
2020	0.5	0.0	-1.2	-0.2	-0.2	0.5	0.0	-1.2

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.130. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregida–Septiembre–Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Morropón, por lo que se reemplazaron por 0.

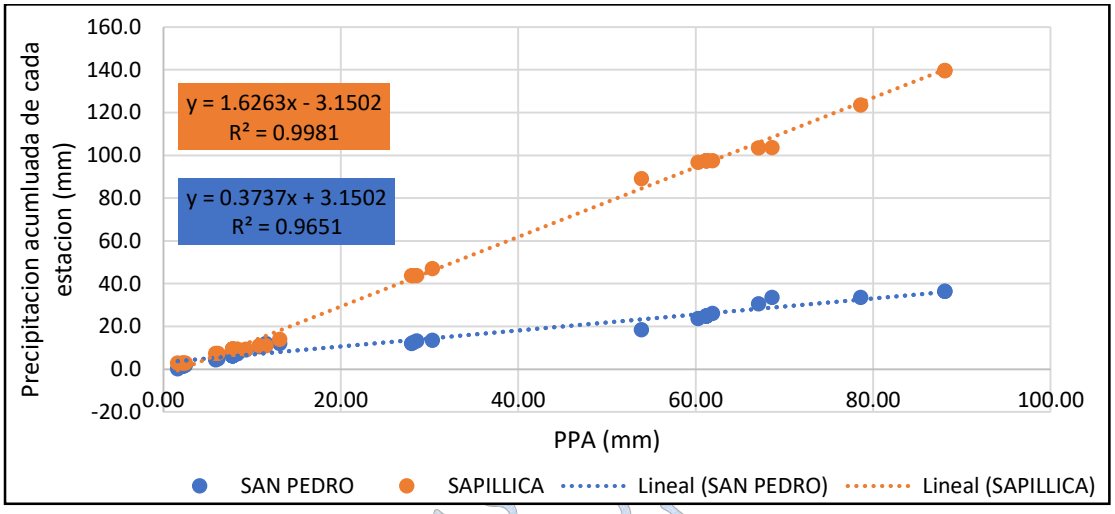
ZONA MEDIA:

Apéndice B.131. Análisis de consistencia mes de enero – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	0.0	0.01	88.10	36.5	139.7
1982	2.9	16.1	9.51	88.09	36.5	139.7
1983	0.0	19.9	9.97	78.58	33.6	123.5
1984	3.0	0.0	1.51	68.61	33.6	103.6
1985	4.4	6.0	5.21	67.10	30.6	103.6
1986	1.3	0.0	0.66	61.89	26.2	97.6
1987	0.0	0.0	0.01	61.23	24.9	97.5
1988	0.0	0.0	0.01	61.22	24.9	97.5
1989	0.0	0.0	0.00	61.21	24.9	97.5
1990	0.0	0.0	0.00	61.21	24.9	97.5
1991	1.2	0.7	0.95	61.21	24.9	97.5
1992	5.1	7.6	6.37	60.26	23.7	96.8
1993	5.1	42.1	23.58	53.89	18.6	89.2
1994	0.2	3.3	1.75	30.31	13.5	47.1
1995	0.8	0.0	0.40	28.56	13.3	43.8
1996	0.4	0.0	0.20	28.16	12.5	43.8
1997	0.0	29.7	14.86	27.96	12.1	43.8
1998	0.0	3.1	1.56	13.10	12.1	14.1
1999	1.5	0.0	0.76	11.55	12.1	11.0
2000	1.5	1.5	1.51	10.79	10.6	11.0
2001	1.8	0.1	0.96	9.28	9.1	9.4
2002	0.0	0.0	0.00	8.32	7.3	9.3
2003	1.0	0.0	0.50	8.32	7.3	9.3
2004	0.0	0.0	0.00	7.82	6.3	9.3
2005	0.0	0.0	0.00	7.82	6.3	9.3
2006	0.0	0.0	0.00	7.82	6.3	9.3
2007	0.0	0.0	0.00	7.82	6.3	9.3
2008	0.0	0.0	0.00	7.82	6.3	9.3
2009	0.0	0.0	0.00	7.82	6.3	9.3
2010	0.0	0.0	0.00	7.82	6.3	9.3
2011	0.0	0.0	0.00	7.82	6.3	9.3
2012	0.0	0.0	0.00	7.82	6.3	9.3
2013	0.0	0.0	0.00	7.82	6.3	9.3
2014	1.4	1.9	1.69	7.82	6.3	9.3
2015	0.5	0.0	0.25	6.13	4.9	7.4
2016	2.5	4.4	3.43	5.88	4.4	7.4
2017	0.5	0.0	0.25	2.45	1.9	3.0
2018	0.0	0.0	0.00	2.20	1.4	3.0
2019	1.2	0.0	0.60	2.20	1.4	3.0
2020	0.2	3.0	1.60	1.60	0.2	3.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.132. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA– Septiembre–Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como se presentaron valores $R^2 > 0.99$ por parte de las estaciones Sapillica, se realizará un nuevo análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) el de la estación antes mencionada.

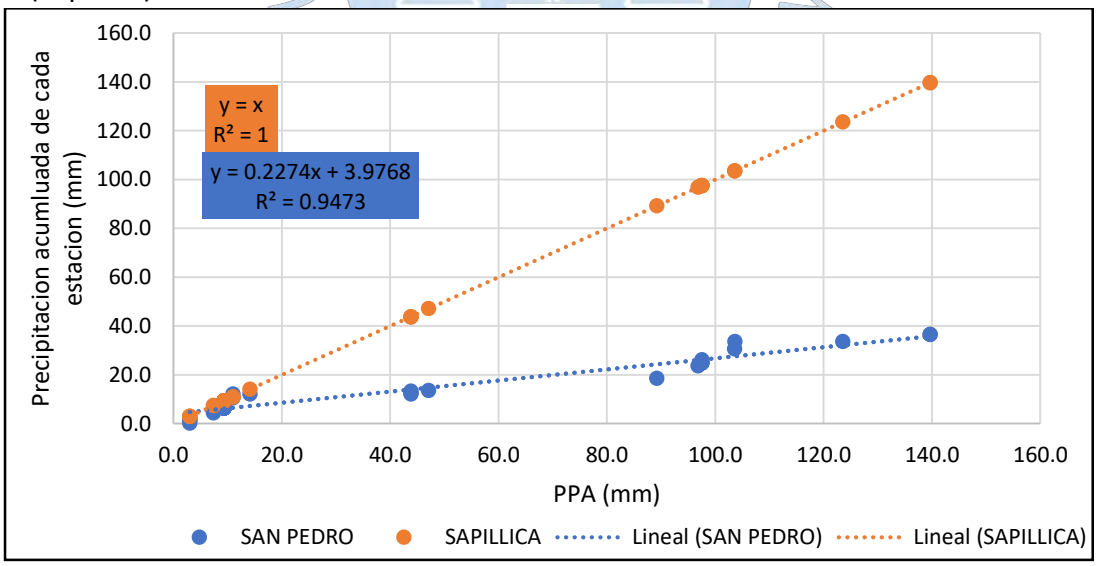
Apéndice B.133. Análisis de consistencia mes de enero (PPA es Sapillica) – Zona Baja

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	0.0	0.0	139.7	36.5	139.7
1982	2.9	16.1	9.5	139.7	36.5	139.7
1983	0.0	19.9	10.0	123.5	33.6	123.5
1984	3.0	0.0	1.5	103.6	33.6	103.6
1985	4.4	6.0	5.2	103.6	30.6	103.6
1986	1.3	0.0	0.7	97.6	26.2	97.6
1987	0.0	0.0	0.0	97.5	24.9	97.5
1988	0.0	0.0	0.0	97.5	24.9	97.5
1989	0.0	0.0	0.0	97.5	24.9	97.5
1990	0.0	0.0	0.0	97.5	24.9	97.5
1991	1.2	0.7	1.0	97.5	24.9	97.5
1992	5.1	7.6	6.4	96.8	23.7	96.8
1993	5.1	42.1	23.6	89.2	18.6	89.2
1994	0.2	3.3	1.8	47.1	13.5	47.1
1995	0.8	0.0	0.4	43.8	13.3	43.8
1996	0.4	0.0	0.2	43.8	12.5	43.8
1997	0.0	29.7	14.9	43.8	12.1	43.8
1998	0.0	3.1	1.6	14.1	12.1	14.1
1999	1.5	0.0	0.8	11.0	12.1	11.0
2000	1.5	1.5	1.5	11.0	10.6	11.0

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
2001	1.8	0.1	1.0	9.4	9.1	9.4
2002	0.0	0.0	0.0	9.3	7.3	9.3
2003	1.0	0.0	0.5	9.3	7.3	9.3
2004	0.0	0.0	0.0	9.3	6.3	9.3
2005	0.0	0.0	0.0	9.3	6.3	9.3
2006	0.0	0.0	0.0	9.3	6.3	9.3
2007	0.0	0.0	0.0	9.3	6.3	9.3
2008	0.0	0.0	0.0	9.3	6.3	9.3
2009	0.0	0.0	0.0	9.3	6.3	9.3
2010	0.0	0.0	0.0	9.3	6.3	9.3
2011	0.0	0.0	0.0	9.3	6.3	9.3
2012	0.0	0.0	0.0	9.3	6.3	9.3
2013	0.0	0.0	0.0	9.3	6.3	9.3
2014	1.4	1.9	1.7	9.3	6.3	9.3
2015	0.5	0.0	0.3	7.4	4.9	7.4
2016	2.5	4.4	3.4	7.4	4.4	7.4
2017	0.5	0.0	0.3	3.0	1.9	3.0
2018	0.0	0.0	0.0	3.0	1.4	3.0
2019	1.2	0.0	0.6	3.0	1.4	3.0
2020	0.2	3.0	1.6	3.0	0.2	3.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.134. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Sapillica)



Fuente: Elaboración propia

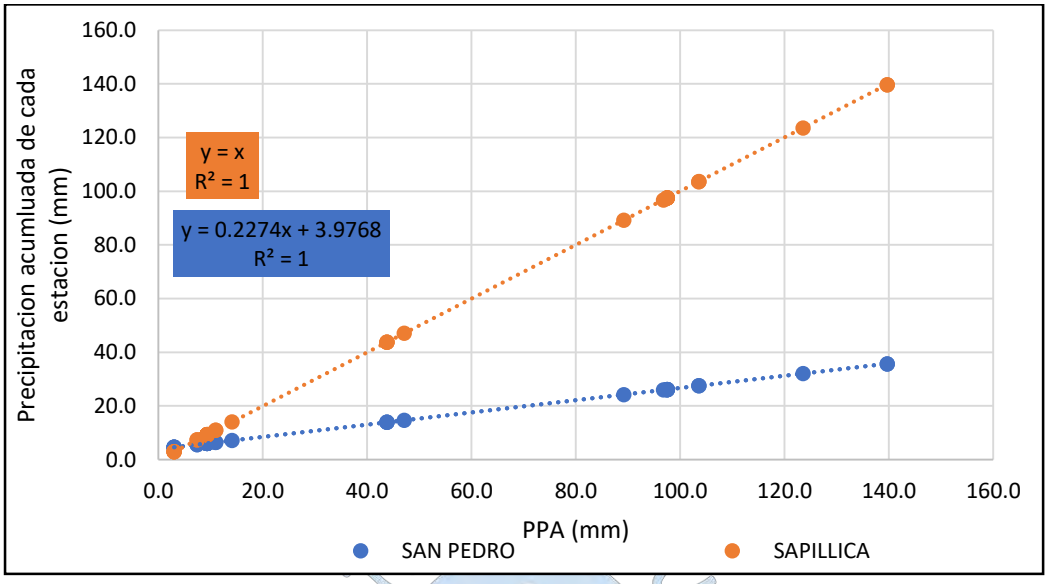
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.135. Análisis de consistencia mes de Septiembre – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	0.0	0.0	139.7	35.7	139.7
1982	3.7	16.1	9.9	139.7	35.7	139.7
1983	4.5	19.9	12.2	123.5	32.1	123.5
1984	0.0	0.0	0.0	103.6	27.5	103.6
1985	1.4	6.0	3.7	103.6	27.5	103.6
1986	0.0	0.0	0.0	97.6	26.2	97.6
1987	0.0	0.0	0.0	97.5	26.2	97.5
1988	0.0	0.0	0.0	97.5	26.2	97.5
1989	0.0	0.0	0.0	97.5	26.1	97.5
1990	0.0	0.0	0.0	97.5	26.1	97.5
1991	0.2	0.7	0.4	97.5	26.1	97.5
1992	1.7	7.6	4.7	96.8	26.0	96.8
1993	9.6	42.1	25.8	89.2	24.3	89.2
1994	0.8	3.3	2.0	47.1	14.7	47.1
1995	0.0	0.0	0.0	43.8	13.9	43.8
1996	0.0	0.0	0.0	43.8	13.9	43.8
1997	6.8	29.7	18.2	43.8	13.9	43.8
1998	0.7	3.1	1.9	14.1	7.2	14.1
1999	0.0	0.0	0.0	11.0	6.5	11.0
2000	0.3	1.5	0.9	11.0	6.5	11.0
2001	0.0	0.1	0.1	9.4	6.1	9.4
2002	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2003	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2004	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2005	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2006	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2007	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2008	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2009	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2010	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2011	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2012	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2013	0.0	0.0	0.0	9.3	6.1	9.3
2014	0.4	1.9	1.2	9.3	6.1	9.3
2015	0.0	0.0	0.0	7.4	5.7	7.4
2016	1.0	4.4	2.7	7.4	5.7	7.4
2017	0.0	0.0	0.0	3.0	4.7	3.0
2018	0.0	0.0	0.0	3.0	4.7	3.0
2019	0.0	0.0	0.0	3.0	4.7	3.0
2020	4.7	3.0	3.8	3.0	4.7	3.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.136.Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregido–Septiembre–Zona Media



Fuente: Elaboración propia

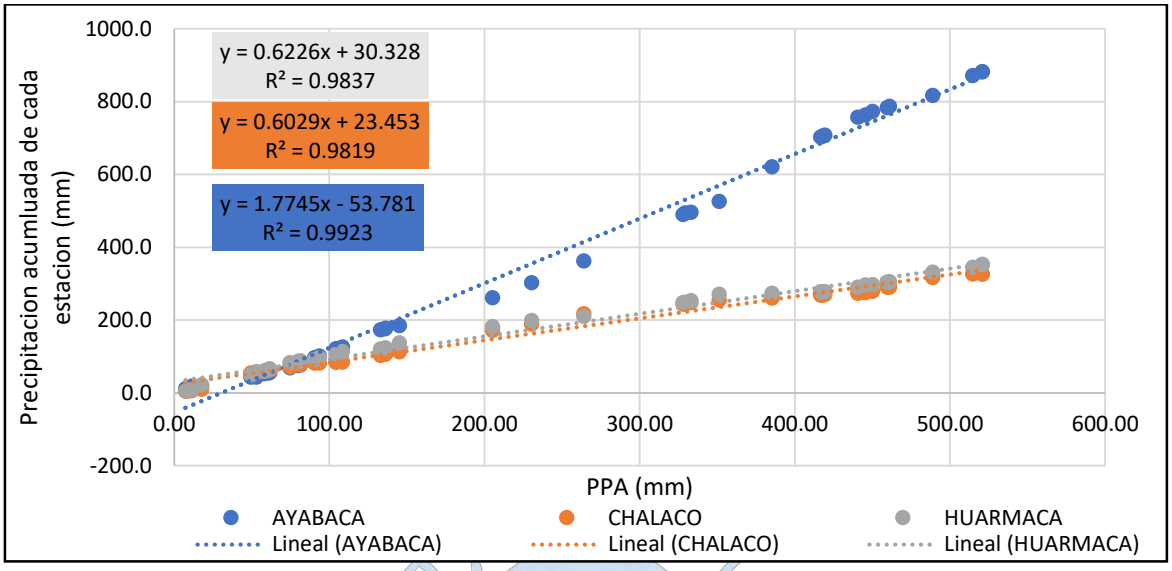
ZONA ALTA:

Apéndice B.137. Análisis de consistencia mes de Septiembre – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	0.0	0.0	0.0	0.00	520.77	882.5	326.4	353.4
1982	10.6	0.0	7.8	6.13	520.77	882.5	326.4	353.4
1983	54.9	9.1	13.3	25.77	514.64	871.9	326.4	345.6
1984	29.6	27.0	26.9	27.84	488.87	817.0	317.3	332.3
1985	3.8	0.0	0.8	1.53	461.03	787.4	290.3	305.3
1986	10.4	11.3	7.0	9.57	459.49	783.6	290.3	304.5
1987	9.1	3.2	0.8	4.37	449.93	773.2	279.0	297.5
1988	6.6	2.0	6.4	5.00	445.56	764.1	275.8	296.7
1989	49.5	3.0	11.7	21.40	440.56	757.5	273.8	290.3
1990	2.2	1.9	0.2	1.43	419.16	708.0	270.8	278.6
1991	3.0	0.5	0.0	1.17	417.73	705.8	268.9	278.4
1992	81.7	7.9	4.5	31.37	416.57	702.8	268.4	278.4
1993	94.4	4.8	2.7	33.97	385.20	621.1	260.5	273.9
1994	30.2	7.1	17.2	18.17	351.23	526.7	255.7	271.2
1995	2.0	4.5	4.9	3.80	333.06	496.5	248.6	254.0
1996	4.1	0.0	0.3	1.47	329.26	494.5	244.1	249.1
1997	127.9	26.1	37.9	63.97	327.80	490.4	244.1	248.8
1998	59.7	28.9	12.0	33.53	263.83	362.5	218.0	210.9
1999	41.4	17.5	16.6	25.15	230.30	302.8	189.1	198.9
2000	76.6	58.5	44.8	59.97	205.14	261.4	171.6	182.4
2001	6.9	5.9	13.9	8.90	145.18	184.8	113.1	137.6
2002	1.5	0.0	0.0	0.50	136.28	177.9	107.2	123.7
2003	2.3	3.5	2.6	2.80	135.78	176.4	107.2	123.7
2004	47.7	18.4	7.5	24.53	132.98	174.1	103.7	121.1
2005	4.3	1.5	6.6	4.13	108.44	126.4	85.3	113.6
2006	20.5	2.0	10.1	10.87	104.31	122.1	83.8	107.0
2007	4.1	0.0	5.0	3.03	93.44	101.6	81.8	96.9
2008	20.7	3.2	3.1	9.00	90.41	97.5	81.8	91.9
2009	1.8	1.6	1.7	1.70	81.41	76.8	78.6	88.8
2010	6.3	4.9	4.2	5.13	79.71	75.0	77.0	87.1
2011	12.8	9.7	16.8	13.09	74.58	68.7	72.1	82.9
2012	0.8	0.9	1.2	0.95	61.49	55.9	62.5	66.1
2013	1.7	1.5	5.2	2.81	60.54	55.1	61.6	64.9
2014	9.8	4.0	0.8	4.88	57.73	53.4	60.1	59.7
2015	0.1	0.9	9.3	3.44	52.85	43.6	56.1	58.9
2016	23.4	45.3	26.9	31.88	49.42	43.5	55.1	49.6
2017	1.4	3.3	13.7	6.13	17.53	20.1	9.8	22.7
2018	6.2	1.4	0.5	2.70	11.40	18.7	6.5	9.0
2019	0.7	0.0	3.8	1.50	8.70	12.5	5.1	8.5
2020	11.8	5.1	4.7	7.20	7.20	11.8	5.1	4.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.138. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Septiembre – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como se presentaron valores R2 > 0.99 por parte de la estación Ayabaca, se realizará un nuevo análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) el de la estación antes mencionada.

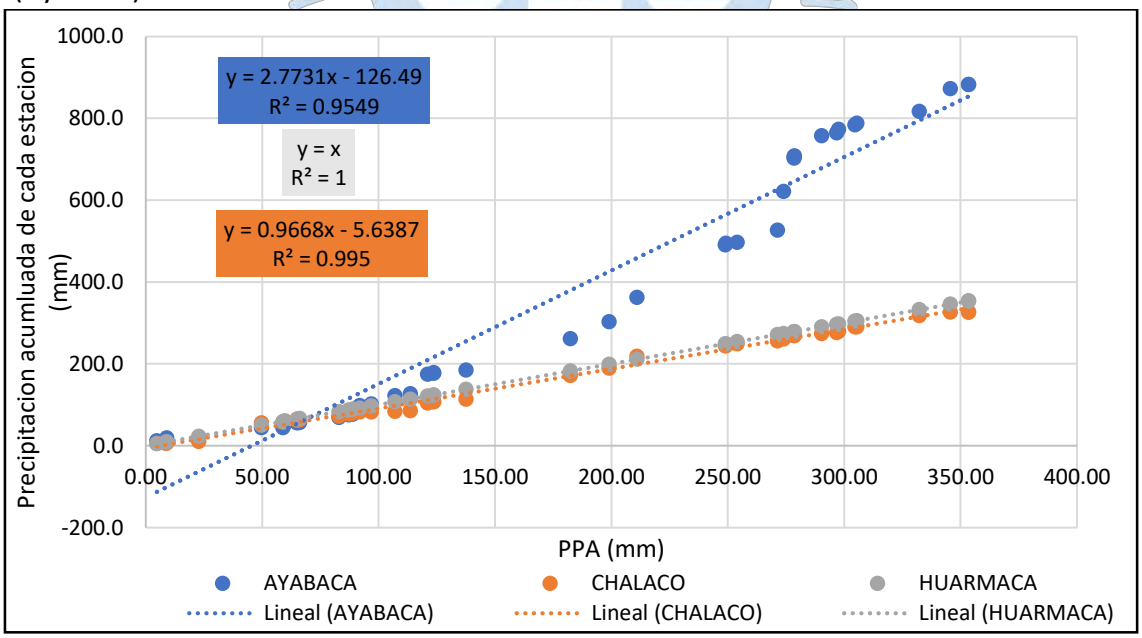
Apéndice B.139. Análisis de consistencia mes de Septiembre (PPA es Ayabaca) – Zona Media

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	0.0	0.0	0.0	0.00	353.36	882.5	326.4	353.4
1982	10.6	0.0	7.8	6.13	353.36	882.5	326.4	353.4
1983	54.9	9.1	13.3	25.77	345.56	871.9	326.4	345.6
1984	29.6	27.0	26.9	27.84	332.26	817.0	317.3	332.3
1985	3.8	0.0	0.8	1.53	305.32	787.4	290.3	305.3
1986	10.4	11.3	7.0	9.57	304.52	783.6	290.3	304.5
1987	9.1	3.2	0.8	4.37	297.52	773.2	279.0	297.5
1988	6.6	2.0	6.4	5.00	296.72	764.1	275.8	296.7
1989	49.5	3.0	11.7	21.40	290.32	757.5	273.8	290.3
1990	2.2	1.9	0.2	1.43	278.62	708.0	270.8	278.6
1991	3.0	0.5	0.0	1.17	278.42	705.8	268.9	278.4
1992	81.7	7.9	4.5	31.37	278.42	702.8	268.4	278.4
1993	94.4	4.8	2.7	33.97	273.92	621.1	260.5	273.9
1994	30.2	7.1	17.2	18.17	271.23	526.7	255.7	271.2
1995	2.0	4.5	4.9	3.80	254.03	496.5	248.6	254.0
1996	4.1	0.0	0.3	1.47	249.13	494.5	244.1	249.1
1997	127.9	26.1	37.9	63.97	248.83	490.4	244.1	248.8
1998	59.7	28.9	12.0	33.53	210.93	362.5	218.0	210.9
1999	41.4	17.5	16.6	25.15	198.93	302.8	189.1	198.9
2000	76.6	58.5	44.8	59.97	182.36	261.4	171.6	182.4

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2001	6.9	5.9	13.9	8.90	137.56	184.8	113.1	137.6
2002	1.5	0.0	0.0	0.50	123.66	177.9	107.2	123.7
2003	2.3	3.5	2.6	2.80	123.66	176.4	107.2	123.7
2004	47.7	18.4	7.5	24.53	121.06	174.1	103.7	121.1
2005	4.3	1.5	6.6	4.13	113.56	126.4	85.3	113.6
2006	20.5	2.0	10.1	10.87	106.96	122.1	83.8	107.0
2007	4.1	0.0	5.0	3.03	96.86	101.6	81.8	96.9
2008	20.7	3.2	3.1	9.00	91.86	97.5	81.8	91.9
2009	1.8	1.6	1.7	1.70	88.76	76.8	78.6	88.8
2010	6.3	4.9	4.2	5.13	87.06	75.0	77.0	87.1
2011	12.8	9.7	16.8	13.09	82.86	68.7	72.1	82.9
2012	0.8	0.9	1.2	0.95	66.06	55.9	62.5	66.1
2013	1.7	1.5	5.2	2.81	64.86	55.1	61.6	64.9
2014	9.8	4.0	0.8	4.88	59.66	53.4	60.1	59.7
2015	0.1	0.9	9.3	3.44	58.90	43.6	56.1	58.9
2016	23.4	45.3	26.9	31.88	49.65	43.5	55.1	49.6
2017	1.4	3.3	13.7	6.13	22.70	20.1	9.8	22.7
2018	6.2	1.4	0.5	2.70	9.00	18.7	6.5	9.0
2019	0.7	0.0	3.8	1.50	8.50	12.5	5.1	8.5
2020	11.8	5.1	4.7	7.20	4.70	11.8	5.1	4.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.140. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Ayabaca)



Fuente: Elaboración propia

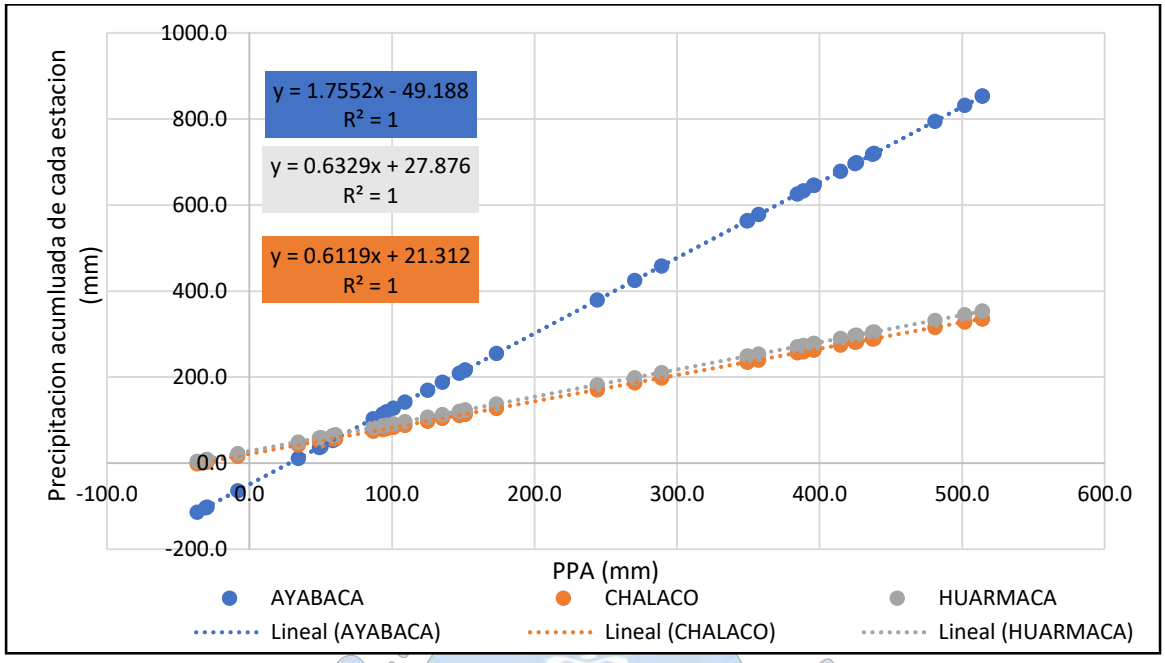
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.141. Análisis de consistencia mes de Septiembre – Zona Alta – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	0.0	0.0	0.0	0.0	514.3	853.4	336.0	353.4
1982	21.6	7.5	7.8	12.3	514.3	853.4	336.0	353.4
1983	36.9	12.9	13.3	21.0	501.9	831.8	328.4	345.6
1984	74.7	26.0	26.9	42.6	480.9	794.9	315.6	332.3
1985	2.2	0.8	0.8	1.3	438.4	720.2	289.5	305.3
1986	19.4	6.8	7.0	11.1	437.1	718.0	288.8	304.5
1987	2.2	0.8	0.8	1.3	426.0	698.6	282.0	297.5
1988	17.7	6.2	6.4	10.1	424.8	696.4	281.2	296.7
1989	32.4	11.3	11.7	18.5	414.7	678.6	275.0	290.3
1990	0.6	0.2	0.2	0.3	396.2	646.2	263.7	278.6
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	395.9	645.6	263.5	278.4
1992	12.5	4.4	4.5	7.1	395.9	645.6	263.5	278.4
1993	7.5	2.6	2.7	4.3	388.7	633.1	259.2	273.9
1994	47.7	16.6	17.2	27.2	384.5	625.6	256.6	271.2
1995	13.6	4.7	4.9	7.7	357.3	578.0	240.0	254.0
1996	0.8	0.3	0.3	0.5	349.6	564.4	235.2	249.1
1997	105.1	36.6	37.9	59.9	349.1	563.5	234.9	248.8
1998	33.3	11.6	12.0	19.0	289.2	458.4	198.3	210.9
1999	45.9	16.0	16.6	26.2	270.3	425.2	186.7	198.9
2000	124.2	43.3	44.8	70.8	244.1	379.2	170.7	182.4
2001	38.5	13.4	13.9	22.0	173.3	255.0	127.4	137.6
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	151.3	216.4	113.9	123.7
2003	7.2	2.5	2.6	4.1	151.3	216.4	113.9	123.7
2004	20.8	7.3	7.5	11.8	147.2	209.2	111.4	121.1
2005	18.3	6.4	6.6	10.4	135.4	188.4	104.2	113.6
2006	28.0	9.8	10.1	16.0	125.0	170.1	97.8	107.0
2007	13.9	4.8	5.0	7.9	109.0	142.1	88.0	96.9
2008	8.6	3.0	3.1	4.9	101.1	128.3	83.2	91.9
2009	4.7	1.6	1.7	2.7	96.2	119.7	80.2	88.8
2010	11.6	4.1	4.2	6.6	93.5	114.9	78.5	87.1
2011	46.6	16.2	16.8	26.5	86.9	103.3	74.5	82.9
2012	3.3	1.2	1.2	1.9	60.3	56.7	58.2	66.1
2013	14.4	5.0	5.2	8.2	58.4	53.4	57.1	64.9
2014	2.1	0.7	0.8	1.2	50.2	39.0	52.0	59.7
2015	25.7	8.9	9.3	14.6	49.0	36.8	51.3	58.9
2016	74.7	26.1	26.9	42.6	34.4	11.2	42.4	49.6
2017	38.0	13.2	13.7	21.6	-8.2	-63.5	16.3	22.7
2018	1.4	0.5	0.5	0.8	-29.8	-101.5	3.1	9.0
2019	10.5	3.7	3.8	6.0	-30.6	-102.9	2.6	8.5
2020	-113.5	-1.1	4.7	-36.6	-36.6	-113.5	-1.1	4.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.142. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Septiembre – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Ayabaca y Chalaco, por lo que se reemplazaron por 0.

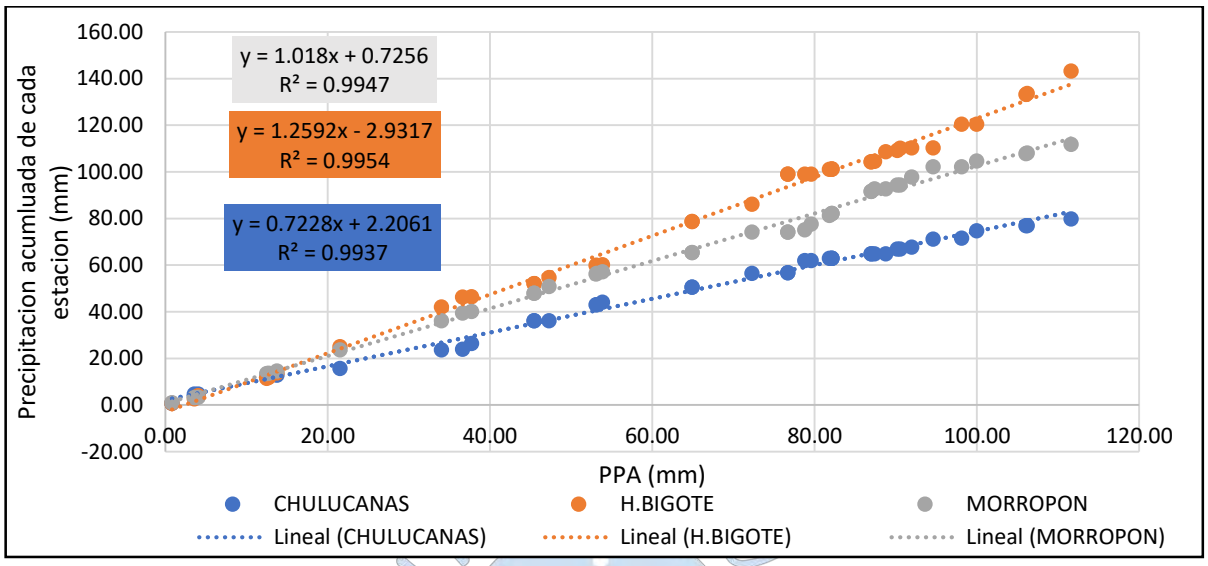
OCTUBRE – ZONA BAJA:

Apéndice B.143. Análisis de consistencia mes de Octubre – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	2.9	9.6	3.7	5.39	111.59	79.83	143.19	111.77
1982	0.0	0.4	0.2	0.19	106.20	76.93	133.61	108.07
1983	2.2	12.7	3.2	6.04	106.01	76.93	133.25	107.87
1984	3.1	0.0	2.5	1.87	99.97	74.73	120.52	104.67
1985	0.4	10.2	0.0	3.52	98.10	71.63	120.52	102.17
1986	3.5	0.0	4.4	2.64	94.59	71.23	110.37	102.17
1987	0.8	0.1	3.4	1.44	91.95	67.73	110.36	97.77
1988	0.0	1.0	0.0	0.34	90.51	66.93	110.23	94.37
1989	2.1	0.5	1.7	1.44	90.17	66.93	109.22	94.37
1990	0.0	4.1	0.0	1.38	88.73	64.83	108.71	92.67
1991	0.0	0.1	1.0	0.37	87.35	64.83	104.57	92.67
1992	0.0	0.1	0.0	0.05	86.98	64.83	104.46	91.67
1993	1.8	3.1	9.5	4.82	86.94	64.83	104.32	91.67
1994	0.0	0.0	0.0	0.00	82.12	62.99	101.21	82.17
1995	0.0	0.1	0.0	0.04	82.12	62.99	101.21	82.17
1996	0.0	0.0	0.8	0.27	82.09	62.99	101.10	82.17
1997	1.0	2.0	3.8	2.27	81.82	62.99	101.10	81.37
1998	0.0	0.0	2.4	0.80	79.55	61.99	99.10	77.57
1999	5.2	0.0	1.0	2.07	78.75	61.99	99.10	75.17
2000	0.0	0.0	0.0	0.00	76.69	56.79	99.10	74.17
2001	0.3	13.0	0.0	4.44	76.69	56.79	99.10	74.17
2002	5.9	7.3	8.8	7.35	72.25	56.48	86.09	74.17
2003	0.0	0.0	0.0	0.01	64.90	50.55	78.77	65.37
2004	6.4	18.6	8.2	11.06	64.89	50.55	78.75	65.37
2005	1.1	0.3	0.7	0.68	53.83	44.15	60.18	57.17
2006	0.0	0.0	0.2	0.08	53.15	43.05	59.93	56.47
2007	6.8	5.2	5.4	5.80	53.07	43.05	59.89	56.27
2008	0.0	2.7	2.9	1.85	47.27	36.24	54.71	50.87
2009	0.0	0.0	0.0	0.01	45.42	36.24	52.06	47.97
2010	9.8	5.5	7.8	7.70	45.41	36.24	52.03	47.97
2011	2.5	0.2	0.7	1.12	37.71	26.44	46.53	40.17
2012	0.2	4.2	3.3	2.59	36.60	23.94	46.38	39.47
2013	8.0	17.1	12.5	12.53	34.01	23.72	42.14	36.17
2014	3.0	11.3	9.0	7.74	21.48	15.72	25.04	23.67
2015	0.3	1.9	1.0	1.04	13.74	12.77	13.78	14.68
2016	0.0	0.5	0.2	0.24	12.70	12.50	11.92	13.69
2017	7.80	7.30	10.20	8.43	12.47	12.50	11.40	13.50
2018	0.00	1.40	0.10	0.50	4.03	4.70	4.10	3.30
2019	4.00	2.00	2.20	2.73	3.53	4.70	2.70	3.20
2020	0.70	0.70	1.00	0.80	0.80	0.70	0.70	1.00

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.144. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Octubre – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un R2 > 0.99, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

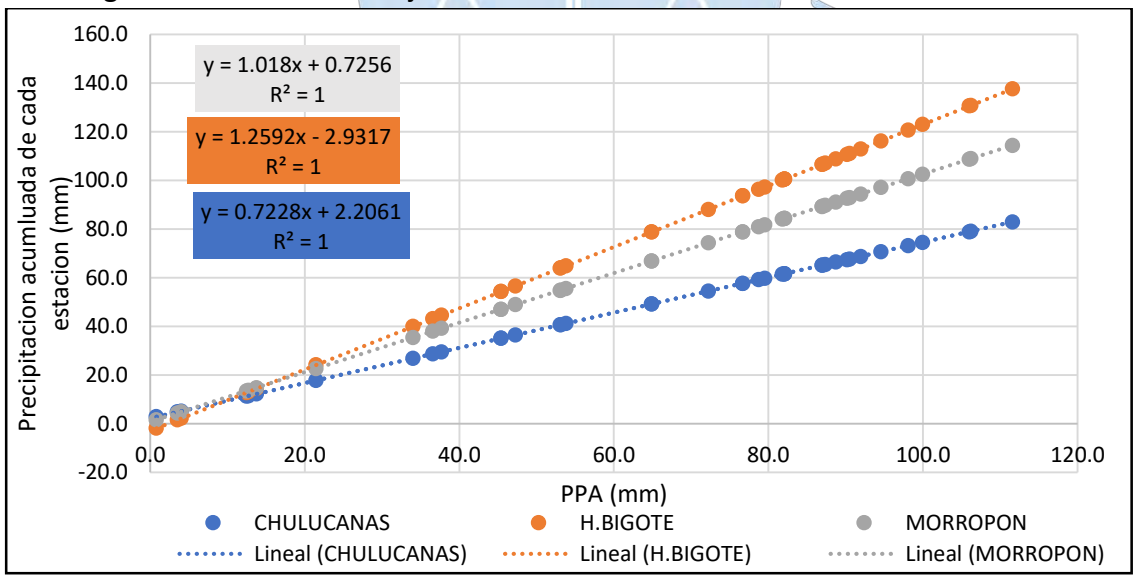
Apéndice B.145. Análisis de consistencia mes de Octubre – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	3.9	6.8	5.5	5.4	111.6	82.9	137.6	114.3
1982	0.1	0.2	0.2	0.2	106.2	79.0	130.8	108.8
1983	4.4	7.6	6.2	6.0	106.0	78.8	130.6	108.6
1984	1.3	2.4	1.9	1.9	100.0	74.5	123.0	102.5
1985	2.5	4.4	3.6	3.5	98.1	73.1	120.6	100.6
1986	1.9	3.3	2.7	2.6	94.6	70.6	116.2	97.0
1987	1.0	1.8	1.5	1.4	92.0	68.7	112.9	94.3
1988	0.2	0.4	0.3	0.3	90.5	67.6	111.0	92.9
1989	1.0	1.8	1.5	1.4	90.2	67.4	110.6	92.5
1990	1.0	1.7	1.4	1.4	88.7	66.3	108.8	91.1
1991	0.3	0.5	0.4	0.4	87.4	65.3	107.1	89.7
1992	0.0	0.1	0.0	0.0	87.0	65.1	106.6	89.3
1993	3.5	6.1	4.9	4.8	86.9	65.0	106.5	89.2
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	82.1	61.6	100.5	84.3
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	82.1	61.6	100.5	84.3
1996	0.2	0.3	0.3	0.3	82.1	61.5	100.4	84.3
1997	1.6	2.9	2.3	2.3	81.8	61.3	100.1	84.0
1998	0.6	1.0	0.8	0.8	79.6	59.7	97.2	81.7
1999	1.5	2.6	2.1	2.1	78.8	59.1	96.2	80.9
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	76.7	57.6	93.6	78.8

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
2001	3.2	5.6	4.5	4.4	76.7	57.6	93.6	78.8
2002	5.3	9.3	7.5	7.3	72.2	54.4	88.0	74.3
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	64.9	49.1	78.8	66.8
2004	8.0	13.9	11.3	11.1	64.9	49.1	78.8	66.8
2005	0.5	0.9	0.7	0.7	53.8	41.1	64.9	55.5
2006	0.1	0.1	0.1	0.1	53.1	40.6	64.0	54.8
2007	4.2	7.3	5.9	5.8	53.1	40.6	63.9	54.7
2008	1.3	2.3	1.9	1.9	47.3	36.4	56.6	48.8
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	45.4	35.0	54.3	47.0
2010	5.6	9.7	7.8	7.7	45.4	35.0	54.3	47.0
2011	0.8	1.4	1.1	1.1	37.7	29.5	44.6	39.1
2012	1.9	3.3	2.6	2.6	36.6	28.7	43.1	38.0
2013	9.1	15.8	12.8	12.5	34.0	26.8	39.9	35.3
2014	5.6	9.7	7.9	7.7	21.5	17.7	24.1	22.6
2015	0.7	1.3	1.1	1.0	13.7	12.1	14.4	14.7
2016	0.2	0.3	0.2	0.2	12.7	11.4	13.1	13.7
2017	6.1	10.6	8.6	8.4	12.5	11.2	12.8	13.4
2018	0.4	0.6	0.5	0.5	4.0	5.1	2.1	4.8
2019	2.0	3.4	2.8	2.7	3.5	4.8	1.5	4.3
2020	2.8	-1.9	1.5	0.8	0.8	2.8	-1.9	1.5

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.146. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA– Corregido –Octubre–Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Hacienda Bigote, por lo que se reemplazaron por 0.

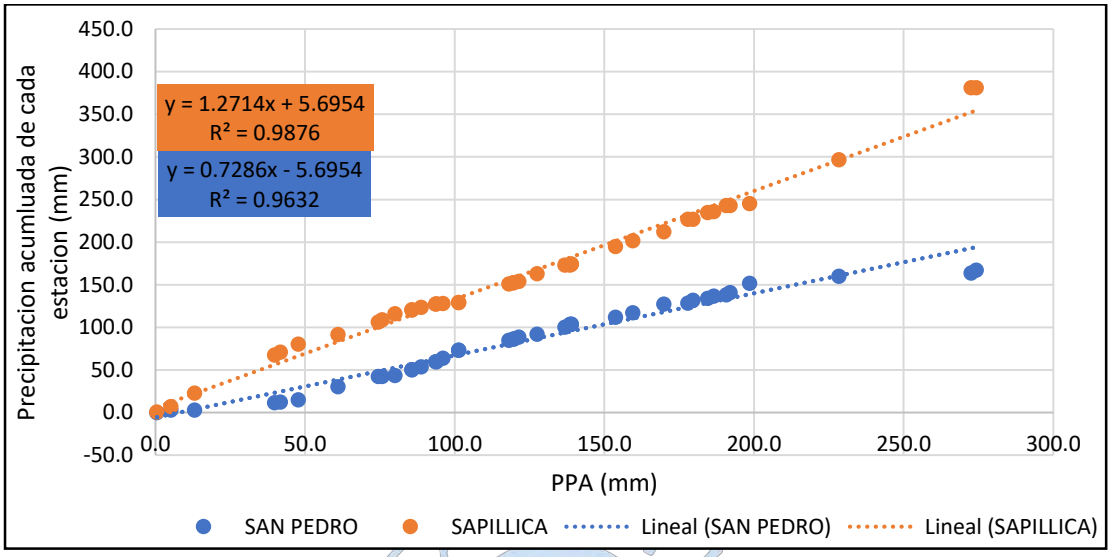
ZONA MEDIA:

Apéndice B.147. Análisis de consistencia mes de Octubre – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	3.4	0.0	1.7	274.2	167.3	381.2
1982	3.8	84.4	44.1	272.5	163.9	381.1
1983	8.1	51.6	29.8	228.4	160.1	296.7
1984	11.0	2.1	6.6	198.6	152.0	245.2
1985	2.6	0.0	1.3	192.0	141.0	243.1
1986	1.5	6.9	4.2	190.7	138.4	243.0
1987	2.6	1.3	2.0	186.5	136.9	236.1
1988	2.3	7.7	5.0	184.5	134.3	234.8
1989	3.3	0.0	1.7	179.5	132.0	227.1
1990	1.3	14.8	8.1	177.9	128.7	227.1
1991	10.1	10.7	10.4	169.8	127.4	212.3
1992	5.2	6.4	5.8	159.4	117.3	201.6
1993	8.5	20.9	14.7	153.7	112.1	195.2
1994	0.0	0.0	0.0	138.9	103.6	174.3
1995	0.0	0.9	0.5	138.9	103.6	174.3
1996	3.2	0.2	1.7	138.5	103.6	173.4
1997	8.3	10.3	9.3	136.8	100.4	173.2
1998	3.5	8.7	6.1	127.5	92.1	162.9
1999	2.0	1.5	1.8	121.4	88.6	154.2
2000	0.0	0.0	0.0	119.7	86.6	152.7
2001	1.7	1.5	1.6	119.7	86.6	152.7
2002	11.6	21.9	16.8	118.1	84.9	151.2
2003	0.0	0.0	0.0	101.3	73.3	129.3
2004	9.3	1.2	5.3	101.3	73.3	129.3
2005	4.1	0.2	2.2	96.1	64.0	128.1
2006	0.0	0.6	0.3	93.9	59.9	127.9
2007	6.2	3.5	4.9	93.6	59.9	127.3
2008	3.2	3.0	3.1	88.8	53.7	123.8
2009	0.0	0.0	0.0	85.7	50.5	120.8
2010	6.8	4.6	5.7	85.7	50.5	120.8
2011	1.2	7.3	4.3	80.0	43.7	116.2
2012	0.0	2.6	1.3	75.7	42.5	108.9
2013	12.1	14.7	13.4	74.4	42.5	106.3
2014	15.3	11.2	13.2	61.0	30.4	91.6
2015	2.6	9.4	6.0	47.8	15.1	80.4
2016	0.7	3.1	1.9	41.7	12.5	70.9
2017	8.7	44.9	26.8	39.8	11.8	67.9
2018	0.0	15.8	7.9	13.0	3.1	23.0
2019	3.1	6.3	4.7	5.2	3.1	7.2
2020	0.0	0.9	0.5	0.5	0.0	0.9

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.148. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Octubre – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como ambas estaciones presentan R2 < 0.99 se efectuará un nuevo el análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) la estación con el R2 mayor, en este caso Sapillica.

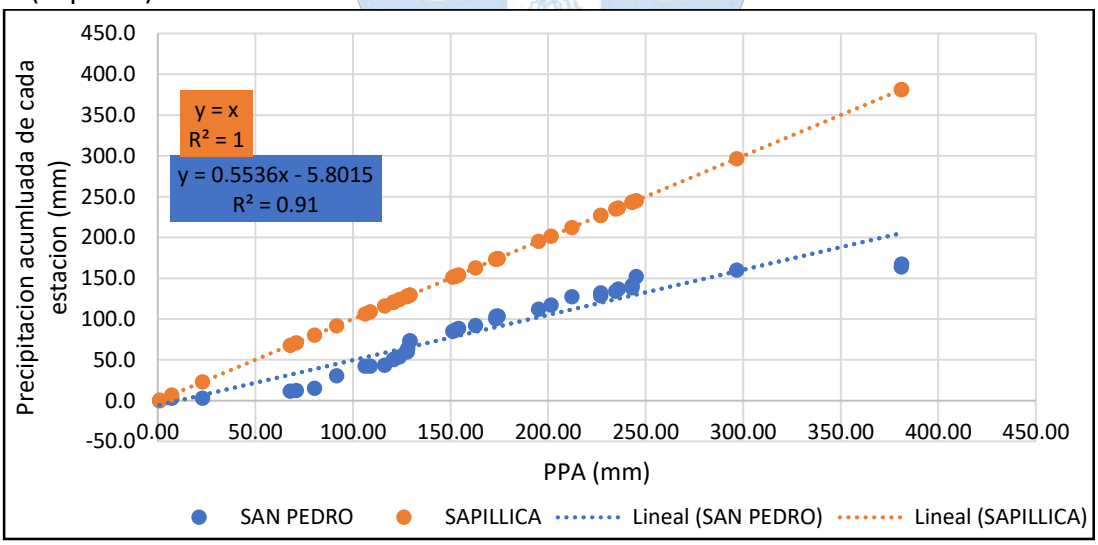
Apéndice B.149. Análisis de consistencia mes de Octubre (PPA es Sapillica) – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	3.4	0.0	1.71	381.16	167.3	381.2
1982	3.8	84.4	44.11	381.14	163.9	381.1
1983	8.1	51.6	29.83	296.72	160.1	296.7
1984	11.0	2.1	6.55	245.15	152.0	245.2
1985	2.6	0.0	1.31	243.05	141.0	243.1
1986	1.5	6.9	4.21	243.03	138.4	243.0
1987	2.6	1.3	1.96	236.11	136.9	236.1
1988	2.3	7.7	5.00	234.79	134.3	234.8
1989	3.3	0.0	1.65	227.09	132.0	227.1
1990	1.3	14.8	8.05	227.09	128.7	227.1
1991	10.1	10.7	10.41	212.29	127.4	212.3
1992	5.2	6.4	5.78	201.58	117.3	201.6
1993	8.5	20.9	14.72	195.18	112.1	195.2
1994	0.0	0.0	0.00	174.27	103.6	174.3
1995	0.0	0.9	0.45	174.27	103.6	174.3
1996	3.2	0.2	1.68	173.37	103.6	173.4
1997	8.3	10.3	9.30	173.22	100.4	173.2
1998	3.5	8.7	6.10	162.92	92.1	162.9
1999	2.0	1.5	1.75	154.22	88.6	154.2
2000	0.0	0.0	0.00	152.72	86.6	152.7

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
2001	1.7	1.5	1.61	152.72	86.6	152.7
2002	11.6	21.9	16.75	151.21	84.9	151.2
2003	0.0	0.0	0.00	129.31	73.3	129.3
2004	9.3	1.2	5.25	129.31	73.3	129.3
2005	4.1	0.2	2.16	128.11	64.0	128.1
2006	0.0	0.6	0.30	127.90	59.9	127.9
2007	6.2	3.5	4.85	127.30	59.9	127.3
2008	3.2	3.0	3.10	123.80	53.7	123.8
2009	0.0	0.0	0.00	120.80	50.5	120.8
2010	6.8	4.6	5.70	120.80	50.5	120.8
2011	1.2	7.3	4.25	116.20	43.7	116.2
2012	0.0	2.6	1.30	108.90	42.5	108.9
2013	12.1	14.7	13.41	106.30	42.5	106.3
2014	15.3	11.2	13.25	91.59	30.4	91.6
2015	2.6	9.4	6.03	80.38	15.1	80.4
2016	0.7	3.1	1.90	70.95	12.5	70.9
2017	8.7	44.9	26.79	67.86	11.8	67.9
2018	0.0	15.8	7.89	22.98	3.1	23.0
2019	3.1	6.3	4.70	7.20	3.1	7.2
2020	0.0	0.9	0.45	0.90	0.0	0.9

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.150. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Sapillica)



Fuente: Elaboración propia

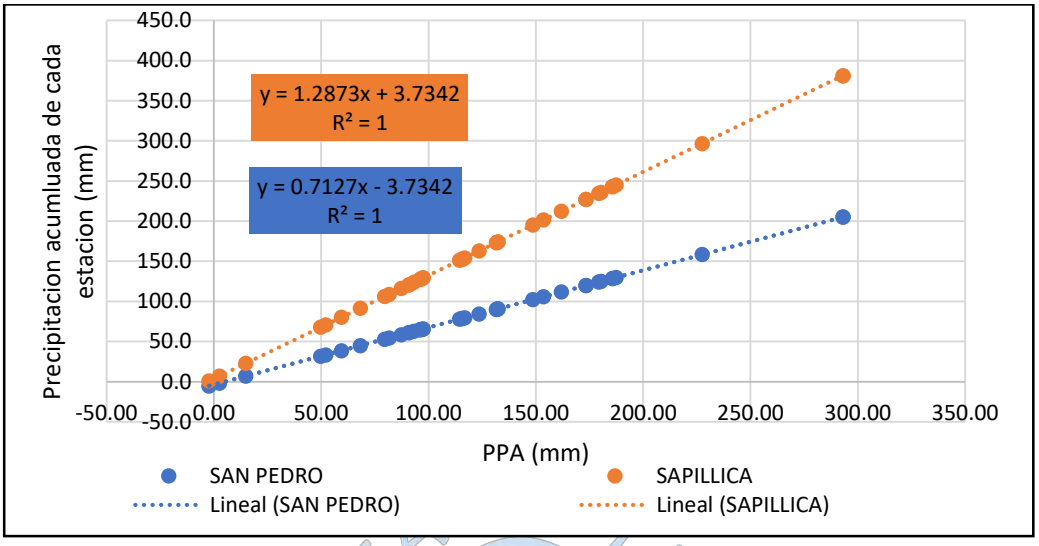
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.151. Análisis de consistencia mes de Octubre – Zona Media – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.0	0.0	0.02	293.18	205.2	381.2
1982	46.7	84.4	65.58	293.17	205.2	381.1
1983	28.5	51.6	40.06	227.59	158.5	296.7
1984	1.2	2.1	1.63	187.53	129.9	245.2
1985	0.0	0.0	0.02	185.90	128.8	243.1
1986	3.8	6.9	5.38	185.89	128.7	243.0
1987	0.7	1.3	1.03	180.51	124.9	236.1
1988	4.3	7.7	5.98	179.49	124.2	234.8
1989	0.0	0.0	0.00	173.50	119.9	227.1
1990	8.2	14.8	11.50	173.50	119.9	227.1
1991	5.9	10.7	8.32	162.01	111.7	212.3
1992	3.5	6.4	4.97	153.69	105.8	201.6
1993	11.6	20.9	16.24	148.72	102.3	195.2
1994	0.0	0.0	0.00	132.47	90.7	174.3
1995	0.5	0.9	0.70	132.47	90.7	174.3
1996	0.1	0.2	0.12	131.77	90.2	173.4
1997	5.7	10.3	8.00	131.66	90.1	173.2
1998	4.8	8.7	6.76	123.66	84.4	162.9
1999	0.8	1.5	1.17	116.90	79.6	154.2
2000	0.0	0.0	0.00	115.73	78.7	152.7
2001	0.8	1.5	1.17	115.73	78.7	152.7
2002	12.1	21.9	17.01	114.56	77.9	151.2
2003	0.0	0.0	0.00	97.55	65.8	129.3
2004	0.7	1.2	0.93	97.55	65.8	129.3
2005	0.1	0.2	0.16	96.62	65.1	128.1
2006	0.3	0.6	0.47	96.45	65.0	127.9
2007	1.9	3.5	2.72	95.99	64.7	127.3
2008	1.7	3.0	2.33	93.27	62.7	123.8
2009	0.0	0.0	0.00	90.94	61.1	120.8
2010	2.5	4.6	3.57	90.94	61.1	120.8
2011	4.0	7.3	5.67	87.36	58.5	116.2
2012	1.4	2.6	2.02	81.69	54.5	108.9
2013	8.1	14.7	11.43	79.67	53.0	106.3
2014	6.2	11.2	8.71	68.25	44.9	91.6
2015	5.2	9.4	7.33	59.54	38.7	80.4
2016	1.7	3.1	2.40	52.21	33.5	70.9
2017	24.8	44.9	34.86	49.81	31.8	67.9
2018	8.7	15.8	12.26	14.95	6.9	23.0
2019	3.5	6.3	4.89	2.69	-1.8	7.2
2020	-5.3	0.9	-2.20	-2.20	-5.3	0.9

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.152. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Octubre – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación San Pedro, por lo que se reemplazaron por 0.

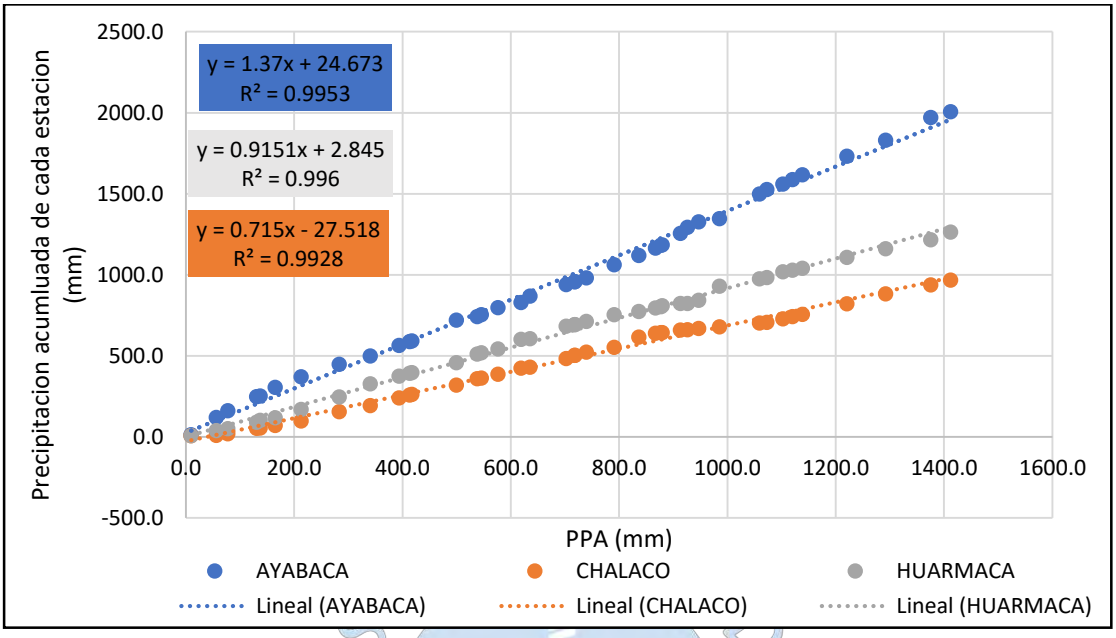
ZONA ALTA:

Apéndice B.153. Análisis de consistencia mes de Octubre – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	34.8	28.0	47.4	36.7	1412.3	2006.1	967.0	1263.9
1982	139.4	55.6	55.0	83.3	1375.6	1971.3	939.0	1216.5
1983	99.5	62.3	53.5	71.8	1292.3	1831.9	883.4	1161.5
1984	114.4	65.2	66.6	82.1	1220.5	1732.4	821.1	1108.0
1985	29.2	13.0	12.1	18.1	1138.4	1617.9	755.9	1041.4
1986	28.9	14.8	9.6	17.8	1120.3	1588.7	742.9	1029.3
1987	32.0	21.4	35.9	29.8	1102.5	1559.8	728.1	1019.7
1988	28.4	4.0	7.7	13.4	1072.8	1527.8	706.7	983.8
1989	152.7	23.9	45.0	73.9	1059.4	1499.4	702.7	976.1
1990	19.1	9.2	87.5	38.6	985.5	1346.7	678.8	931.1
1991	33.4	8.0	20.2	20.5	946.9	1327.6	669.6	843.6
1992	37.0	2.2	0.0	13.1	926.4	1294.2	661.6	823.4
1993	72.1	15.2	14.1	33.8	913.3	1257.2	659.4	823.4
1994	1.1	0.0	6.0	2.4	879.6	1185.2	644.2	809.4
1995	19.1	3.5	7.8	10.1	877.2	1184.1	644.2	803.4
1996	44.6	25.3	21.4	30.4	867.1	1165.0	640.7	795.6
1997	56.8	62.3	18.8	46.0	836.6	1120.4	615.4	774.2
1998	82.6	29.0	41.5	51.0	790.7	1063.6	553.1	755.4
1999	22.9	20.2	20.5	21.2	739.6	981.0	524.1	713.9
2000	0.6	0.0	0.3	0.3	718.4	958.1	503.9	693.4
2001	16.8	20.3	10.0	15.7	718.1	957.5	503.9	693.1
2002	71.1	52.5	77.2	66.9	702.4	940.7	483.6	683.1
2003	39.3	7.4	3.3	16.7	635.5	869.6	431.0	605.9
2004	32.0	37.0	59.2	42.7	618.8	830.3	423.6	602.6
2005	43.2	24.3	24.6	30.7	576.1	798.3	386.6	543.4
2006	13.1	3.4	6.4	7.6	545.4	755.1	362.3	518.8
2007	20.5	38.7	55.1	38.1	537.8	742.0	358.9	512.4
2008	129.0	58.0	59.7	82.2	499.7	721.5	320.2	457.3
2009	3.7	3.0	5.1	3.9	417.4	592.5	262.2	397.6
2010	23.9	17.8	16.8	19.5	413.5	588.8	259.3	392.5
2011	65.2	48.2	47.2	53.5	394.0	564.9	241.4	375.7
2012	51.7	38.3	82.7	57.6	340.5	499.7	193.2	328.5
2013	77.3	57.1	75.8	70.1	282.9	448.0	155.0	245.8
2014	65.3	27.6	51.3	48.0	212.8	370.7	97.9	170.0
2015	51.8	14.5	16.7	27.7	164.8	305.4	70.3	118.7
2016	4.9	1.9	12.1	6.3	137.1	253.6	55.8	102.0
2017	87.4	34.2	38.0	53.2	130.8	248.7	53.9	89.9
2018	41.5	9.9	12.4	21.3	77.6	161.3	19.7	51.9
2019	106.2	2.8	31.5	46.8	56.4	119.8	9.8	39.5
2020	13.6	7.0	8.0	9.5	9.5	13.6	7.0	8.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.154. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Octubre – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un R2 > 0.99, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

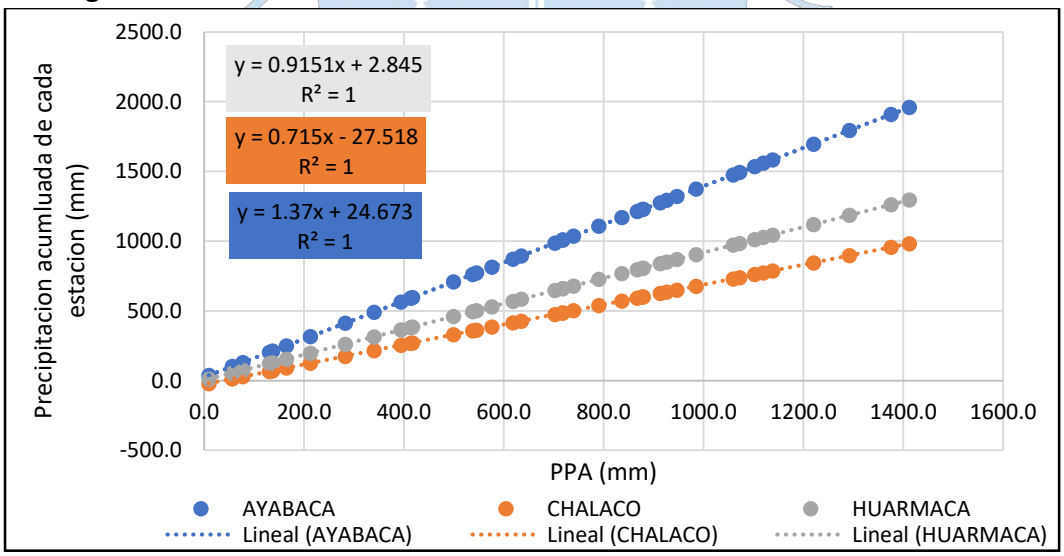
Apéndice B.155. Análisis de consistencia mes de Octubre – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	50.3	26.3	33.6	36.7	1412.3	1959.6	982.3	1295.3
1982	114.2	59.6	76.3	83.3	1375.6	1909.2	956.0	1261.6
1983	98.3	51.3	65.7	71.8	1292.3	1795.1	896.4	1185.4
1984	112.4	58.7	75.1	82.1	1220.5	1696.7	845.1	1119.7
1985	24.8	12.9	16.6	18.1	1138.4	1584.3	786.4	1044.6
1986	24.3	12.7	16.3	17.8	1120.3	1559.5	773.5	1028.0
1987	40.8	21.3	27.2	29.8	1102.5	1535.2	760.8	1011.8
1988	18.3	9.6	12.2	13.4	1072.8	1494.4	739.5	984.5
1989	101.2	52.8	67.6	73.9	1059.4	1476.1	730.0	972.3
1990	52.9	27.6	35.3	38.6	985.5	1374.9	677.1	904.7
1991	28.1	14.7	18.8	20.5	946.9	1322.0	649.5	869.4
1992	17.9	9.3	12.0	13.1	926.4	1293.9	634.9	850.6
1993	46.3	24.1	30.9	33.8	913.3	1276.0	625.5	838.6
1994	3.2	1.7	2.2	2.4	879.6	1229.7	601.4	807.7
1995	13.9	7.2	9.3	10.1	877.2	1226.5	599.7	805.6
1996	41.7	21.8	27.8	30.4	867.1	1212.6	592.4	796.3
1997	63.0	32.9	42.1	46.0	836.6	1170.9	570.7	768.5
1998	69.9	36.5	46.7	51.0	790.7	1107.9	537.8	726.4
1999	29.0	15.2	19.4	21.2	739.6	1038.0	501.3	679.7
2000	0.4	0.2	0.3	0.3	718.4	1008.9	486.2	660.3

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2001	21.5	11.2	14.4	15.7	718.1	1008.5	486.0	660.0
2002	91.7	47.9	61.3	66.9	702.4	987.0	474.7	645.7
2003	22.8	11.9	15.3	16.7	635.5	895.3	426.9	584.4
2004	58.5	30.6	39.1	42.7	618.8	872.5	414.9	569.1
2005	42.1	22.0	28.1	30.7	576.1	813.9	384.4	530.0
2006	10.5	5.5	7.0	7.6	545.4	771.9	362.4	501.9
2007	52.2	27.2	34.9	38.1	537.8	761.4	357.0	495.0
2008	112.7	58.8	75.3	82.2	499.7	709.2	329.7	460.1
2009	5.4	2.8	3.6	3.9	417.4	596.6	270.9	384.8
2010	26.7	14.0	17.9	19.5	413.5	591.2	268.1	381.2
2011	73.3	38.3	49.0	53.5	394.0	564.4	254.2	363.4
2012	78.9	41.2	52.7	57.6	340.5	491.1	215.9	314.4
2013	96.0	50.1	64.1	70.1	282.9	412.3	174.8	261.7
2014	65.8	34.4	44.0	48.0	212.8	316.3	124.7	197.6
2015	37.9	19.8	25.3	27.7	164.8	250.5	90.3	153.7
2016	8.6	4.5	5.8	6.3	137.1	212.6	70.5	128.3
2017	72.9	38.0	48.7	53.2	130.8	203.9	66.0	122.6
2018	29.1	15.2	19.5	21.3	77.6	131.0	28.0	73.9
2019	64.2	33.5	42.9	46.8	56.4	101.9	12.8	54.4
2020	37.7	-20.7	11.6	9.5	9.5	37.7	-20.7	11.6

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.156.Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregido–Octubre–Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Chalaco, por lo que se reemplazaron por 0.

NOVIEMBRE:

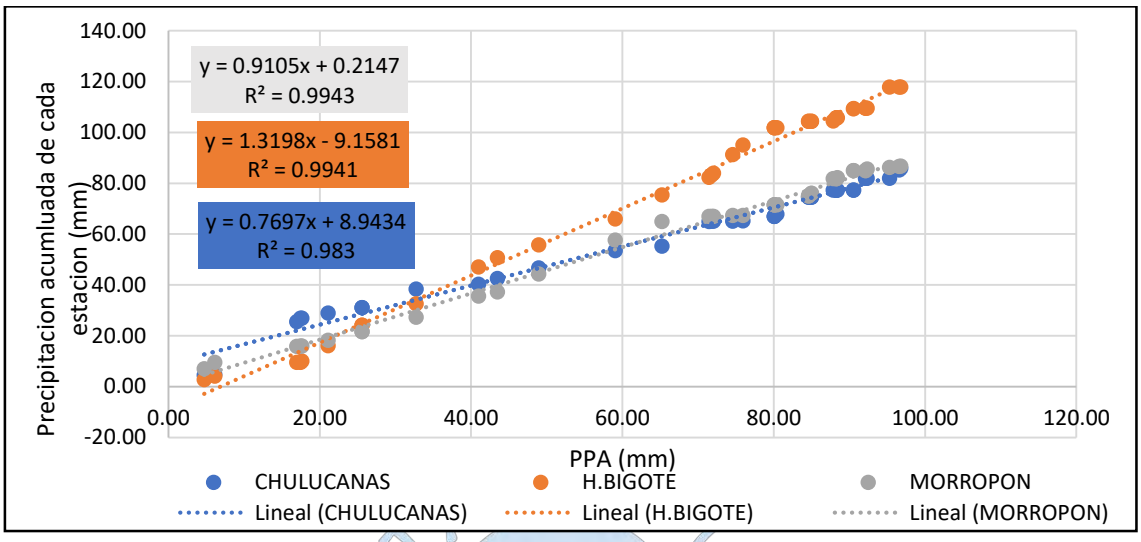
ZONA BAJA

Apéndice B.157. Análisis de consistencia mes de Noviembre – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.6	0.0	0.1	0.23	96.81	85.83	117.90	86.70
1982	3.3	0.0	0.4	1.24	96.58	85.23	117.90	86.60
1983	0.0	8.3	0.6	2.97	95.34	81.93	117.88	86.20
1984	0.0	0.0	0.6	0.20	92.37	81.93	109.57	85.60
1985	0.0	0.0	0.0	0.00	92.17	81.93	109.57	85.00
1986	4.6	0.2	0.0	1.60	92.17	81.93	109.56	85.00
1987	0.0	0.0	0.0	0.00	90.57	77.33	109.36	85.00
1988	0.0	3.6	2.8	2.13	90.56	77.33	109.35	85.00
1989	0.0	0.0	0.4	0.14	88.43	77.33	105.75	82.20
1990	0.0	0.0	0.0	0.01	88.29	77.33	105.74	81.80
1991	0.0	0.1	0.0	0.04	88.29	77.33	105.72	81.80
1992	0.0	1.1	0.0	0.38	88.25	77.33	105.60	81.80
1993	2.8	0.0	5.7	2.86	87.87	77.33	104.47	81.80
1994	0.0	0.0	0.0	0.00	85.01	74.49	104.43	76.10
1995	0.0	0.1	1.1	0.40	85.01	74.49	104.43	76.10
1996	0.0	0.0	0.0	0.00	84.61	74.49	104.34	75.00
1997	6.6	2.5	3.5	4.20	84.61	74.49	104.34	75.00
1998	0.9	0.0	0.0	0.30	80.41	67.89	101.84	71.50
1999	0.0	0.0	0.0	0.00	80.11	66.99	101.84	71.50
2000	0.0	0.0	0.0	0.00	80.11	66.99	101.84	71.50
2001	1.7	6.7	4.1	4.18	80.11	66.99	101.84	71.50
2002	0.1	3.8	0.0	1.32	75.93	65.27	95.11	67.40
2003	0.0	7.3	0.4	2.57	74.60	65.13	91.28	67.40
2004	0.0	0.6	0.0	0.21	72.03	65.12	83.98	67.00
2005	0.1	1.0	0.0	0.38	71.82	65.12	83.34	67.00
2006	9.7	6.9	2.0	6.21	71.44	65.01	82.31	67.00
2007	1.8	9.4	7.3	6.18	65.23	55.30	75.39	65.00
2008	6.8	10.1	13.4	10.11	59.05	53.50	65.96	57.70
2009	4.1	5.1	7.1	5.44	48.94	46.70	55.82	44.30
2010	2.3	3.6	1.6	2.51	43.50	42.60	50.70	37.20
2011	1.9	14.5	8.3	8.25	40.99	40.30	47.07	35.60
2012	7.3	8.4	5.7	7.14	32.74	38.40	32.53	27.30
2013	0.0	0.0	0.0	0.00	25.60	31.10	24.10	21.60
2014	2.1	7.97	3.4	4.50	25.60	31.10	24.10	21.60
2015	2.1	6.14	2.2	3.46	21.10	28.96	16.13	18.20
2016	0.0	0.49	0.0	0.17	17.63	26.91	9.99	16.00
2017	1.30	0.0	0.20	0.50	17.47	26.90	9.50	16.00
2018	20.90	5.4	6.20	10.83	16.97	25.60	9.50	15.80
2019	0.20	1.4	2.60	1.40	6.13	4.70	4.10	9.60
2020	4.50	2.7	7.00	4.73	4.73	4.50	2.70	7.00

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.158. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Noviembre – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como se presentaron valores R2 > 0.99 por parte de las estaciones Chulucanas y Hacienda Bigote, se realizará un nuevo análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) el promedio de la estación antes mencionada.

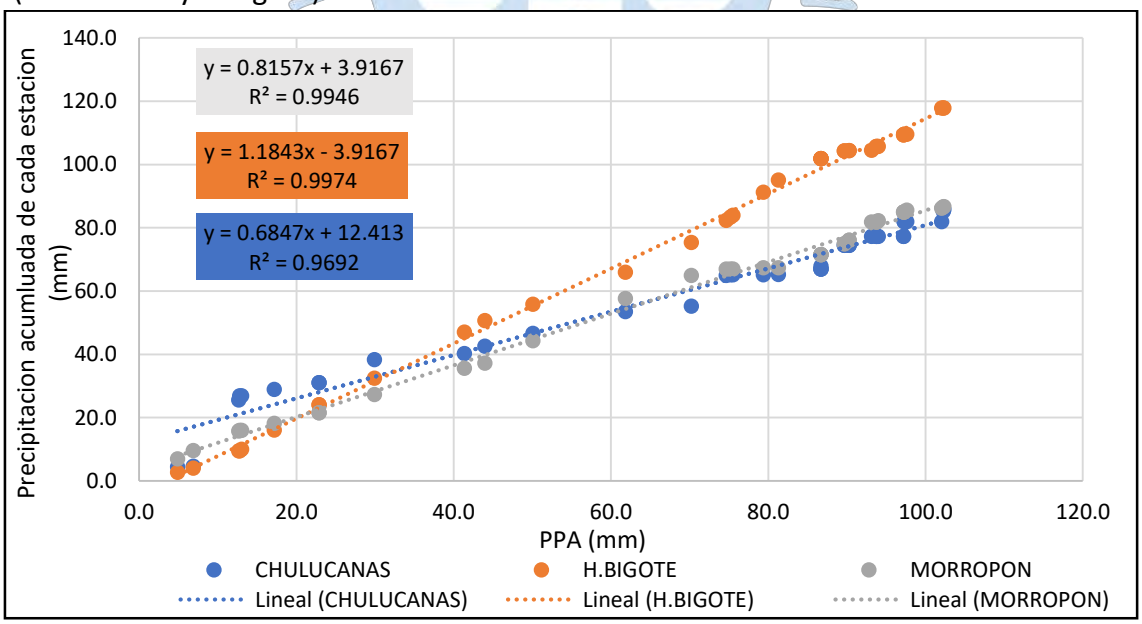
Apéndice B.159.Análisis de consistencia mes de Noviembre (PPA es el promedio de Chulucanas y H.Bigote)–Zona baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.6	0.0	0.1	0.2	102.3	85.8	117.9	86.7
1982	3.3	0.0	0.4	1.2	102.3	85.2	117.9	86.6
1983	0.0	8.3	0.6	3.0	102.0	81.9	117.9	86.2
1984	0.0	0.0	0.6	0.2	97.6	81.9	109.6	85.6
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	97.3	81.9	109.6	85.0
1986	4.6	0.2	0.0	1.6	97.3	81.9	109.6	85.0
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	97.2	77.3	109.4	85.0
1988	0.0	3.6	2.8	2.1	97.2	77.3	109.4	85.0
1989	0.0	0.0	0.4	0.1	94.0	77.3	105.8	82.2
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	93.8	77.3	105.7	81.8
1991	0.0	0.1	0.0	0.0	93.8	77.3	105.7	81.8
1992	0.0	1.1	0.0	0.4	93.7	77.3	105.6	81.8
1993	2.8	0.0	5.7	2.9	93.1	77.3	104.5	81.8
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	90.3	74.5	104.4	76.1
1995	0.0	0.1	1.1	0.4	90.3	74.5	104.4	76.1
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	89.7	74.5	104.3	75.0
1997	6.6	2.5	3.5	4.2	89.7	74.5	104.3	75.0
1998	0.9	0.0	0.0	0.3	86.7	67.9	101.8	71.5
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	86.7	67.0	101.8	71.5
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	86.7	67.0	101.8	71.5

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
2001	1.7	6.7	4.1	4.2	86.7	67.0	101.8	71.5
2002	0.1	3.8	0.0	1.3	81.3	65.3	95.1	67.4
2003	0.0	7.3	0.4	2.6	79.3	65.1	91.3	67.4
2004	0.0	0.6	0.0	0.2	75.5	65.1	84.0	67.0
2005	0.1	1.0	0.0	0.4	75.2	65.1	83.3	67.0
2006	9.7	6.9	2.0	6.2	74.7	65.0	82.3	67.0
2007	1.8	9.4	7.3	6.2	70.2	55.3	75.4	65.0
2008	6.8	10.1	13.4	10.1	61.8	53.5	66.0	57.7
2009	4.1	5.1	7.1	5.4	50.1	46.7	55.8	44.3
2010	2.3	3.6	1.6	2.5	44.0	42.6	50.7	37.2
2011	1.9	14.5	8.3	8.2	41.3	40.3	47.1	35.6
2012	7.3	8.4	5.7	7.1	29.9	38.4	32.5	27.3
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	22.9	31.1	24.1	21.6
2014	2.1	8.0	3.4	4.5	22.9	31.1	24.1	21.6
2015	2.1	6.1	2.2	3.5	17.2	29.0	16.1	18.2
2016	0.0	0.5	0.0	0.2	13.0	26.9	10.0	16.0
2017	1.3	0.0	0.2	0.5	12.8	26.9	9.5	16.0
2018	20.9	5.4	6.2	10.8	12.7	25.6	9.5	15.8
2019	0.2	1.4	2.6	1.4	6.9	4.7	4.1	9.6
2020	4.5	2.7	7.0	4.7	4.9	4.5	2.7	7.0

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.160. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Chulucanas y H.Bigote)



Fuente: Elaboración propia

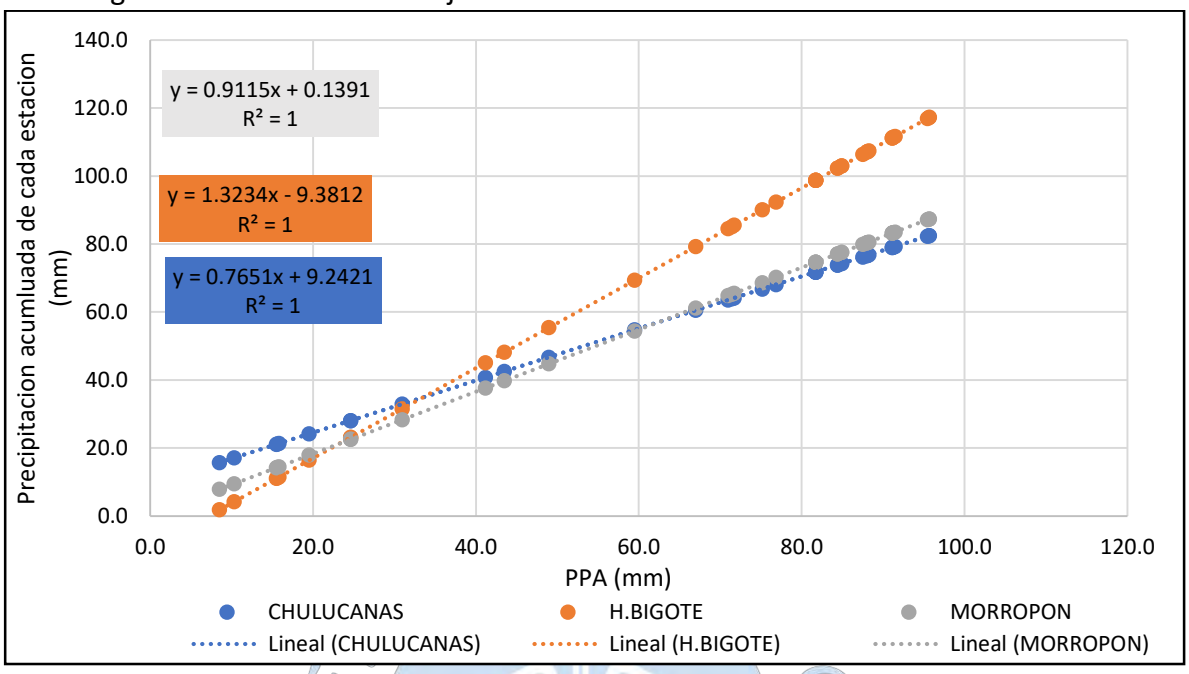
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.161. Análisis de consistencia mes de Noviembre – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	0.0	0.1	0.0	0.0	95.7	82.5	117.3	87.4
1982	0.1	0.2	0.2	0.2	95.7	82.4	117.2	87.3
1983	3.1	5.3	3.6	4.0	95.5	82.3	117.0	87.2
1984	0.2	0.4	0.2	0.3	91.5	79.2	111.7	83.5
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	91.2	79.0	111.3	83.3
1986	0.1	0.1	0.1	0.1	91.2	79.0	111.3	83.3
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	91.1	79.0	111.2	83.2
1988	2.2	3.8	2.6	2.9	91.1	79.0	111.2	83.2
1989	0.1	0.2	0.2	0.2	88.2	76.8	107.4	80.6
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	88.1	76.6	107.2	80.4
1991	0.0	0.1	0.0	0.1	88.1	76.6	107.1	80.4
1992	0.4	0.7	0.5	0.5	88.0	76.6	107.1	80.4
1993	2.0	3.4	2.3	2.6	87.5	76.2	106.4	79.9
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	84.9	74.2	103.0	77.5
1995	0.4	0.7	0.5	0.5	84.9	74.2	103.0	77.5
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	84.4	73.8	102.3	77.1
1997	2.1	3.6	2.4	2.7	84.4	73.8	102.3	77.1
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	81.7	71.8	98.8	74.6
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	81.7	71.8	98.8	74.6
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	81.7	71.8	98.8	74.6
2001	3.7	6.4	4.4	4.8	81.7	71.8	98.8	74.6
2002	1.3	2.3	1.6	1.7	76.9	68.1	92.3	70.2
2003	2.6	4.6	3.1	3.4	75.1	66.7	90.1	68.6
2004	0.2	0.4	0.3	0.3	71.7	64.1	85.5	65.5
2005	0.4	0.6	0.4	0.5	71.4	63.9	85.1	65.2
2006	3.1	5.3	3.6	4.0	71.0	63.5	84.5	64.8
2007	5.7	9.9	6.8	7.5	67.0	60.5	79.2	61.2
2008	8.1	13.9	9.6	10.5	59.5	54.8	69.3	54.4
2009	4.2	7.2	5.0	5.5	48.9	46.7	55.4	44.8
2010	1.8	3.1	2.1	2.3	43.5	42.5	48.2	39.8
2011	7.8	13.5	9.3	10.2	41.1	40.7	45.1	37.6
2012	4.8	8.4	5.8	6.3	30.9	32.9	31.5	28.3
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	24.6	28.1	23.2	22.6
2014	3.9	6.7	4.6	5.1	24.6	28.1	23.2	22.6
2015	2.9	4.9	3.4	3.7	19.5	24.2	16.4	17.9
2016	0.2	0.3	0.2	0.2	15.8	21.3	11.5	14.5
2017	0.1	0.1	0.1	0.1	15.6	21.1	11.2	14.3
2018	4.0	6.9	4.7	5.2	15.5	21.1	11.1	14.2
2019	1.4	2.4	1.6	1.8	10.3	17.1	4.2	9.5
2020	15.7	1.8	7.9	8.5	8.5	15.7	1.8	7.9

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.162. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA– Corregido–Noviembre–Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

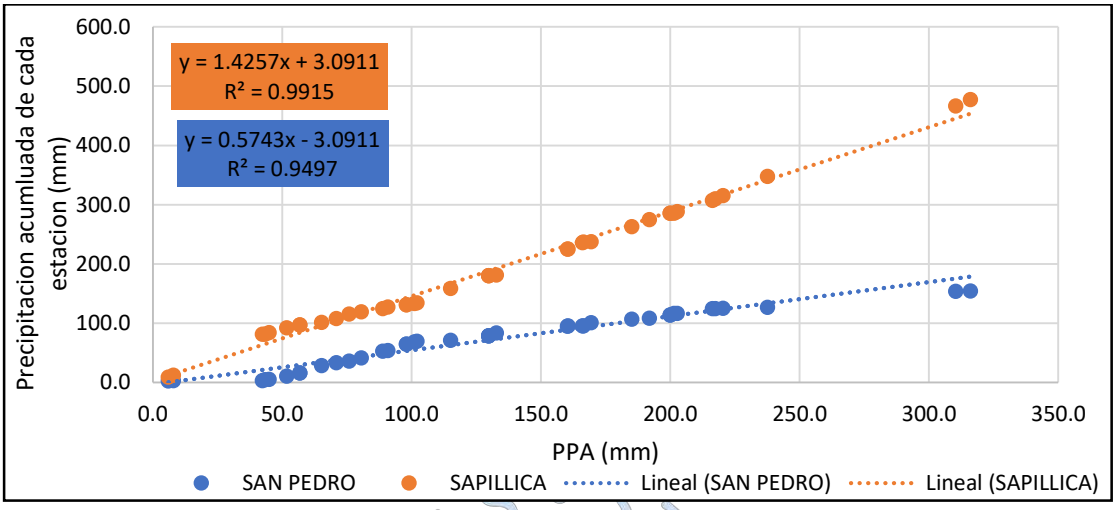
ZONA MEDIA:

Apéndice B.163. Análisis de consistencia mes de Noviembre – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.7	10.7	5.7	316.0	154.6	477.3
1982	26.9	118.6	72.7	310.3	153.9	466.6
1983	1.5	32.7	17.1	237.6	127.0	348.1
1984	0.5	5.4	3.0	220.4	125.5	315.3
1985	0.0	2.4	1.2	217.5	125.0	309.9
1986	8.1	19.0	13.6	216.3	125.0	307.5
1987	0.0	2.4	1.2	202.7	116.9	288.5
1988	3.1	0.0	1.6	201.5	116.9	286.1
1989	0.0	0.0	0.0	199.9	113.8	286.0
1990	5.0	11.0	8.0	199.9	113.8	286.0
1991	1.6	12.0	6.8	191.9	108.8	275.0
1992	6.3	25.2	15.7	185.1	107.2	263.0
1993	5.0	0.9	3.0	169.4	101.0	237.8
1994	0.0	0.7	0.4	166.4	95.9	236.9
1995	0.3	10.7	5.5	166.1	95.9	236.2
1996	0.6	0.0	0.3	160.6	95.6	225.5
1997	11.1	43.9	27.5	160.3	95.0	225.5
1998	5.0	0.9	3.0	132.8	83.9	181.6
1999	0.0	0.0	0.0	129.8	78.9	180.7
2000	0.0	0.0	0.0	129.8	78.9	180.7
2001	7.7	21.7	14.7	129.8	78.9	180.7
2002	1.3	24.6	13.0	115.1	71.2	159.0
2003	1.0	1.0	1.0	102.2	69.9	134.4
2004	4.2	2.1	3.2	101.2	68.9	133.4
2005	0.0	0.0	0.0	98.0	64.7	131.3
2006	10.5	3.8	7.2	98.0	64.7	131.3
2007	1.2	2.7	2.0	90.9	54.2	127.5
2008	11.5	5.2	8.4	88.9	53.0	124.8
2009	5.4	4.0	4.7	80.6	41.5	119.6
2010	2.3	7.5	4.9	75.9	36.1	115.6
2011	4.8	6.6	5.7	71.0	33.8	108.1
2012	12.7	4.2	8.5	65.3	29.0	101.5
2013	0.0	0.0	0.0	56.8	16.3	97.3
2014	5.5	4.7	5.1	56.8	16.3	97.3
2015	5.2	8.4	6.8	51.7	10.8	92.6
2016	0.4	2.7	1.5	44.9	5.6	84.2
2017	1.9	0.0	1.0	43.3	5.2	81.5
2018	0.0	68.9	34.4	42.4	3.3	81.5
2019	0.7	3.2	2.0	8.0	3.3	12.6
2020	2.6	9.4	6.0	6.0	2.6	9.4

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.164. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA– Noviembre–Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como se presentaron valores R2 > 0.99 por parte de la estación Sapillica, se realizará un nuevo análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) el de la estación antes mencionada.

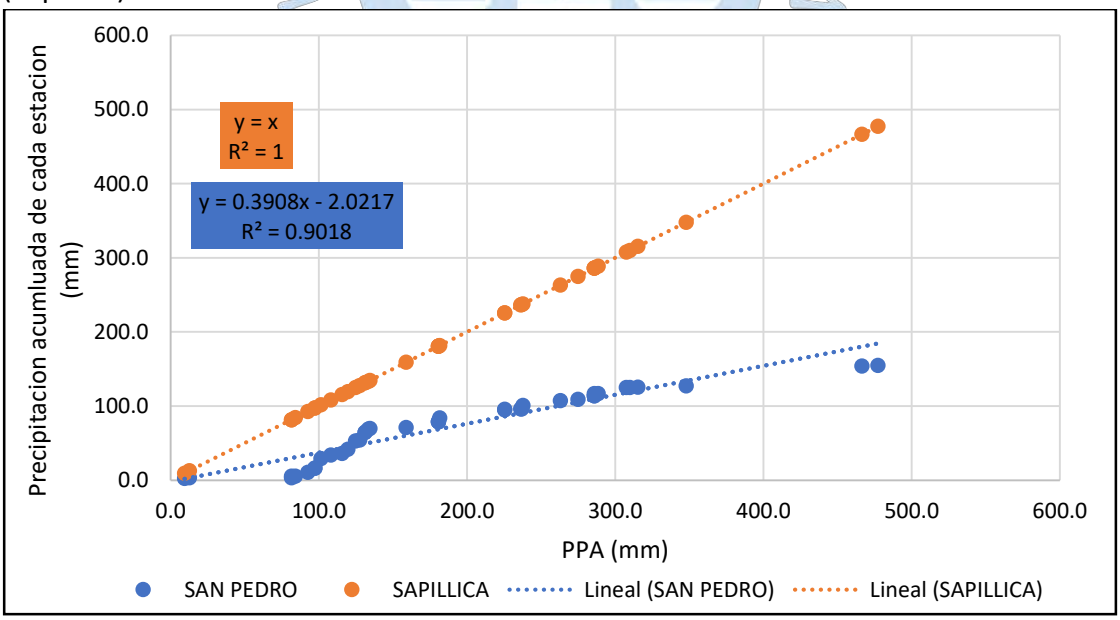
Apéndice B.165. Análisis de consistencia mes de Noviembre (PPA es Sapillica) – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	0.7	10.7	5.7	477.3	154.6	477.3
1982	26.9	118.6	72.7	466.6	153.9	466.6
1983	1.5	32.7	17.1	348.1	127.0	348.1
1984	0.5	5.4	3.0	315.3	125.5	315.3
1985	0.0	2.4	1.2	309.9	125.0	309.9
1986	8.1	19.0	13.6	307.5	125.0	307.5
1987	0.0	2.4	1.2	288.5	116.9	288.5
1988	3.1	0.0	1.6	286.1	116.9	286.1
1989	0.0	0.0	0.0	286.0	113.8	286.0
1990	5.0	11.0	8.0	286.0	113.8	286.0
1991	1.6	12.0	6.8	275.0	108.8	275.0
1992	6.3	25.2	15.7	263.0	107.2	263.0
1993	5.0	0.9	3.0	237.8	101.0	237.8
1994	0.0	0.7	0.4	236.9	95.9	236.9
1995	0.3	10.7	5.5	236.2	95.9	236.2
1996	0.6	0.0	0.3	225.5	95.6	225.5
1997	11.1	43.9	27.5	225.5	95.0	225.5
1998	5.0	0.9	3.0	181.6	83.9	181.6
1999	0.0	0.0	0.0	180.7	78.9	180.7
2000	0.0	0.0	0.0	180.7	78.9	180.7

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
2001	7.7	21.7	14.7	180.7	78.9	180.7
2002	1.3	24.6	13.0	159.0	71.2	159.0
2003	1.0	1.0	1.0	134.4	69.9	134.4
2004	4.2	2.1	3.2	133.4	68.9	133.4
2005	0.0	0.0	0.0	131.3	64.7	131.3
2006	10.5	3.8	7.2	131.3	64.7	131.3
2007	1.2	2.7	2.0	127.5	54.2	127.5
2008	11.5	5.2	8.4	124.8	53.0	124.8
2009	5.4	4.0	4.7	119.6	41.5	119.6
2010	2.3	7.5	4.9	115.6	36.1	115.6
2011	4.8	6.6	5.7	108.1	33.8	108.1
2012	12.7	4.2	8.5	101.5	29.0	101.5
2013	0.0	0.0	0.0	97.3	16.3	97.3
2014	5.5	4.7	5.1	97.3	16.3	97.3
2015	5.2	8.4	6.8	92.6	10.8	92.6
2016	0.4	2.7	1.5	84.2	5.6	84.2
2017	1.9	0.0	1.0	81.5	5.2	81.5
2018	0.0	68.9	34.4	81.5	3.3	81.5
2019	0.7	3.2	2.0	12.6	3.3	12.6
2020	2.6	9.4	6.0	9.4	2.6	9.4

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.166. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Sapillica)



Fuente: Elaboración propia

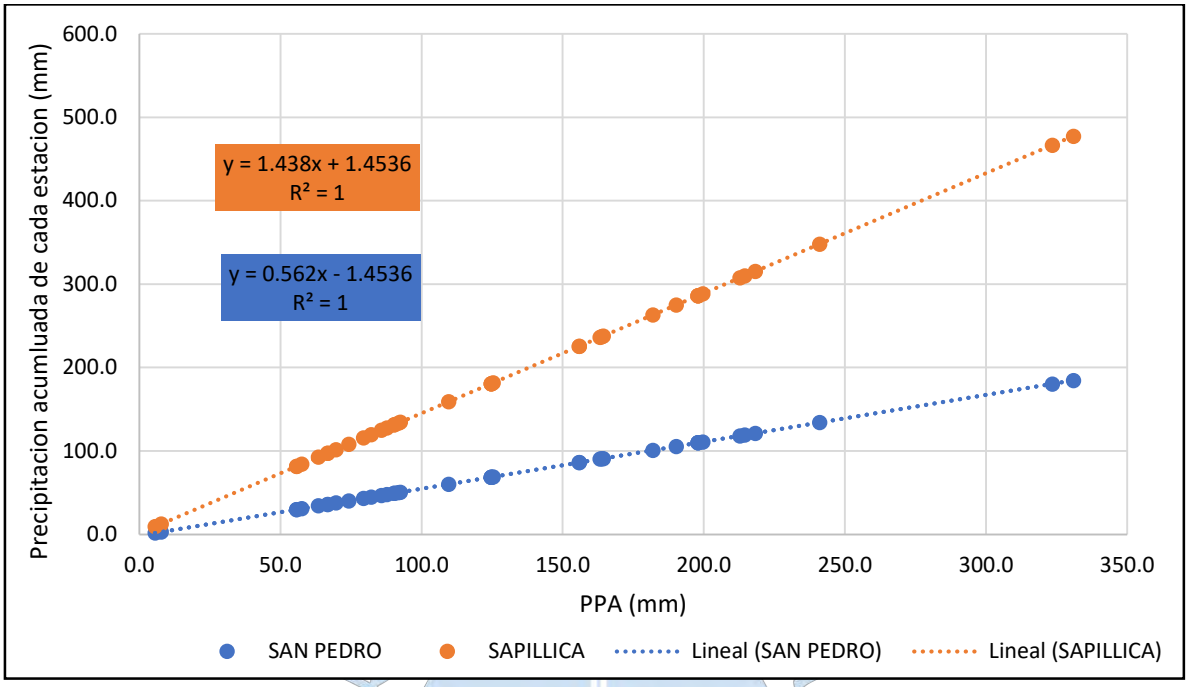
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.167. Análisis de consistencia mes de Noviembre – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	4.2	10.7	7.4	330.9	184.5	477.3
1982	46.3	118.6	82.5	323.5	180.3	466.6
1983	12.8	32.7	22.8	241.0	134.0	348.1
1984	2.1	5.4	3.8	218.3	121.2	315.3
1985	0.9	2.4	1.7	214.5	119.1	309.9
1986	7.4	19.0	13.2	212.8	118.1	307.5
1987	0.9	2.4	1.7	199.6	110.7	288.5
1988	0.0	0.0	0.0	197.9	109.8	286.1
1989	0.0	0.0	0.0	197.9	109.8	286.0
1990	4.3	11.0	7.6	197.9	109.8	286.0
1991	4.7	12.0	8.3	190.3	105.5	275.0
1992	9.8	25.2	17.5	181.9	100.8	263.0
1993	0.4	0.9	0.6	164.4	90.9	237.8
1994	0.3	0.7	0.5	163.8	90.6	236.9
1995	4.2	10.7	7.4	163.3	90.3	236.2
1996	0.0	0.0	0.0	155.8	86.1	225.5
1997	17.2	43.9	30.5	155.8	86.1	225.5
1998	0.4	0.9	0.6	125.3	69.0	181.6
1999	0.0	0.0	0.0	124.7	68.6	180.7
2000	0.0	0.0	0.0	124.7	68.6	180.7
2001	8.5	21.7	15.1	124.7	68.6	180.7
2002	9.6	24.6	17.1	109.6	60.1	159.0
2003	0.4	1.0	0.7	92.5	50.5	134.4
2004	0.8	2.1	1.5	91.8	50.1	133.4
2005	0.0	0.0	0.0	90.3	49.3	131.3
2006	1.5	3.8	2.6	90.3	49.3	131.3
2007	1.1	2.7	1.9	87.7	47.8	127.5
2008	2.0	5.2	3.6	85.8	46.8	124.8
2009	1.6	4.0	2.8	82.2	44.7	119.6
2010	2.9	7.5	5.2	79.4	43.2	115.6
2011	2.6	6.6	4.6	74.2	40.2	108.1
2012	1.6	4.2	2.9	69.6	37.7	101.5
2013	0.0	0.0	0.0	66.7	36.0	97.3
2014	1.8	4.7	3.3	66.7	36.0	97.3
2015	3.3	8.4	5.8	63.4	34.2	92.6
2016	1.1	2.7	1.9	57.6	30.9	84.2
2017	0.0	0.0	0.0	55.7	29.8	81.5
2018	26.9	68.9	47.9	55.7	29.8	81.5
2019	1.3	3.2	2.2	7.8	2.9	12.6
2020	1.7	9.4	5.5	5.5	1.7	9.4

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.168. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido–Noviembre–Zona Media



Fuente: Elaboración propia

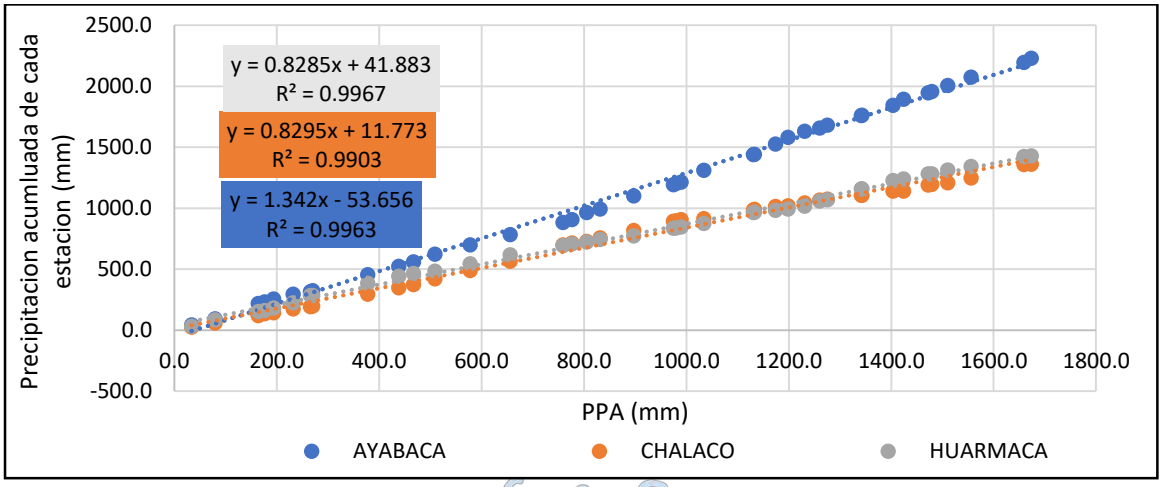
ZONA ALTA:

Apéndice B.169. Análisis de consistencia mes de Noviembre – Zona Alta

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	35.3	3.0	6.5	14.9	1673.8	2230.9	1360.7	1429.8
1982	119.8	108.6	81.2	103.2	1658.8	2195.6	1357.7	1423.3
1983	68.6	39.3	29.0	45.6	1555.6	2075.8	1249.1	1342.1
1984	50.5	13.1	30.0	31.2	1510.0	2007.2	1209.8	1313.1
1985	11.3	7.1	1.7	6.7	1478.8	1956.7	1196.7	1283.1
1986	52.2	48.9	42.3	47.8	1472.1	1945.4	1189.6	1281.4
1987	49.0	0.0	12.9	20.6	1424.3	1893.2	1140.7	1239.1
1988	81.8	35.3	66.0	61.0	1403.7	1844.2	1140.7	1226.2
1989	1.5	0.0	1.1	0.9	1342.6	1762.4	1105.4	1160.2
1990	78.4	31.7	90.2	66.8	1341.8	1760.9	1105.4	1159.1
1991	26.0	7.9	10.6	14.8	1275.0	1682.5	1073.7	1068.9
1992	24.3	21.2	41.9	29.1	1260.2	1656.5	1065.8	1058.3
1993	51.0	24.1	23.8	32.9	1231.0	1632.2	1044.6	1016.4
1994	55.3	6.9	9.9	24.0	1198.1	1581.2	1020.5	992.6
1995	83.6	23.8	15.7	41.0	1174.1	1525.9	1013.6	982.7
1996	1.7	3.2	2.5	2.5	1133.0	1442.3	989.8	967.0
1997	130.0	71.5	88.6	96.7	1130.6	1440.6	986.6	964.5
1998	95.7	8.0	30.0	44.6	1033.9	1310.6	915.1	875.9
1999	10.2	9.7	8.0	9.3	989.3	1214.9	907.1	845.9
2000	12.1	3.1	1.3	5.5	980.0	1204.7	897.4	837.8
2001	91.6	75.9	64.5	77.3	974.5	1192.6	894.3	836.5
2002	107.2	60.6	28.5	65.4	897.2	1101.0	818.4	772.0
2003	29.6	29.3	20.8	26.6	831.7	993.8	757.8	743.5
2004	57.4	13.3	14.9	28.5	805.2	964.2	728.5	722.7
2005	24.6	15.3	12.7	17.5	776.6	906.8	715.2	707.8
2006	98.1	135.4	76.0	103.2	759.1	882.2	699.9	695.1
2007	84.6	74.8	75.6	78.3	655.9	784.1	564.5	619.1
2008	75.7	69.6	60.4	68.6	577.6	699.5	489.7	543.5
2009	62.2	46.0	18.4	42.2	509.0	623.8	420.1	483.1
2010	37.1	27.5	21.1	28.6	466.8	561.6	374.1	464.7
2011	70.0	51.7	59.4	60.4	438.2	524.5	346.6	443.6
2012	129.8	95.7	98.7	108.1	377.9	454.5	294.9	384.2
2013	7.1	5.5	0.5	4.4	269.8	324.7	199.2	285.5
2014	22.2	18.7	59.8	33.6	265.5	317.6	193.7	285.0
2015	40.4	30.5	43.6	38.2	231.9	295.4	175.0	225.2
2016	22.1	8.0	21.1	17.1	193.7	255.0	144.4	181.6
2017	14.4	18.1	6.5	13.0	176.6	232.9	136.4	160.5
2018	125.3	58.8	67.8	84.0	163.6	218.5	118.3	154.0
2019	50.9	34.2	52.6	45.9	79.6	93.2	59.5	86.2
2020	42.3	25.3	33.6	33.7	33.7	42.3	25.3	33.6

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.170. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Noviembre – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

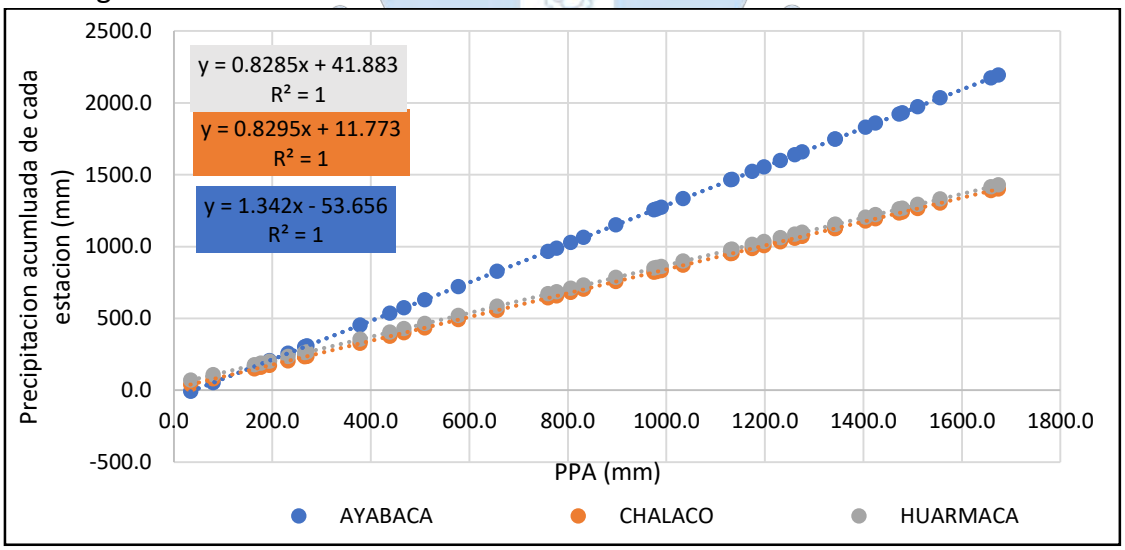
Apéndice B.171. Análisis de consistencia mes de Noviembre–Zona baja–Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	20.0	12.4	12.4	14.9	1673.8	2192.6	1400.2	1428.6
1982	138.5	85.6	85.5	103.2	1658.8	2172.5	1387.8	1416.2
1983	61.2	37.9	37.8	45.6	1555.6	2034.0	1302.2	1330.7
1984	41.9	25.9	25.8	31.2	1510.0	1972.8	1264.3	1292.9
1985	9.0	5.6	5.6	6.7	1478.8	1930.9	1238.4	1267.1
1986	64.1	39.7	39.6	47.8	1472.1	1921.9	1232.9	1261.5
1987	27.7	17.1	17.1	20.6	1424.3	1857.8	1193.2	1221.9
1988	81.9	50.6	50.6	61.0	1403.7	1830.1	1176.1	1204.8
1989	1.2	0.7	0.7	0.9	1342.6	1748.2	1125.5	1154.3
1990	89.6	55.4	55.3	66.8	1341.8	1747.0	1124.8	1153.5
1991	19.9	12.3	12.3	14.8	1275.0	1657.4	1069.4	1098.2
1992	39.1	24.2	24.1	29.1	1260.2	1637.5	1057.1	1085.9
1993	44.2	27.3	27.3	32.9	1231.0	1598.4	1032.9	1061.8
1994	32.3	19.9	19.9	24.0	1198.1	1554.2	1005.6	1034.5
1995	55.1	34.0	34.0	41.0	1174.1	1521.9	985.7	1014.6
1996	3.3	2.0	2.0	2.5	1133.0	1466.9	951.6	980.6
1997	129.8	80.2	80.1	96.7	1130.6	1463.6	949.6	978.6
1998	59.8	37.0	36.9	44.6	1033.9	1333.8	869.4	898.4
1999	12.5	7.7	7.7	9.3	989.3	1274.0	832.4	861.5
2000	7.4	4.6	4.6	5.5	980.0	1261.5	824.7	853.8

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2001	103.8	64.1	64.1	77.3	974.5	1254.1	820.1	849.2
2002	87.8	54.3	54.2	65.4	897.2	1150.3	756.0	785.2
2003	35.7	22.0	22.0	26.6	831.7	1062.5	701.7	731.0
2004	38.3	23.7	23.6	28.5	805.2	1026.9	679.6	709.0
2005	23.5	14.5	14.5	17.5	776.6	988.6	656.0	685.3
2006	138.4	85.6	85.5	103.2	759.1	965.0	641.4	670.8
2007	105.1	65.0	64.9	78.3	655.9	826.6	555.9	585.3
2008	92.0	56.9	56.8	68.6	577.6	721.5	490.9	520.4
2009	56.6	35.0	35.0	42.2	509.0	629.5	434.0	463.6
2010	38.4	23.7	23.7	28.6	466.8	572.8	399.0	428.6
2011	81.0	50.1	50.0	60.4	438.2	534.5	375.3	405.0
2012	145.0	89.6	89.5	108.1	377.9	453.5	325.2	355.0
2013	5.9	3.6	3.6	4.4	269.8	308.4	235.6	265.4
2014	45.1	27.9	27.8	33.6	265.5	302.6	232.0	261.8
2015	51.3	31.7	31.6	38.2	231.9	257.5	204.1	234.0
2016	22.9	14.2	14.1	17.1	193.7	206.3	172.4	202.3
2017	17.4	10.8	10.8	13.0	176.6	183.3	158.3	188.2
2018	112.7	69.7	69.6	84.0	163.6	165.9	147.5	177.4
2019	61.6	38.1	38.0	45.9	79.6	53.2	77.8	107.9
2020	-8.4	39.8	69.8	33.7	33.7	-8.4	39.8	69.8

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.172.Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregido–Noviembre–Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación Ayabaca, por lo que se reemplazaron por 0.

DICIEMBRE

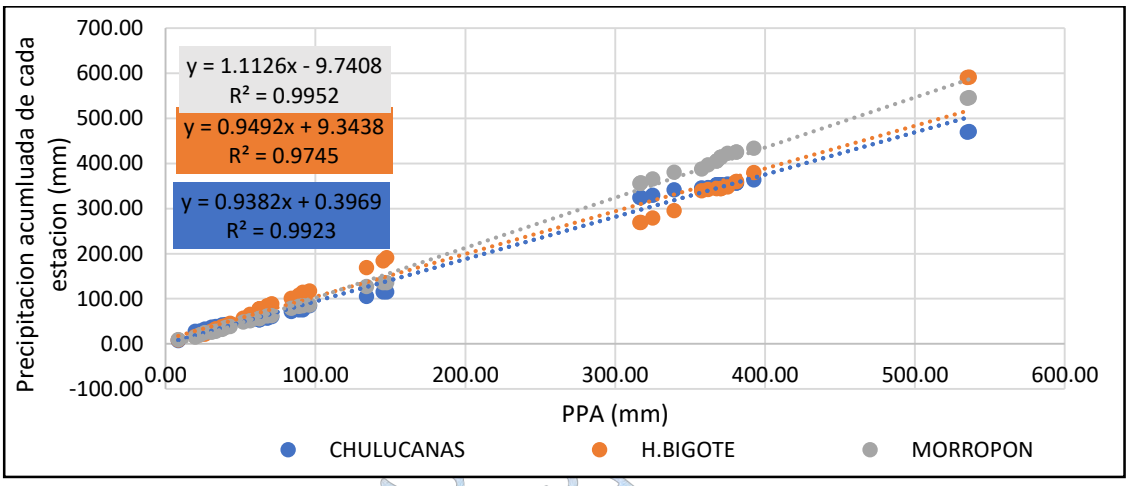
ZONA BAJA

Apéndice B.173. Análisis de consistencia mes de Diciembre – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	1.5	1.1	1.6	1.39	536.35	471.19	591.75	546.10
1982	105.9	210.9	110.2	142.34	534.95	469.68	590.68	544.50
1983	6.9	19.4	8.9	11.72	392.61	363.78	379.76	434.30
1984	0.3	0.0	0.0	0.10	380.89	356.88	360.40	425.40
1985	2.4	12.3	2.5	5.72	380.79	356.58	360.40	425.40
1986	1.4	3.5	8.7	4.55	375.08	354.18	348.15	422.90
1987	0.0	0.0	0.0	0.00	370.53	352.78	344.61	414.20
1988	0.0	0.0	0.6	0.20	370.53	352.78	344.60	414.20
1989	0.0	0.0	7.8	2.62	370.32	352.78	344.59	413.60
1990	0.0	0.0	0.0	0.01	367.71	352.78	344.59	405.75
1991	5.8	2.4	8.8	5.66	367.70	352.78	344.57	405.75
1992	1.2	2.5	9.0	4.22	362.04	346.95	342.21	396.95
1993	4.2	44.2	7.1	18.49	357.82	345.70	339.75	387.99
1994	11.8	16.3	15.0	14.37	339.32	341.51	295.57	380.89
1995	5.3	9.9	8.2	7.77	324.96	329.71	279.27	365.89
1996	0.0	0.0	1.8	0.60	317.19	324.46	269.42	357.69
1997	209.0	78.5	219.9	169.15	316.59	324.46	269.42	355.89
1998	0.0	7.0	0.0	2.33	147.44	115.42	190.92	135.99
1999	10.0	14.5	8.5	11.00	145.11	115.42	183.92	135.99
2000	20.7	52.0	41.2	37.97	134.11	105.41	169.42	127.49
2001	9.2	2.5	1.7	4.48	96.14	84.71	117.42	86.29
2002	0.3	6.7	1.0	2.68	91.66	75.50	114.89	84.59
2003	3.4	7.4	4.5	5.11	88.98	75.18	108.18	83.59
2004	11.1	11.5	16.3	12.97	83.88	71.77	100.77	79.09
2005	3.9	4.4	0.8	3.02	70.91	60.67	89.27	62.79
2006	2.9	7.1	5.6	5.20	67.89	56.77	84.92	61.99
2007	0.7	0.0	0.0	0.24	62.69	53.86	77.82	56.39
2008	0.0	0.0	0.0	0.00	62.45	53.16	77.79	56.39
2009	1.4	11.9	5.0	6.11	62.44	53.16	77.78	56.39
2010	1.3	8.9	3.1	4.44	56.33	51.76	65.84	51.39
2011	6.2	10.9	9.4	8.85	51.89	50.46	56.93	48.29
2012	1.1	5.5	2.4	3.02	43.05	44.25	46.00	38.89
2013	1.2	1.8	4.0	2.34	40.03	43.14	40.46	36.49
2014	3.7	4.9	4.3	4.29	37.69	41.93	38.66	32.49
2015	0.8	4.9	2.3	2.68	33.41	38.26	33.79	28.17
2016	4.8	7.6	1.1	4.49	30.73	37.43	28.86	25.89
2017	3.70	1.20	4.70	3.20	26.23	32.60	21.30	24.80
2018	1.30	3.60	4.80	3.23	23.03	28.90	20.10	20.10
2019	20.00	7.80	6.10	11.30	19.80	27.60	16.50	15.30
2020	7.60	8.70	9.20	8.50	8.50	7.60	8.70	9.20

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.174. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Diciembre – Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

Como se presentaron valores R2 > 0.99 por parte de las estaciones Chulucanas y Morropón, se realizará un nuevo análisis tomando como patrón de precipitaciones (PPA) el promedio de la estación antes mencionada.

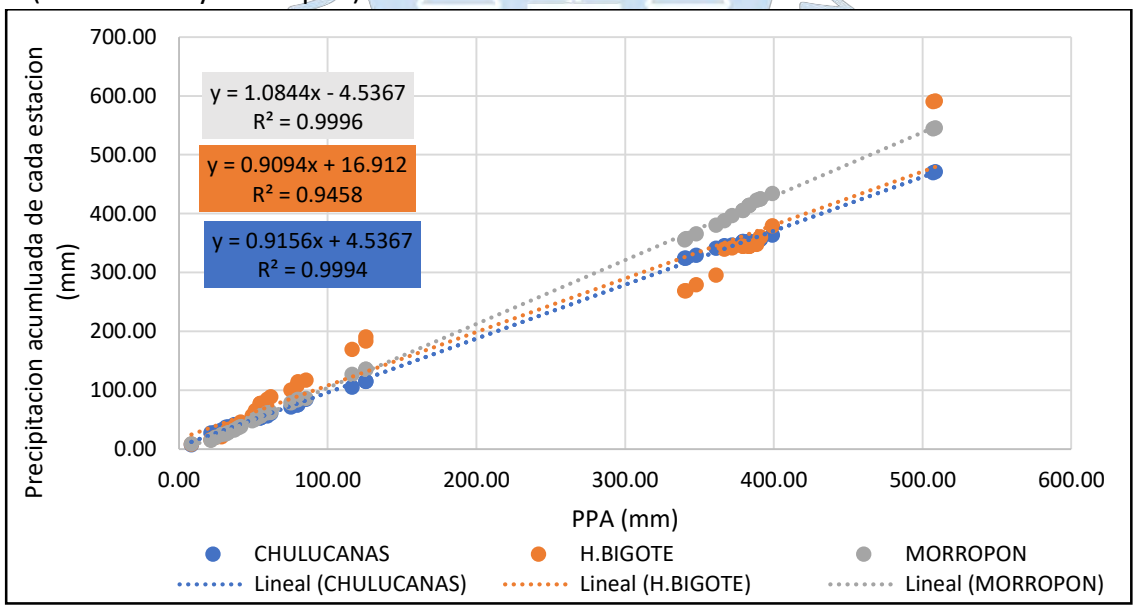
Apéndice B.175. Análisis de consistencia mes de enero (PPA es el promedio de Chulucanas y Morropón) – Zona Baja

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	1.5	1.1	1.6	1.39	508.65	471.19	591.75	546.10
1982	105.9	210.9	110.2	142.34	507.09	469.68	590.68	544.50
1983	6.9	19.4	8.9	11.72	399.04	363.78	379.76	434.30
1984	0.3	0.0	0.0	0.10	391.14	356.88	360.40	425.40
1985	2.4	12.3	2.5	5.72	390.99	356.58	360.40	425.40
1986	1.4	3.5	8.7	4.55	388.54	354.18	348.15	422.90
1987	0.0	0.0	0.0	0.00	383.49	352.78	344.61	414.20
1988	0.0	0.0	0.6	0.20	383.49	352.78	344.60	414.20
1989	0.0	0.0	7.8	2.62	383.19	352.78	344.59	413.60
1990	0.0	0.0	0.0	0.01	379.27	352.78	344.59	405.75
1991	5.8	2.4	8.8	5.66	379.27	352.78	344.57	405.75
1992	1.2	2.5	9.0	4.22	371.95	346.95	342.21	396.95
1993	4.2	44.2	7.1	18.49	366.85	345.70	339.75	387.99
1994	11.8	16.3	15.0	14.37	361.20	341.51	295.57	380.89
1995	5.3	9.9	8.2	7.77	347.80	329.71	279.27	365.89
1996	0.0	0.0	1.8	0.60	341.07	324.46	269.42	357.69
1997	209.0	78.5	219.9	169.15	340.17	324.46	269.42	355.89
1998	0.0	7.0	0.0	2.33	125.71	115.42	190.92	135.99
1999	10.0	14.5	8.5	11.00	125.71	115.42	183.92	135.99
2000	20.7	52.0	41.2	37.97	116.45	105.41	169.42	127.49

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
2001	9.2	2.5	1.7	4.48	85.50	84.71	117.42	86.29
2002	0.3	6.7	1.0	2.68	80.05	75.50	114.89	84.59
2003	3.4	7.4	4.5	5.11	79.39	75.18	108.18	83.59
2004	11.1	11.5	16.3	12.97	75.43	71.77	100.77	79.09
2005	3.9	4.4	0.8	3.02	61.73	60.67	89.27	62.79
2006	2.9	7.1	5.6	5.20	59.38	56.77	84.92	61.99
2007	0.7	0.0	0.0	0.24	55.13	53.86	77.82	56.39
2008	0.0	0.0	0.0	0.00	54.78	53.16	77.79	56.39
2009	1.4	11.9	5.0	6.11	54.78	53.16	77.78	56.39
2010	1.3	8.9	3.1	4.44	51.58	51.76	65.84	51.39
2011	6.2	10.9	9.4	8.85	49.38	50.46	56.93	48.29
2012	1.1	5.5	2.4	3.02	41.57	44.25	46.00	38.89
2013	1.2	1.8	4.0	2.34	39.82	43.14	40.46	36.49
2014	3.7	4.9	4.3	4.29	37.21	41.93	38.66	32.49
2015	0.8	4.9	2.3	2.68	33.21	38.26	33.79	28.17
2016	4.8	7.6	1.1	4.49	31.66	37.43	28.86	25.89
2017	3.7	1.2	4.7	3.20	28.70	32.60	21.30	24.80
2018	1.3	3.6	4.8	3.23	24.50	28.90	20.10	20.10
2019	20.0	7.8	6.1	11.30	21.45	27.60	16.50	15.30
2020	7.6	8.7	9.2	8.50	8.40	7.60	8.70	9.20

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.176. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA (Chulucanas y Morropón)



Fuente: Elaboración propia

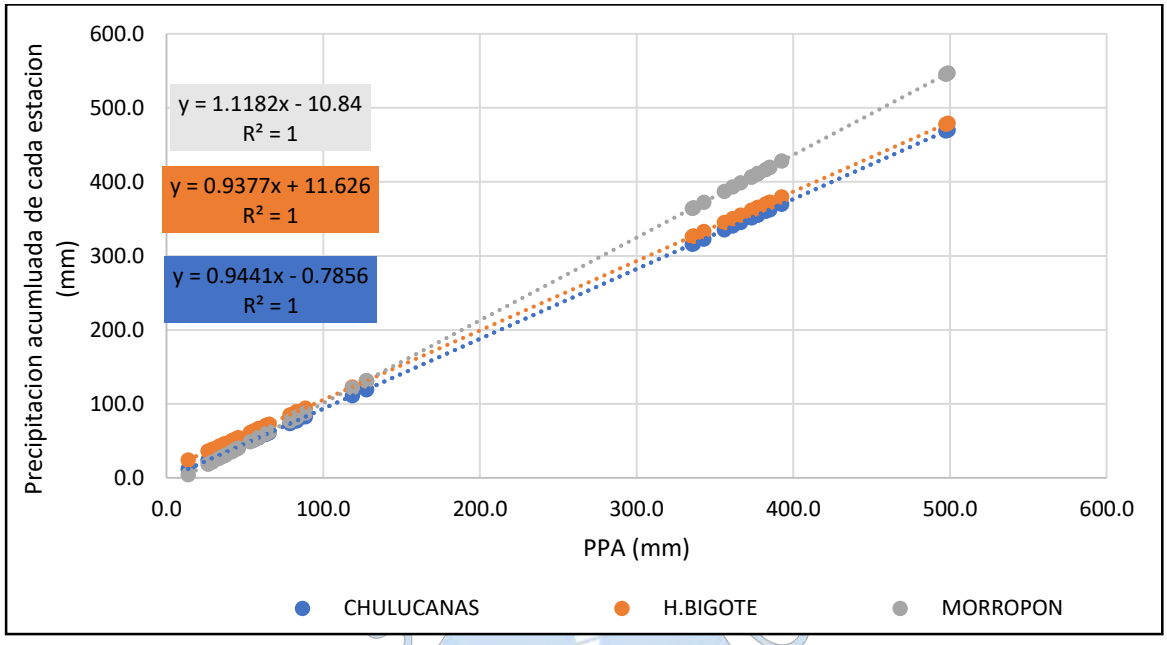
Se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

Apéndice B.177. Análisis de consistencia mes de enero – Zona baja – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	CHULU	H. BIGOTE	MORRO	PROM	PPA	CHULU	H. BIGOTE	MORRO
1981	1.4	1.4	1.7	1.5	498.9	470.3	479.5	547.0
1982	98.9	98.3	117.2	104.8	497.4	468.8	478.1	545.4
1983	7.2	7.2	8.6	7.7	392.6	369.9	379.8	428.2
1984	0.1	0.1	0.2	0.1	385.0	362.7	372.6	419.6
1985	2.2	2.2	2.7	2.4	384.8	362.5	372.5	419.5
1986	4.6	4.6	5.5	4.9	382.4	360.3	370.3	416.8
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	377.5	355.7	365.7	411.3
1988	0.3	0.3	0.3	0.3	377.5	355.7	365.7	411.3
1989	3.6	3.6	4.3	3.8	377.3	355.4	365.4	411.0
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	373.5	351.8	361.8	406.7
1991	6.7	6.7	7.9	7.1	373.5	351.8	361.8	406.7
1992	4.7	4.6	5.5	4.9	366.4	345.1	355.2	398.8
1993	5.2	5.1	6.1	5.5	361.4	340.4	350.5	393.3
1994	12.3	12.2	14.5	13.0	355.9	335.3	345.4	387.1
1995	6.2	6.1	7.3	6.5	342.9	323.0	333.2	372.6
1996	0.8	0.8	1.0	0.9	336.4	316.8	327.1	365.3
1997	196.4	195.0	232.6	208.0	335.5	316.0	326.3	364.3
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	127.5	119.6	131.2	131.8
1999	8.5	8.4	10.0	9.0	127.5	119.6	131.2	131.8
2000	28.3	28.1	33.6	30.0	118.6	111.2	122.8	121.7
2001	5.0	5.0	5.9	5.3	88.6	82.8	94.7	88.2
2002	0.6	0.6	0.7	0.6	83.3	77.8	89.7	82.3
2003	3.6	3.6	4.3	3.8	82.6	77.2	89.1	81.6
2004	12.5	12.5	14.9	13.3	78.8	73.6	85.5	77.3
2005	2.2	2.1	2.5	2.3	65.5	61.1	73.1	62.4
2006	3.9	3.9	4.6	4.1	63.2	58.9	70.9	59.9
2007	0.3	0.3	0.4	0.3	59.1	55.0	67.0	55.2
2008	0.0	0.0	0.0	0.0	58.8	54.7	66.7	54.9
2009	2.9	2.9	3.5	3.1	58.8	54.7	66.7	54.9
2010	2.0	2.0	2.4	2.1	55.7	51.8	63.8	51.4
2011	7.1	7.1	8.5	7.6	53.5	49.7	61.8	49.0
2012	1.6	1.6	1.9	1.7	46.0	42.6	54.7	40.5
2013	2.4	2.4	2.8	2.5	44.3	41.0	53.1	38.6
2014	3.7	3.6	4.3	3.9	41.7	38.6	50.8	35.8
2015	1.4	1.4	1.7	1.5	37.8	34.9	47.1	31.5
2016	2.7	2.7	3.2	2.9	36.3	33.5	45.7	29.8
2017	3.8	3.8	4.6	4.1	33.5	30.8	43.0	26.6
2018	2.8	2.8	3.3	3.0	29.4	27.0	39.2	22.0
2019	11.9	11.9	14.2	12.7	26.4	24.2	36.4	18.7
2020	12.2	24.6	4.6	13.8	13.8	12.2	24.6	4.6

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.178. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido– Diciembre–Zona Baja



Fuente: Elaboración propia

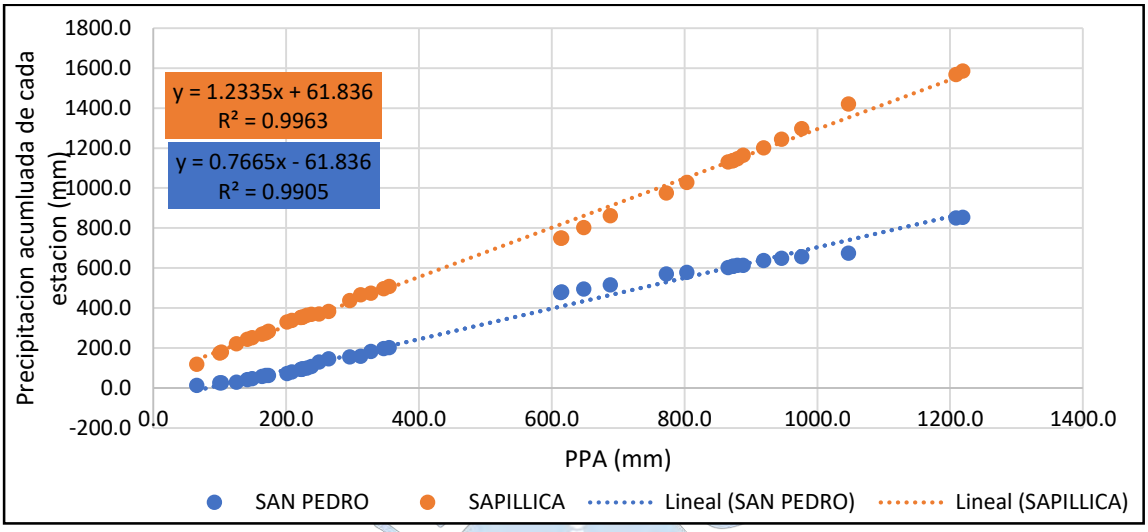
ZONA MEDIA:

Apéndice B.179. Análisis de consistencia mes de Diciembre – Zona Media

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	2.3	18.1	10.2	1219.1	852.8	1585.4
1982	176.6	146.8	161.7	1208.9	850.5	1567.3
1983	18.0	123.1	70.5	1047.2	673.9	1420.4
1984	7.8	53.1	30.5	976.6	655.9	1297.4
1985	11.2	42.6	26.9	946.2	648.1	1244.3
1986	24.0	38.3	31.2	919.3	636.9	1201.7
1987	0.2	16.7	8.5	888.1	612.9	1163.4
1988	4.5	9.3	6.9	879.7	612.7	1146.6
1989	0.0	0.0	0.0	872.7	608.2	1137.3
1990	6.8	7.0	6.9	872.7	608.2	1137.3
1991	23.4	101.7	62.6	865.8	601.4	1130.3
1992	7.8	53.8	30.8	803.3	578.0	1028.6
1993	55.2	113.4	84.3	772.5	570.2	974.8
1994	20.3	59.2	39.8	688.2	515.0	861.4
1995	15.2	52.2	33.7	648.5	494.7	802.2
1996	1.9	0.2	1.1	614.8	479.5	750.0
1997	276.0	241.6	258.8	613.7	477.6	749.8
1998	4.5	11.5	8.0	354.9	201.6	508.2
1999	15.4	23.0	19.2	346.9	197.1	496.7
2000	23.1	7.8	15.5	327.7	181.7	473.7
2001	3.8	29.5	16.7	312.2	158.6	465.8
2002	9.4	53.4	31.4	295.6	154.8	436.3
2003	15.7	13.3	14.5	264.2	145.4	382.9
2004	21.8	1.3	11.6	249.7	129.7	369.6
2005	8.5	5.6	7.1	238.1	107.9	368.3
2006	4.1	8.3	6.2	231.0	99.4	362.7
2007	2.8	0.0	1.4	224.8	95.3	354.4
2008	0.0	2.7	1.4	223.4	92.5	354.4
2009	12.2	14.5	13.4	222.1	92.5	351.7
2010	8.0	6.7	7.4	208.7	80.3	337.2
2011	9.2	46.8	28.0	201.4	72.3	330.5
2012	0.0	7.9	4.0	173.4	63.1	283.7
2013	5.0	6.1	5.6	169.4	63.1	275.8
2014	12.2	18.1	15.2	163.9	58.1	269.7
2015	5.0	9.1	7.1	148.7	45.9	251.6
2016	12.1	21.4	16.7	141.7	40.9	242.5
2017	3.3	41.6	22.5	124.9	28.8	221.1
2018	0.0	5.0	2.5	102.5	25.5	179.4
2019	13.5	55.3	34.4	100.0	25.5	174.4
2020	12.0	119.1	65.6	65.6	12.0	119.1

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.180. Tendencia de la precipitacion anual acumulada de c/estación vs PPA – Diciembre – Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un $R^2 > 0.99$, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

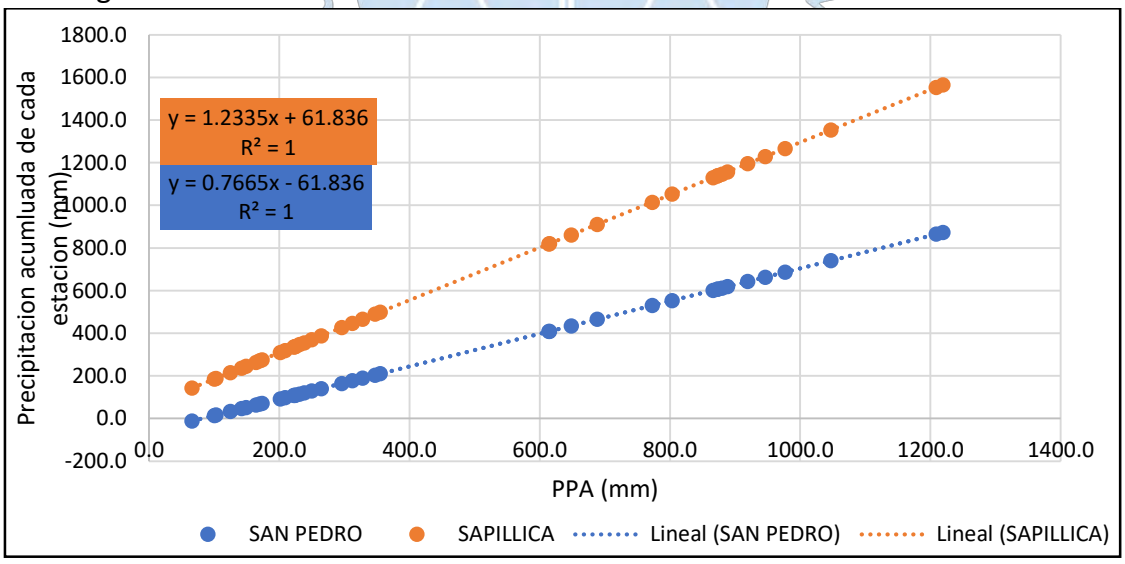
Apéndice B.181. Análisis de consistencia mes de Diciembre – Zona Media – Corregido

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
1981	7.8	12.6	10.2	1219.1	872.6	1565.6
1982	123.9	199.5	161.7	1208.9	864.8	1553.0
1983	54.1	87.0	70.5	1047.2	740.8	1353.5
1984	23.3	37.6	30.5	976.6	686.7	1266.5
1985	20.6	33.2	26.9	946.2	663.4	1228.9
1986	23.9	38.4	31.2	919.3	642.8	1195.8
1987	6.5	10.4	8.5	888.1	618.9	1157.3
1988	5.3	8.5	6.9	879.7	612.4	1146.9
1989	0.0	0.0	0.0	872.7	607.1	1138.4
1990	5.3	8.5	6.9	872.7	607.1	1138.4
1991	48.0	77.2	62.6	865.8	601.8	1129.9
1992	23.6	38.0	30.8	803.3	553.9	1052.7
1993	64.6	104.0	84.3	772.5	530.3	1014.7
1994	30.5	49.0	39.8	688.2	465.7	910.7
1995	25.8	41.6	33.7	648.5	435.2	861.7
1996	0.8	1.3	1.1	614.8	409.4	820.1
1997	198.4	319.2	258.8	613.7	408.6	818.8
1998	6.1	9.9	8.0	354.9	210.2	499.6
1999	14.7	23.7	19.2	346.9	204.1	489.7
2000	11.9	19.1	15.5	327.7	189.3	466.0

AÑO	ANUAL			ACUMULADO		
	S. PEDRO	SAPILLICA	PROM	PPA	S. PEDRO	SAPILLICA
2001	12.8	20.6	16.7	312.2	177.5	447.0
2002	24.1	38.7	31.4	295.6	164.7	426.4
2003	11.1	17.9	14.5	264.2	140.6	387.7
2004	8.9	14.2	11.6	249.7	129.5	369.8
2005	5.4	8.7	7.1	238.1	120.7	355.5
2006	4.8	7.6	6.2	231.0	115.3	346.8
2007	1.1	1.7	1.4	224.8	110.5	339.2
2008	1.0	1.7	1.4	223.4	109.4	337.5
2009	10.2	16.5	13.4	222.1	108.4	335.8
2010	5.6	9.1	7.4	208.7	98.2	319.3
2011	21.5	34.5	28.0	201.4	92.5	310.3
2012	3.0	4.9	3.9	173.4	71.1	275.7
2013	4.3	6.9	5.6	169.4	68.0	270.8
2014	11.6	18.7	15.2	163.9	63.8	264.0
2015	5.4	8.7	7.1	148.7	52.2	245.3
2016	12.8	20.7	16.7	141.7	46.8	236.6
2017	17.2	27.7	22.5	124.9	33.9	215.9
2018	1.9	3.1	2.5	102.5	16.7	188.2
2019	26.4	42.4	34.4	100.0	14.8	185.1
2020	-11.6	142.7	65.6	65.6	-11.6	142.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.182.Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA–Corregido–Febrero–Zona Media



Fuente: Elaboración propia

Realizada la corrección se presentaron datos negativos en el año 2020 en la estación San Pedro, por lo que se reemplazaron por 0.

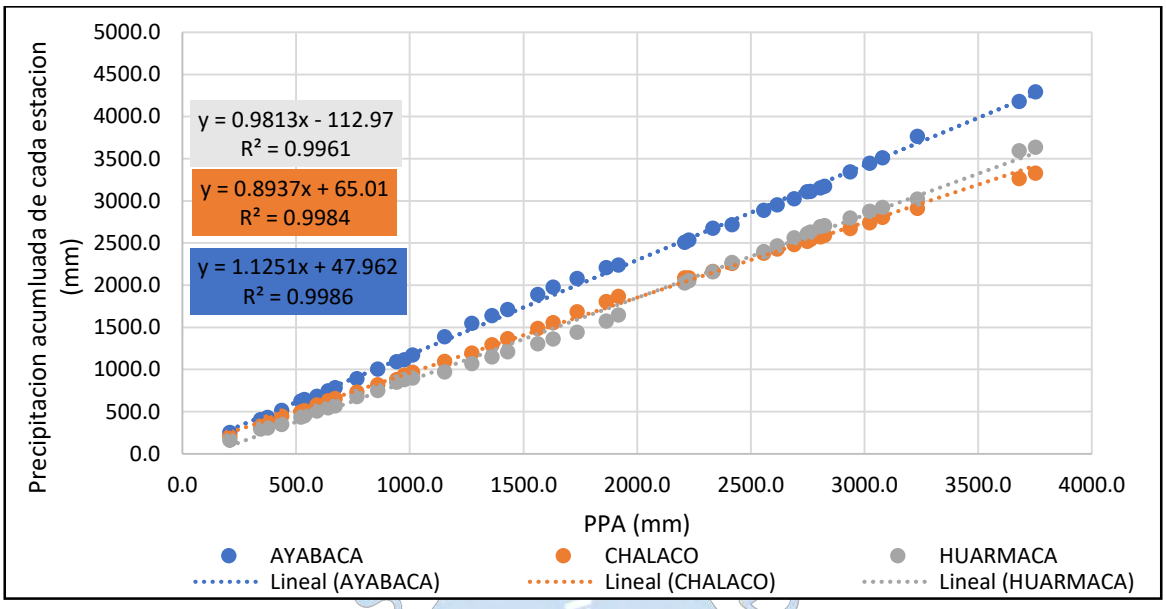
ZONA ALTA:

Apéndice B.183. Análisis de consistencia mes de Diciembre – Zona Media

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	114.5	61.2	40.8	72.2	3753.0	4294.0	3327.5	3637.4
1982	413.3	354.6	576.4	448.1	3680.8	4179.5	3266.3	3596.6
1983	256.0	106.1	97.0	153.0	3232.7	3766.2	2911.7	3020.2
1984	62.0	62.9	45.1	56.7	3079.7	3510.2	2805.6	2923.2
1985	104.6	70.5	80.7	85.3	3023.0	3448.2	2742.7	2878.1
1986	171.5	78.4	88.9	112.9	2937.7	3343.6	2672.2	2797.4
1987	18.4	21.2	14.6	18.1	2824.8	3172.1	2593.8	2708.5
1988	40.7	30.0	62.4	44.4	2806.7	3153.7	2572.6	2693.9
1989	3.7	21.2	18.4	14.4	2762.4	3113.0	2542.6	2631.5
1990	84.2	37.7	50.6	57.5	2747.9	3109.3	2521.4	2613.1
1991	72.9	53.6	96.0	74.2	2690.4	3025.1	2483.7	2562.5
1992	62.9	48.5	66.1	59.2	2616.3	2952.2	2430.1	2466.5
1993	169.6	121.3	129.9	140.3	2557.1	2889.3	2381.6	2400.4
1994	45.0	95.7	110.3	83.7	2416.8	2719.7	2260.3	2270.5
1995	138.5	75.0	105.2	106.2	2333.2	2674.7	2164.6	2160.2
1996	26.0	0.0	29.8	18.6	2226.9	2536.2	2089.6	2055.0
1997	268.9	223.5	378.4	290.3	2208.3	2510.2	2089.6	2025.2
1998	30.3	57.6	72.8	53.6	1918.1	2241.3	1866.1	1646.8
1999	130.1	122.8	131.5	128.1	1864.5	2211.0	1808.5	1574.0
2000	104.8	131.4	81.3	105.8	1736.4	2080.9	1685.7	1442.5
2001	83.9	65.5	54.1	67.8	1630.5	1976.1	1554.3	1361.2
2002	178.8	122.7	97.9	133.1	1562.7	1892.2	1488.8	1307.1
2003	73.8	72.9	57.6	68.1	1429.6	1713.4	1366.1	1209.2
2004	89.2	98.2	80.5	89.3	1361.5	1639.6	1293.2	1151.6
2005	161.0	98.2	98.2	119.1	1272.2	1550.4	1195.0	1071.1
2006	218.4	128.1	75.0	140.5	1153.0	1389.4	1096.8	972.9
2007	56.8	37.0	16.2	36.7	1012.5	1171.0	968.7	897.9
2008	22.1	49.9	30.4	34.1	975.9	1114.2	931.7	881.7
2009	85.4	63.0	101.5	83.3	941.7	1092.1	881.8	851.3
2010	116.2	85.7	72.3	91.4	858.4	1006.7	818.8	749.8
2011	103.8	76.6	108.6	96.3	767.0	890.5	733.1	677.5
2012	38.4	28.5	23.2	30.0	670.7	786.7	656.5	568.9
2013	63.6	47.0	38.4	49.7	640.7	748.3	628.1	545.7
2014	41.2	67.3	56.1	54.9	591.0	684.7	581.0	507.3
2015	16.1	16.0	15.1	15.7	536.1	643.5	513.7	451.2
2016	113.3	50.0	88.3	83.9	520.4	627.4	497.7	436.1
2017	82.3	67.0	38.9	62.7	436.5	514.1	447.7	347.8
2018	24.5	51.6	14.3	30.1	373.8	431.8	380.7	308.9
2019	153.3	124.9	130.3	136.2	343.7	407.3	329.1	294.6
2020	254.0	204.2	164.3	207.5	207.5	254.0	204.2	164.3

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.184. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Diciembre – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Como todas las estaciones presentan un R2 > 0.99, se efectuará la corrección a partir de las ecuaciones brindadas por el gráfico.

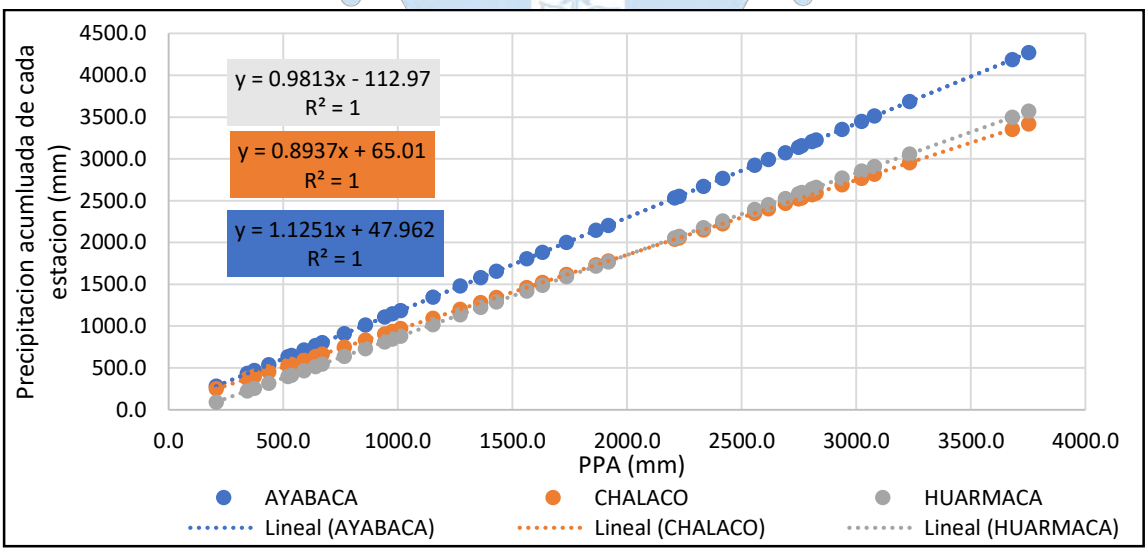
Apéndice B.185. Análisis de consistencia mes de Diciembre – Zona Alta – Corregido

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
1981	81.2	64.5	70.8	72.2	3753.0	4270.4	3419.0	3569.8
1982	504.2	400.5	439.7	448.1	3680.8	4189.2	3354.5	3499.0
1983	172.2	136.8	150.2	153.0	3232.7	3685.1	2954.1	3059.3
1984	63.8	50.6	55.6	56.7	3079.7	3512.9	2817.3	2909.1
1985	95.9	76.2	83.7	85.3	3023.0	3449.1	2766.7	2853.5
1986	127.1	100.9	110.8	112.9	2937.7	3353.2	2690.5	2769.8
1987	20.3	16.1	17.7	18.1	2824.8	3226.1	2589.5	2659.0
1988	49.9	39.7	43.5	44.4	2806.7	3205.8	2573.4	2641.3
1989	16.2	12.9	14.2	14.4	2762.4	3155.9	2533.7	2597.7
1990	64.7	51.4	56.4	57.5	2747.9	3139.7	2520.8	2583.6
1991	83.4	66.3	72.8	74.2	2690.4	3075.0	2469.4	2527.1
1992	66.6	52.9	58.1	59.2	2616.3	2991.5	2403.2	2454.4
1993	157.8	125.4	137.6	140.3	2557.1	2925.0	2350.3	2396.3
1994	94.1	74.8	82.1	83.7	2416.8	2767.1	2224.9	2258.7
1995	119.5	94.9	104.2	106.2	2333.2	2673.0	2150.2	2176.6
1996	20.9	16.6	18.3	18.6	2226.9	2553.5	2055.2	2072.3
1997	326.6	259.4	284.8	290.3	2208.3	2532.6	2038.6	2054.1
1998	60.3	47.9	52.6	53.6	1918.1	2206.0	1779.2	1769.2
1999	144.2	114.5	125.7	128.1	1864.5	2145.7	1731.3	1716.7
2000	119.1	94.6	103.9	105.8	1736.4	2001.5	1616.8	1590.9

AÑO	ANUAL				ACUMULADO			
	AYABACA	CHALACO	HUARMACA	PROM	PPA	AYABACA	CHALACO	HUARMACA
2001	76.3	60.6	66.6	67.8	1630.5	1882.5	1522.2	1487.1
2002	149.8	119.0	130.6	133.1	1562.7	1806.1	1461.6	1420.5
2003	76.6	60.9	66.8	68.1	1429.6	1656.4	1342.6	1289.9
2004	100.5	79.8	87.6	89.3	1361.5	1579.7	1281.7	1223.0
2005	134.0	106.5	116.9	119.1	1272.2	1479.3	1201.9	1135.4
2006	158.1	125.6	137.9	140.5	1153.0	1345.2	1095.5	1018.5
2007	41.3	32.8	36.0	36.7	1012.5	1187.1	969.9	880.6
2008	38.4	30.5	33.5	34.1	975.9	1145.9	937.1	844.6
2009	93.7	74.5	81.8	83.3	941.7	1107.5	906.6	811.1
2010	102.8	81.7	89.7	91.4	858.4	1013.8	832.2	729.4
2011	108.4	86.1	94.5	96.3	767.0	910.9	750.5	639.7
2012	33.8	26.8	29.5	30.0	670.7	802.6	664.4	545.2
2013	55.9	44.4	48.7	49.7	640.7	768.8	637.6	515.7
2014	61.7	49.0	53.8	54.9	591.0	712.9	593.2	467.0
2015	17.7	14.1	15.4	15.7	536.1	651.2	544.2	413.1
2016	94.4	75.0	82.3	83.9	520.4	633.5	530.1	397.7
2017	70.6	56.1	61.6	62.7	436.5	539.1	455.1	315.4
2018	33.9	26.9	29.6	30.1	373.8	468.5	399.1	253.8
2019	153.2	121.7	133.6	136.2	343.7	434.6	372.1	224.3
2020	281.4	250.5	90.6	207.5	207.5	281.4	250.5	90.6

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B.186. Tendencia de la precipitación anual acumulada de c/estación vs PPA – Corregido – Febrero – Zona Alta



Fuente: Elaboración propia

Apéndice C. Evapotranspiración Thornthwaite

Apéndice C.1. Determinación del índice de calor mensual (i)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	12.13	12.70	12.42	11.30	10.61	9.75	9.29	9.62	10.15	10.75	10.75	11.64
1982	12.42	13.14	12.99	12.13	11.57	10.55	10.35	10.35	10.95	11.50	12.21	12.49
1983	12.42	12.70	12.92	12.63	12.63	11.92	10.95	10.48	10.15	10.75	11.23	11.44
1984	11.99	11.92	11.57	11.57	10.41	10.15	9.75	9.81	10.21	10.95	10.61	11.78
1985	11.64	12.49	12.28	11.71	10.15	10.15	9.29	9.55	10.35	10.68	10.75	11.64
1986	12.28	12.78	12.92	12.21	11.09	9.81	9.68	10.55	10.48	10.75	11.30	11.85
1987	12.56	12.63	12.56	12.28	11.16	10.68	10.55	10.48	10.95	11.16	11.64	12.13
1988	12.56	13.07	12.85	12.49	11.64	10.01	9.68	9.95	10.21	10.68	11.16	11.71
1989	11.99	11.85	12.06	11.23	10.41	10.01	9.42	10.28	10.55	11.09	11.30	11.57
1990	12.56	12.99	13.36	12.49	11.02	10.68	9.81	10.21	10.68	11.02	11.71	11.92
1991	12.92	13.43	13.50	12.78	12.13	11.23	10.08	10.28	11.16	10.82	11.50	12.13
1992	12.56	12.70	12.70	12.63	12.06	10.55	9.29	10.01	10.48	11.23	11.57	11.37
1993	12.63	12.21	12.35	12.28	11.37	11.23	10.82	10.75	11.09	11.50	11.50	11.64
1994	12.28	12.13	12.42	11.71	11.50	10.08	9.81	10.08	11.09	11.09	11.30	12.13
1995	12.21	11.99	12.70	12.35	11.78	11.09	10.01	10.08	10.82	11.02	11.57	11.64
1996	12.35	13.28	12.78	12.13	11.09	9.95	9.75	9.95	10.55	10.95	11.16	11.92
1997	12.21	12.85	12.78	12.78	12.49	11.92	11.92	12.13	12.70	12.63	12.70	12.63
1998	12.92	13.36	13.07	12.42	11.23	10.28	10.41	10.01	10.41	10.89	11.09	11.37
1999	12.13	11.85	12.13	11.64	10.61	9.88	9.68	10.15	10.35	10.82	11.09	11.30
2000	12.35	12.06	11.99	12.13	11.02	9.68	9.68	10.48	10.68	11.23	10.68	11.57
2001	12.13	12.63	12.28	11.71	10.55	9.49	10.01	10.21	10.55	10.68	11.02	11.78
2002	12.49	12.63	12.35	11.71	11.23	10.15	9.81	10.01	10.55	10.89	11.57	12.06
2003	12.42	12.35	12.56	12.21	11.50	10.48	10.08	10.48	11.02	11.23	11.57	12.13
2004	12.49	13.07	13.58	12.63	11.50	10.15	10.28	10.35	10.95	11.23	11.57	12.21
2005	13.14	12.78	12.13	12.56	11.23	10.82	10.28	10.48	10.28	10.68	10.82	11.71
2006	12.78	12.42	12.28	11.85	11.23	10.48	10.55	10.89	11.16	11.50	11.78	12.13
2007	12.70	13.36	13.07	12.42	11.44	10.28	10.48	10.15	10.35	10.41	11.30	11.64
2008	12.13	12.06	12.21	11.71	10.55	9.62	9.62	9.88	10.68	10.95	11.02	11.64
2009	11.92	12.06	12.35	12.13	11.64	10.61	10.61	10.68	11.16	11.78	11.78	12.13
2010	12.56	12.49	12.63	12.28	11.30	10.68	10.21	10.48	10.35	10.61	10.75	11.50
2011	12.42	12.49	13.07	12.42	11.57	11.23	10.41	10.75	11.09	10.75	11.50	12.06
2012	12.35	12.21	12.42	12.21	11.64	11.23	10.28	10.41	10.95	11.09	11.99	12.13
2013	12.35	13.36	12.63	12.35	11.16	10.41	10.28	10.61	10.68	11.23	11.30	12.28
2014	12.78	12.92	13.07	12.56	12.28	11.71	11.02	10.95	11.30	11.50	11.71	11.92
2015	12.49	12.85	12.85	12.56	12.49	11.57	11.37	11.44	11.99	12.35	12.28	12.85
2016	13.28	13.28	13.43	12.92	12.35	11.30	11.16	11.23	11.64	11.71	11.64	12.28
2017	12.99	12.99	12.70	12.06	11.09	10.95	10.01	10.15	10.82	10.95	11.02	11.92
2018	12.63	12.85	13.14	12.49	11.50	10.48	10.35	10.95	11.23	11.16	11.78	12.13
2019	13.07	12.70	12.56	12.28	11.71	11.02	10.55	10.35	10.75	11.02	11.64	12.35
2020	13.21	13.72	13.80	12.63	11.99	10.95	10.75	10.68	11.02	11.64	11.16	12.06

Fuente: Elaboración propia

Apéndice C.2. Terminación del índice de calor anual (I) y el exponente (a)

AÑO	I	a
1981	131.12	3.04
1982	140.65	3.37
1983	140.22	3.35
1984	130.75	3.03
1985	130.68	3.02
1986	135.69	3.19
1987	138.79	3.30
1988	136.02	3.20
1989	131.77	3.06
1990	138.47	3.29
1991	141.96	3.41
1992	137.17	3.24
1993	139.37	3.32
1994	135.63	3.19
1995	137.27	3.25
1996	135.86	3.20
1997	149.75	3.71
1998	137.45	3.25
1999	131.64	3.06
2000	133.57	3.12
2001	133.05	3.10
2002	135.45	3.18
2003	138.03	3.27
2004	140.00	3.34
2005	136.91	3.23
2006	139.05	3.31
2007	137.58	3.26
2008	132.08	3.07
2009	138.88	3.30
2010	135.84	3.20
2011	139.76	3.33
2012	138.91	3.30
2013	138.63	3.29
2014	143.73	3.48
2015	147.08	3.61
2016	146.22	3.57
2017	137.67	3.26
2018	140.70	3.37
2019	140.00	3.34
2020	143.63	3.48

Fuente: Elaboración propia

Apéndice C.3. Determinación de la evapotranspiración potencial sin corregir (mm/mes)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	128.0	140.4	134.1	110.9	97.9	82.5	75.0	80.3	89.4	100.4	100.4	117.9
1982	134.1	150.2	146.9	128.0	116.5	96.6	93.0	93.0	104.3	115.1	129.6	135.7
1983	134.1	140.4	145.2	138.8	138.8	123.6	104.3	95.4	89.4	100.4	109.6	113.7
1984	125.1	123.6	116.5	116.5	94.2	89.4	82.5	83.6	90.6	104.3	97.9	120.7
1985	117.9	135.7	131.1	119.3	89.4	89.4	75.0	79.2	93.0	99.1	100.4	117.9
1986	131.1	142.0	145.2	129.6	106.9	83.6	81.4	96.6	95.4	100.4	110.9	122.2
1987	137.2	138.8	137.2	131.1	108.2	99.1	96.6	95.4	104.3	108.2	117.9	128.0
1988	137.2	148.5	143.6	135.7	117.9	87.1	81.4	85.9	90.6	99.1	108.2	119.3
1989	125.1	122.2	126.6	109.6	94.2	87.1	77.1	91.8	96.6	106.9	110.9	116.5
1990	137.2	146.9	155.2	135.7	105.6	99.1	83.6	90.6	99.1	105.6	119.3	123.6
1991	145.2	156.9	158.6	142.0	128.0	109.6	88.2	91.8	108.2	101.7	115.1	128.0
1992	137.2	140.4	140.4	138.8	126.6	96.6	75.0	87.1	95.4	109.6	116.5	112.3
1993	138.8	129.6	132.6	131.1	112.3	109.6	101.7	100.4	106.9	115.1	115.1	117.9
1994	131.1	128.0	134.1	119.3	115.1	88.2	83.6	88.2	106.9	106.9	110.9	128.0
1995	129.6	125.1	140.4	132.6	120.7	106.9	87.1	88.2	101.7	105.6	116.5	117.9
1996	132.6	153.5	142.0	128.0	106.9	85.9	82.5	85.9	96.6	104.3	108.2	123.6
1997	129.6	143.6	142.0	142.0	135.7	123.6	123.6	128.0	140.4	138.8	140.4	138.8
1998	145.2	155.2	148.5	134.1	109.6	91.8	94.2	87.1	94.2	103.0	106.9	112.3
1999	128.0	122.2	128.0	117.9	97.9	84.8	81.4	89.4	93.0	101.7	106.9	110.9
2000	132.6	126.6	125.1	128.0	105.6	81.4	81.4	95.4	99.1	109.6	99.1	116.5
2001	128.0	138.8	131.1	119.3	96.6	78.2	87.1	90.6	96.6	99.1	105.6	120.7
2002	135.7	138.8	132.6	119.3	109.6	89.4	83.6	87.1	96.6	103.0	116.5	126.6
2003	134.1	132.6	137.2	129.6	115.1	95.4	88.2	95.4	105.6	109.6	116.5	128.0
2004	135.7	148.5	160.4	138.8	115.1	89.4	91.8	93.0	104.3	109.6	116.5	129.6
2005	150.2	142.0	128.0	137.2	109.6	101.7	91.8	95.4	91.8	99.1	101.7	119.3
2006	142.0	134.1	131.1	122.2	109.6	95.4	96.6	103.0	108.2	115.1	120.7	128.0
2007	140.4	155.2	148.5	134.1	113.7	91.8	95.4	89.4	93.0	94.2	110.9	117.9
2008	128.0	126.6	129.6	119.3	96.6	80.3	80.3	84.8	99.1	104.3	105.6	117.9
2009	123.6	126.6	132.6	128.0	117.9	97.9	97.9	99.1	108.2	120.7	120.7	128.0
2010	137.2	135.7	138.8	131.1	110.9	99.1	90.6	95.4	93.0	97.9	100.4	115.1
2011	134.1	135.7	148.5	134.1	116.5	109.6	94.2	100.4	106.9	100.4	115.1	126.6
2012	132.6	129.6	134.1	129.6	117.9	109.6	91.8	94.2	104.3	106.9	125.1	128.0
2013	132.6	155.2	138.8	132.6	108.2	94.2	91.8	97.9	99.1	109.6	110.9	131.1
2014	142.0	145.2	148.5	137.2	131.1	119.3	105.6	104.3	110.9	115.1	119.3	123.6
2015	135.7	143.6	143.6	137.2	135.7	116.5	112.3	113.7	125.1	132.6	131.1	143.6
2016	153.5	153.5	156.9	145.2	132.6	110.9	108.2	109.6	117.9	119.3	117.9	131.1
2017	146.9	146.9	140.4	126.6	106.9	104.3	87.1	89.4	101.7	104.3	105.6	123.6
2018	138.8	143.6	150.2	135.7	115.1	95.4	93.0	104.3	109.6	108.2	120.7	128.0
2019	148.5	140.4	137.2	131.1	119.3	105.6	96.6	93.0	100.4	105.6	117.9	132.6
2020	151.8	163.9	165.7	138.8	125.1	104.3	100.4	99.1	105.6	117.9	108.2	126.6

Fuente: Elaboración propia

Apéndice C.4. Número de días del mes (J)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1982	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1983	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1984	15	46	75	106	136	167	197	228	258	289	320	350
1985	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1986	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1987	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1988	15	46	75	106	136	167	197	228	258	289	320	350
1989	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1990	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1991	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1992	15	46	75	106	136	167	197	228	258	289	320	350
1993	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1994	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1995	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1996	15	46	75	106	136	167	197	228	258	289	320	350
1997	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1998	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
1999	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2000	15	46	75	106	136	167	197	228	258	289	320	350
2001	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2002	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2003	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2004	15	46	75	106	136	167	197	228	258	289	320	350
2005	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2006	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2007	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2008	15	46	75	106	136	167	197	228	258	289	320	350
2009	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2010	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2011	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2012	15	46	75	106	136	167	197	228	258	289	320	350
2013	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2014	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2015	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2016	15	46	75	106	136	167	197	228	258	289	320	350
2017	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2018	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2019	15	46	74	105	135	166	196	227	257	288	319	349
2020	15	46	75	106	136	167	197	228	258	289	320	350

Fuente: Elaboración propia

Apéndice C.5. Determinación de los valores de declinación solar (δ) en radianes

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1982	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1983	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1984	-0.37	-0.23	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.23	0.04	-0.18	-0.34	-0.41
1985	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1986	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1987	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1988	-0.37	-0.23	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.23	0.04	-0.18	-0.34	-0.41
1989	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1990	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1991	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1992	-0.37	-0.23	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.23	0.04	-0.18	-0.34	-0.41
1993	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1994	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1995	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1996	-0.37	-0.23	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.23	0.04	-0.18	-0.34	-0.41
1997	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1998	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
1999	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2000	-0.37	-0.23	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.23	0.04	-0.18	-0.34	-0.41
2001	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2002	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2003	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2004	-0.37	-0.23	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.23	0.04	-0.18	-0.34	-0.41
2005	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2006	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2007	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2008	-0.37	-0.23	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.23	0.04	-0.18	-0.34	-0.41
2009	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2010	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2011	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2012	-0.37	-0.23	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.23	0.04	-0.18	-0.34	-0.41
2013	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2014	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2015	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2016	-0.37	-0.23	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.23	0.04	-0.18	-0.34	-0.41
2017	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2018	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2019	-0.37	-0.23	-0.05	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.17	-0.33	-0.41
2020	-0.37	-0.23	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.23	0.04	-0.18	-0.34	-0.41

Fuente: Elaboración propia

Apéndice C.6. Determinación de los valores del ángulo de radiación a la hora de la puesta del sol (ωs) en radianes

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	**DIC**
1981	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1982	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1983	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1984	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1985	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1986	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1987	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1988	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1989	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1990	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1991	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1992	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1993	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1994	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1995	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1996	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1997	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1998	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
1999	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2000	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2001	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2002	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2003	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2004	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2005	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2006	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2007	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2008	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2009	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2010	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2011	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2012	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2013	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2014	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2015	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2016	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2017	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2018	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2019	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53
2020	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53

Fuente: Elaboración propia

Apéndice C.7. Determinación de la duración máxima de la insolación (N)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1982	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1983	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1984	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1985	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1986	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1987	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1988	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1989	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1990	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1991	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1992	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1993	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1994	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1995	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1996	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1997	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1998	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
1999	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2000	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2001	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2002	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2003	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2004	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2005	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2006	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2007	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2008	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2009	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2010	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2011	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2012	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2013	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2014	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2015	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2016	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2017	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2018	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2019	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7
2020	11.7	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8	11.7

Fuente: Elaboración propia

Apéndice C.8. Determinación de la evapotranspiración potencial corregida (mm/mes)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	129.5	129.3	138.2	112.0	103.1	84.5	79.2	84.1	89.6	102.8	98.5	118.9
1982	135.6	138.3	151.4	129.2	122.6	99.0	98.2	97.4	104.5	117.8	127.0	136.8
1983	135.6	129.3	149.7	140.1	146.2	126.6	110.1	99.9	89.6	102.8	107.4	114.6
1984	126.5	117.9	120.1	117.6	99.2	91.5	87.1	87.6	90.8	106.7	96.0	121.7
1985	119.2	125.0	135.1	120.4	94.1	91.5	79.2	83.0	93.2	101.5	98.5	118.9
1986	132.5	130.8	149.7	130.8	112.6	85.7	86.0	101.2	95.6	102.8	108.8	123.2
1987	138.7	127.9	141.4	132.3	114.0	101.5	102.1	99.9	104.5	110.8	115.6	129.1
1988	138.7	141.7	148.1	137.0	124.1	89.2	86.0	90.0	90.8	101.4	106.1	120.3
1989	126.5	112.5	130.4	110.6	99.2	89.2	81.4	96.1	96.9	109.4	108.8	117.4
1990	138.7	135.3	160.0	136.9	111.2	101.5	88.3	94.9	99.4	108.1	117.0	124.7
1991	146.8	144.6	163.5	143.3	134.8	112.2	93.2	96.1	108.5	104.1	112.8	129.1
1992	138.7	133.9	144.8	140.2	133.3	99.0	79.2	91.2	95.6	112.1	114.2	113.2
1993	140.3	119.3	136.6	132.3	118.2	112.2	107.4	105.2	107.2	117.8	112.8	118.9
1994	132.5	118.0	138.2	120.4	121.1	90.3	88.3	92.4	107.2	109.4	108.8	129.1
1995	131.0	115.2	144.7	133.8	127.1	109.5	91.9	92.4	101.9	108.1	114.2	118.9
1996	134.0	146.5	146.4	129.3	112.6	88.0	87.1	90.0	96.8	106.7	106.1	124.7
1997	131.0	132.3	146.3	143.3	142.9	126.6	130.5	134.1	140.7	142.1	137.7	140.0
1998	146.8	143.0	153.1	135.4	115.4	94.0	99.5	91.2	94.4	105.4	104.8	113.2
1999	129.5	112.5	132.0	119.0	103.1	86.8	86.0	93.6	93.2	104.1	104.8	111.9
2000	134.0	120.7	129.0	129.3	111.2	83.4	86.0	99.9	99.3	112.1	97.2	117.4
2001	129.5	127.9	135.1	120.4	101.8	80.0	91.9	94.9	96.9	101.5	103.5	121.7
2002	137.2	127.9	136.6	120.4	115.4	91.5	88.3	91.2	96.9	105.4	114.2	127.6
2003	135.6	122.1	141.4	130.8	121.1	97.7	93.2	99.9	105.8	112.1	114.2	129.1
2004	137.2	141.7	165.4	140.2	121.2	91.5	96.9	97.3	104.5	112.1	114.2	130.6
2005	151.8	130.8	132.0	138.5	115.4	104.1	96.9	99.9	92.0	101.5	99.7	120.3
2006	143.6	123.6	135.1	123.3	115.4	97.7	102.1	107.8	108.5	117.8	118.4	129.1
2007	141.9	143.0	153.1	135.4	119.7	94.0	100.7	93.6	93.2	96.4	108.8	118.9
2008	129.5	120.7	133.6	120.4	101.8	82.3	84.8	88.8	99.3	106.7	103.5	118.9
2009	125.0	116.6	136.6	129.2	124.1	100.2	103.4	103.8	108.5	123.6	118.4	129.1
2010	138.7	125.0	143.1	132.3	116.8	101.5	95.7	99.9	93.2	100.2	98.5	116.0
2011	135.6	125.0	153.1	135.4	122.6	112.2	99.5	105.2	107.2	102.8	112.8	127.6
2012	134.0	123.6	138.3	130.8	124.1	112.2	96.9	98.6	104.5	109.4	122.6	129.1
2013	134.0	143.0	143.1	133.8	114.0	96.4	96.9	102.5	99.4	112.1	108.8	132.2
2014	143.6	133.8	153.1	138.5	138.0	122.1	111.5	109.2	111.2	117.8	117.0	124.7
2015	137.2	132.3	148.0	138.5	142.9	119.2	118.6	119.0	125.4	135.7	128.5	144.8
2016	155.2	146.5	161.8	146.6	139.7	113.6	114.3	114.7	118.1	122.0	115.5	132.2
2017	148.5	135.3	144.7	127.7	112.6	106.8	91.9	93.6	101.9	106.7	103.5	124.7
2018	140.3	132.3	154.8	136.9	121.1	97.7	98.2	109.2	109.8	110.8	118.4	129.1
2019	150.1	129.3	141.4	132.3	125.6	108.1	102.1	97.4	100.7	108.1	115.6	133.7
2020	153.5	156.4	170.8	140.2	131.7	106.8	106.0	103.8	105.8	120.6	106.1	127.6

Fuente: Elaboración propia

Apéndice D. Caudales mensuales de la subcuenca Charanal

Apéndice D.1. Caudales mensuales de la subcuenca Charanal

MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC	MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC
Ene-81	0.93	2.70	0.06	0.86	Ene-84	5.46	2.03	1.87	6.51
Feb-81	14.60	8.94	5.79	7.66	Feb-84	17.87	8.71	9.49	12.27
Mar-81	27.11	26.17	17.62	18.93	Mar-84	11.40	9.89	6.77	15.49
Abr-81	3.12	6.46	4.42	18.67	Abr-84	4.29	5.78	3.79	11.51
May-81	0.43	3.05	1.92	5.88	May-84	1.11	3.07	1.87	5.80
Jun-81	0.15	1.97	0.82	2.00	Jun-84	0.14	2.02	0.84	2.54
Jul-81	0.09	1.48	0.32	0.65	Jul-84	0.14	1.50	0.33	0.94
Ago-81	0.10	1.25	0.13	0.39	Ago-84	0.12	1.27	0.13	0.68
Set-81	0.12	1.16	0.06	0.11	Set-84	0.15	1.18	0.06	0.72
Oct-81	0.09	1.05	0.02	0.26	Oct-84	0.22	1.08	0.04	0.97
Nov-81	0.15	1.04	0.01	0.59	Nov-84	0.13	1.06	0.03	1.18
Dic-81	0.62	0.99	0.05	1.15	Dic-84	1.19	1.02	0.12	1.59
Ene-82	1.75	1.01	0.24	2.44	Ene-85	5.24	1.32	1.32	4.34
Feb-82	3.84	1.29	0.87	4.60	Feb-85	7.47	2.44	2.85	8.33
Mar-82	0.27	1.11	0.57	3.88	Mar-85	8.34	3.78	3.68	9.30
Abr-82	4.00	1.32	1.03	3.80	Abr-85	1.52	2.60	2.01	7.75
May-82	0.53	1.19	0.71	4.15	May-85	0.70	1.86	0.91	3.45
Jun-82	0.12	1.13	0.31	1.67	Jun-85	0.12	1.48	0.42	1.65
Jul-82	0.10	1.03	0.12	0.38	Jul-85	0.14	1.22	0.16	0.37
Ago-82	0.09	0.99	0.05	0.09	Ago-85	0.14	1.10	0.07	0.16
Set-82	0.12	1.00	0.02	0.24	Set-85	0.14	1.07	0.03	0.15
Oct-82	2.59	1.00	0.42	2.03	Oct-85	0.14	0.99	0.01	0.22
Nov-82	3.67	1.22	1.03	4.77	Nov-85	0.12	1.00	0.00	0.27
Dic-82	15.65	5.18	7.27	10.06	Dic-85	1.51	0.97	0.16	1.32
Ene-83	22.43	17.72	14.09	18.82	Ene-86	7.25	1.46	2.04	5.20
Feb-83	24.76	26.52	17.05	25.71	Feb-86	7.23	2.55	3.02	9.37
Mar-83	41.67	53.34	32.97	31.01	Mar-86	2.22	2.04	1.69	6.92
Abr-83	31.16	38.93	23.74	37.84	Abr-86	9.76	3.58	3.86	7.62
May-83	10.68	13.14	8.45	25.28	May-86	0.39	2.16	1.80	7.11
Jun-83	7.30	7.95	5.66	14.02	Jun-86	0.13	1.61	0.76	2.03
Jul-83	0.34	2.94	2.58	6.81	Jul-86	0.15	1.29	0.30	0.49
Ago-83	0.12	1.84	1.05	1.47	Ago-86	0.11	1.15	0.12	0.48
Set-83	0.14	1.49	0.44	0.60	Set-86	0.15	1.10	0.05	0.55
Oct-83	1.53	1.33	0.35	1.66	Oct-86	0.15	1.01	0.02	0.39
Nov-83	0.60	1.26	0.29	2.55	Nov-86	0.24	1.02	0.03	0.93
Dic-83	4.46	1.49	1.13	3.87	Dic-86	2.11	1.02	0.29	2.34

Cont. Apéndice D..1. Caudales mensuales de la subcuenca Charanal									
MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC	MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC
Ene-87	8.25	1.79	2.52	6.12	Ene-90	2.62	1.01	0.37	1.91
Feb-87	9.59	3.70	4.26	10.91	Feb-90	4.29	1.33	1.16	5.25
Mar-87	13.40	7.63	6.83	12.40	Mar-90	8.69	2.34	2.94	7.71
Abr-87	6.75	5.96	4.31	12.82	Abr-90	6.63	3.05	3.06	9.79
May-87	0.61	2.84	2.07	6.77	May-90	0.87	2.05	1.60	6.34
Jun-87	0.12	1.87	0.89	2.13	Jun-90	0.14	1.57	0.70	2.31
Jul-87	0.08	1.41	0.35	0.55	Jul-90	0.12	1.27	0.28	0.63
Ago-87	0.15	1.21	0.14	0.30	Ago-90	0.15	1.13	0.11	0.20
Set-87	0.10	1.13	0.06	0.09	Set-90	0.10	1.09	0.05	0.04
Oct-87	0.16	1.03	0.02	0.23	Oct-90	0.14	1.01	0.02	0.46
Nov-87	0.14	1.03	0.01	0.49	Nov-90	0.38	1.02	0.04	1.30
Dic-87	0.14	0.97	0.00	0.61	Dic-90	0.27	0.97	0.05	1.57
Ene-88	6.54	1.24	1.58	3.77	Ene-91	0.11	0.96	0.03	1.35
Feb-88	8.07	2.29	3.07	8.86	Feb-91	10.66	1.86	3.22	5.64
Mar-88	0.37	1.62	1.52	6.30	Mar-91	13.03	4.89	5.81	11.88
Abr-88	3.74	1.72	1.31	4.00	Abr-91	4.21	3.71	3.19	11.61
May-88	1.01	1.45	0.84	4.29	May-91	1.08	2.29	1.59	5.77
Jun-88	0.13	1.27	0.40	2.02	Jun-91	0.15	1.67	0.71	2.40
Jul-88	0.15	1.11	0.16	0.46	Jul-91	0.13	1.31	0.28	0.58
Ago-88	0.11	1.04	0.06	0.10	Ago-91	0.11	1.16	0.11	0.12
Set-88	0.08	1.03	0.03	0.09	Set-91	0.11	1.10	0.05	0.03
Oct-88	0.13	0.97	0.01	0.28	Oct-91	0.09	1.01	0.02	0.30
Nov-88	0.10	0.99	0.01	0.77	Nov-91	0.14	1.01	0.01	0.67
Dic-88	0.11	0.95	0.01	1.16	Dic-91	2.69	1.01	0.41	2.18
Ene-89	19.65	5.34	10.01	8.90	Ene-92	10.85	2.36	3.93	7.39
Feb-89	21.24	16.88	13.54	21.28	Feb-92	12.05	5.57	5.91	13.02
Mar-89	21.13	22.97	14.28	21.40	Mar-92	29.87	26.42	20.30	19.96
Abr-89	7.26	9.76	6.16	18.05	Abr-92	15.95	17.32	10.47	25.00
May-89	1.24	4.03	2.88	8.16	May-92	4.83	6.82	4.73	14.61
Jun-89	0.19	2.30	1.27	2.90	Jun-92	0.27	3.03	2.30	6.37
Jul-89	0.14	1.59	0.50	0.67	Jul-92	0.10	1.85	0.91	1.66
Ago-89	0.12	1.30	0.20	0.16	Ago-92	0.12	1.44	0.37	0.49
Set-89	0.10	1.19	0.09	0.18	Set-92	0.11	1.27	0.15	0.37
Oct-89	0.14	1.08	0.04	0.63	Oct-92	0.11	1.11	0.06	0.37
Nov-89	0.14	1.05	0.02	0.72	Nov-92	0.12	1.08	0.04	0.82
Dic-89	0.14	0.98	0.01	0.25	Dic-92	1.21	1.03	0.14	1.81

Cont. Apéndice D..1. Caudales mensuales de la subcuenca Charanal									
MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC	MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC
Ene-93	6.10	1.42	1.52	4.72	Ene-96	2.55	1.08	0.61	3.86
Feb-93	31.13	18.57	20.36	17.49	Feb-96	3.10	1.30	0.87	4.89
Mar-93	38.90	47.88	30.00	31.31	Mar-96	7.25	1.97	2.28	6.58
Abr-93	12.26	15.50	9.14	29.68	Abr-96	1.07	1.69	1.39	6.56
May-93	1.96	4.93	3.94	12.49	May-96	0.12	1.34	0.58	2.39
Jun-93	0.18	2.50	1.75	4.07	Jun-96	0.12	1.21	0.24	0.81
Jul-93	0.56	1.79	0.73	1.57	Jul-96	0.16	1.08	0.10	0.30
Ago-93	0.11	1.42	0.32	1.37	Ago-96	0.10	1.02	0.04	0.06
Set-93	0.15	1.27	0.14	0.98	Set-96	0.13	1.02	0.02	0.01
Oct-93	0.11	1.13	0.07	1.18	Oct-96	0.13	0.96	0.01	0.20
Nov-93	0.13	1.09	0.03	1.13	Nov-96	0.12	0.98	0.00	0.30
Dic-93	4.89	1.24	1.12	3.20	Dic-96	0.11	0.94	0.00	0.24
Ene-94	17.95	6.78	9.17	11.28	Ene-97	1.12	0.94	0.09	1.23
Feb-94	30.22	28.35	21.24	24.16	Feb-97	5.31	1.26	1.21	4.50
Mar-94	28.18	34.47	20.52	28.00	Mar-97	7.95	2.10	2.80	7.73
Abr-94	11.54	14.33	8.80	23.97	Abr-97	8.51	3.55	3.74	10.15
May-94	1.22	4.44	3.72	10.93	May-97	1.51	2.35	1.92	7.54
Jun-94	0.13	2.38	1.61	3.32	Jun-97	0.16	1.70	0.87	2.97
Jul-94	0.11	1.62	0.63	0.74	Jul-97	0.12	1.33	0.34	0.80
Ago-94	0.12	1.32	0.26	0.24	Ago-97	0.11	1.16	0.14	0.27
Set-94	0.12	1.20	0.11	0.31	Set-97	0.36	1.11	0.08	0.74
Oct-94	0.13	1.07	0.04	0.29	Oct-97	0.14	1.02	0.05	1.31
Nov-94	0.11	1.05	0.02	0.27	Nov-97	1.66	1.05	0.19	2.07
Dic-94	1.96	1.02	0.24	1.68	Dic-97	17.28	4.55	7.90	9.06
Ene-95	3.99	1.20	0.98	4.35	Ene-98	12.25	7.75	6.47	15.63
Feb-95	10.11	2.77	3.99	8.67	Feb-98	46.13	49.53	35.36	27.97
Mar-95	6.03	3.35	3.01	9.57	Mar-98	55.89	77.22	47.22	45.10
Abr-95	3.75	2.99	2.24	7.83	Abr-98	28.47	35.28	22.04	45.70
May-95	0.48	1.96	1.15	4.62	May-98	3.93	7.47	6.11	22.83
Jun-95	0.16	1.52	0.50	1.69	Jun-98	0.25	3.07	2.80	7.02
Jul-95	0.13	1.24	0.20	0.38	Jul-98	0.13	1.86	1.10	1.48
Ago-95	0.10	1.12	0.08	0.16	Ago-98	0.12	1.43	0.45	0.33
Set-95	0.12	1.08	0.03	0.08	Set-98	0.14	1.27	0.19	0.24
Oct-95	0.11	1.00	0.01	0.14	Oct-98	0.10	1.12	0.08	0.66
Nov-95	0.11	1.00	0.01	0.57	Nov-98	0.14	1.09	0.04	1.04
Dic-95	2.11	0.99	0.28	2.09	Dic-98	0.25	1.02	0.03	1.17

Cont. Apéndice D.1. Caudales mensuales de la subcuenca Charanal									
MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC	MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC
Ene-99	2.94	1.09	0.49	2.80	Ene-02	0.47	1.00	0.12	2.08
Feb-99	25.46	10.75	15.02	13.39	Feb-02	17.55	4.27	7.83	8.74
Mar-99	17.17	16.21	10.53	20.48	Mar-02	35.17	32.54	25.37	23.21
Abr-99	8.01	9.27	5.84	16.35	Abr-02	23.55	28.13	16.92	30.73
May-99	2.30	4.38	2.94	8.73	May-02	1.00	5.02	4.69	16.95
Jun-99	0.38	2.64	1.41	4.13	Jun-02	0.15	2.52	1.98	4.07
Jul-99	0.14	1.72	0.57	1.49	Jul-02	0.12	1.68	0.78	0.85
Ago-99	0.11	1.36	0.23	0.31	Ago-02	0.10	1.35	0.32	0.24
Set-99	0.14	1.23	0.10	0.21	Set-02	0.09	1.21	0.13	0.05
Oct-99	0.10	1.09	0.04	0.37	Oct-02	0.63	1.10	0.10	0.74
Nov-99	0.12	1.06	0.02	0.34	Nov-02	0.73	1.09	0.12	1.86
Dic-99	1.89	1.03	0.25	1.52	Dic-02	2.46	1.12	0.42	2.91
Ene-00	2.56	1.11	0.58	3.62	Ene-03	4.11	1.37	1.11	4.90
Feb-00	10.29	2.51	3.79	7.59	Feb-03	8.12	2.56	3.01	8.12
Mar-00	20.45	12.37	12.01	14.95	Mar-03	6.28	3.16	2.85	8.79
Abr-00	10.49	10.26	6.64	17.83	Abr-03	3.10	2.72	2.01	7.51
May-00	2.24	4.39	3.13	9.98	May-03	0.24	1.80	0.99	3.97
Jun-00	0.18	2.56	1.46	4.21	Jun-03	0.12	1.47	0.42	1.53
Jul-00	0.16	1.69	0.58	1.38	Jul-03	0.10	1.22	0.16	0.69
Ago-00	0.12	1.35	0.24	0.27	Ago-03	0.11	1.10	0.07	0.20
Set-00	0.11	1.23	0.10	0.47	Set-03	0.13	1.07	0.03	0.06
Oct-00	0.15	1.09	0.04	0.59	Oct-03	0.10	0.99	0.01	0.15
Nov-00	0.15	1.06	0.02	0.16	Nov-03	0.11	1.00	0.00	0.37
Dic-00	1.41	1.01	0.15	1.21	Dic-03	0.74	0.96	0.05	1.13
Ene-01	6.81	1.45	1.87	4.97	Ene-04	2.45	1.01	0.38	2.82
Feb-01	14.71	5.30	6.93	11.86	Feb-04	3.94	1.28	1.02	5.05
Mar-01	38.24	38.22	28.60	23.67	Mar-04	2.82	1.33	0.99	5.35
Abr-01	7.06	10.19	6.27	26.19	Abr-04	4.32	1.61	1.39	5.74
May-01	0.31	3.52	2.82	8.81	May-04	0.60	1.36	0.86	4.63
Jun-01	0.10	2.14	1.19	2.34	Jun-04	0.16	1.23	0.38	1.78
Jul-01	0.11	1.53	0.47	0.59	Jul-04	0.13	1.09	0.15	0.41
Ago-01	0.11	1.27	0.19	0.17	Ago-04	0.11	1.02	0.06	0.13
Set-01	0.13	1.17	0.08	0.16	Set-04	0.10	1.02	0.03	0.09
Oct-01	0.10	1.06	0.03	0.30	Oct-04	0.15	0.96	0.01	0.39
Nov-01	0.80	1.06	0.08	1.06	Nov-04	0.14	0.98	0.00	0.68
Dic-01	0.82	1.01	0.13	2.04	Dic-04	1.01	0.95	0.08	1.33

Cont. Apéndice D.1. Caudales mensuales de la subcuenca Charanal									
MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC	MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC
Ene-05	0.76	0.95	0.12	2.17	Ene-08	11.15	2.00	3.94	5.60
Feb-05	3.93	1.20	0.80	3.92	Feb-08	30.63	21.54	20.78	19.63
Mar-05	16.34	5.05	7.75	10.12	Mar-08	28.02	32.97	20.19	27.98
Abr-05	1.22	2.89	2.68	11.35	Abr-08	17.51	21.00	12.59	26.07
May-05	0.13	1.84	1.08	3.27	May-08	0.62	4.59	4.31	13.49
Jun-05	0.12	1.47	0.45	1.10	Jun-08	0.14	2.51	1.82	3.43
Jul-05	0.12	1.22	0.18	0.38	Jul-08	0.11	1.67	0.72	0.86
Ago-05	0.09	1.10	0.07	0.08	Ago-08	0.12	1.35	0.29	0.24
Set-05	0.15	1.07	0.03	0.07	Set-08	0.13	1.22	0.12	0.13
Oct-05	0.11	0.99	0.01	0.28	Oct-08	0.26	1.10	0.06	0.62
Nov-05	0.11	1.00	0.01	0.44	Nov-08	0.26	1.08	0.06	1.41
Dic-05	1.27	0.96	0.12	1.31	Dic-08	0.14	1.01	0.03	1.24
Ene-06	12.04	2.36	4.33	6.84	Ene-09	14.92	3.33	6.47	6.96
Feb-06	23.40	13.85	14.23	17.97	Feb-09	24.09	17.20	15.35	19.64
Mar-06	25.16	26.23	17.25	23.24	Mar-09	18.09	19.07	11.71	21.17
Abr-06	7.32	9.78	6.23	20.19	Abr-09	3.69	6.45	4.59	15.23
May-06	0.36	3.21	2.81	7.73	May-09	1.53	3.32	2.16	6.25
Jun-06	0.14	2.08	1.18	2.02	Jun-09	0.14	2.05	0.99	2.75
Jul-06	0.14	1.50	0.46	0.78	Jul-09	0.12	1.48	0.39	0.65
Ago-06	0.14	1.25	0.19	0.20	Ago-09	0.13	1.25	0.16	0.16
Set-06	0.13	1.16	0.08	0.13	Set-09	0.12	1.16	0.07	0.06
Oct-06	0.14	1.05	0.03	0.19	Oct-09	0.10	1.04	0.03	0.05
Nov-06	0.75	1.04	0.07	0.94	Nov-09	0.17	1.03	0.01	0.41
Dic-06	1.65	1.02	0.22	2.37	Dic-09	0.97	0.98	0.08	1.41
Ene-07	4.11	1.21	0.94	4.31	Ene-10	3.72	1.11	0.74	3.60
Feb-07	2.26	1.39	0.97	5.63	Feb-10	19.46	6.41	9.82	11.83
Mar-07	14.26	4.22	5.87	8.74	Mar-10	15.56	11.70	8.82	17.25
Abr-07	2.65	2.98	2.57	10.89	Abr-10	7.21	7.38	5.04	14.76
May-07	0.15	1.89	1.15	4.15	May-10	0.55	3.11	2.36	7.29
Jun-07	0.13	1.49	0.48	1.29	Jun-10	0.12	2.02	1.01	2.46
Jul-07	0.12	1.23	0.19	0.34	Jul-10	0.13	1.47	0.40	0.82
Ago-07	0.12	1.11	0.08	0.12	Ago-10	0.13	1.24	0.16	0.24
Set-07	0.11	1.07	0.03	0.07	Set-10	0.14	1.15	0.07	0.13
Oct-07	0.12	1.00	0.01	0.36	Oct-10	0.12	1.04	0.03	0.26
Nov-07	0.35	1.01	0.03	1.07	Nov-10	0.17	1.03	0.01	0.59
Dic-07	0.13	0.96	0.03	1.25	Dic-10	0.86	0.98	0.07	1.33

Cont. Apéndice D.1. Caudales mensuales de la subcuenca Charanal									
MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC	MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC
Ene-11	1.74	1.01	0.24	2.56	Ene-14	2.81	1.02	0.41	2.54
Feb-11	7.43	1.66	2.12	5.92	Feb-14	5.29	1.45	1.47	5.85
Mar-11	1.64	1.46	1.26	6.19	Mar-14	11.52	3.51	4.57	9.23
Abr-11	17.09	6.08	8.20	9.82	Abr-14	0.92	2.31	2.12	8.87
May-11	0.60	2.73	2.58	10.57	May-14	2.56	1.92	1.20	4.15
Jun-11	0.13	1.84	1.09	2.56	Jun-14	0.18	1.52	0.68	3.06
Jul-11	0.11	1.40	0.43	0.69	Jul-14	0.14	1.24	0.27	0.75
Ago-11	0.09	1.20	0.17	0.29	Ago-14	0.18	1.11	0.11	0.16
Set-11	0.10	1.13	0.07	0.21	Set-14	0.17	1.08	0.05	0.06
Oct-11	0.10	1.03	0.03	0.66	Oct-14	0.14	1.00	0.02	0.50
Nov-11	0.17	1.03	0.03	1.22	Nov-14	0.13	1.00	0.01	0.99
Dic-11	1.75	1.01	0.21	2.14	Dic-14	0.56	0.96	0.04	1.27
Ene-12	12.74	2.87	4.99	7.52	Ene-15	4.63	1.14	0.97	3.69
Feb-12	31.97	25.30	22.12	21.23	Feb-15	4.04	1.53	1.48	6.63
Mar-12	19.93	22.66	13.32	25.80	Mar-15	31.65	20.17	20.41	16.20
Abr-12	12.05	13.52	8.36	19.98	Abr-15	4.48	6.65	4.41	20.93
May-12	0.66	3.96	3.46	10.23	May-15	0.84	3.05	2.02	7.14
Jun-12	0.12	2.22	1.46	2.80	Jun-15	0.13	1.94	0.88	2.44
Jul-12	0.09	1.55	0.58	0.57	Jul-15	0.11	1.43	0.34	0.53
Ago-12	0.11	1.28	0.23	0.11	Ago-15	0.13	1.22	0.14	0.12
Set-12	0.09	1.18	0.10	0.03	Set-15	0.13	1.14	0.06	0.11
Oct-12	0.12	1.06	0.04	0.42	Oct-15	0.13	1.04	0.02	0.43
Nov-12	0.85	1.06	0.08	1.46	Nov-15	0.11	1.03	0.01	0.86
Dic-12	0.15	0.99	0.07	1.60	Dic-15	0.12	0.97	0.01	0.87
Ene-13	4.14	1.12	0.82	3.07	Ene-16	5.38	1.14	1.10	3.35
Feb-13	4.68	1.57	1.54	6.51	Feb-16	13.64	3.62	5.66	10.30
Mar-13	14.54	5.03	6.56	10.19	Mar-16	16.85	9.84	8.95	15.44
Abr-13	1.28	2.87	2.57	10.59	Abr-16	8.16	6.99	5.19	15.44
May-13	3.89	2.58	1.87	5.26	May-16	0.34	2.91	2.40	7.69
Jun-13	0.21	1.78	1.08	3.97	Jun-16	0.14	1.94	1.01	2.45
Jul-13	0.11	1.38	0.43	0.91	Jul-16	0.11	1.43	0.40	0.85
Ago-13	0.12	1.19	0.17	0.38	Ago-16	0.09	1.22	0.16	0.21
Set-13	0.11	1.12	0.07	0.17	Set-16	0.11	1.14	0.07	0.38
Oct-13	0.43	1.04	0.06	0.74	Oct-16	0.15	1.04	0.03	0.49
Nov-13	0.12	1.03	0.04	1.00	Nov-16	0.12	1.03	0.01	0.37
Dic-13	0.13	0.97	0.02	0.72	Dic-16	1.06	0.98	0.09	1.23

Cont. Apéndice D.1. Caudales mensuales de la subcuenca Charanal									
MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC	MESES	LUTZ SCHOLZ	GR2M	TEMEZ	ABC
Ene-17	7.59	1.45	2.01	5.08	Ene-19	5.54	1.26	1.27	3.73
Feb-17	33.55	21.06	22.09	19.19	Feb-19	34.54	21.02	22.99	18.30
Mar-17	58.78	78.58	49.76	39.81	Mar-19	8.48	9.64	5.69	21.66
Abr-17	11.94	15.07	9.40	40.05	Abr-19	8.68	7.95	5.15	12.81
May-17	5.83	7.68	5.28	15.64	May-19	1.06	3.39	2.43	7.92
Jun-17	0.29	3.05	2.58	6.83	Jun-19	0.12	2.06	1.06	2.71
Jul-17	0.12	1.85	1.01	1.40	Jul-19	0.12	1.49	0.42	0.65
Ago-17	0.14	1.43	0.41	0.31	Ago-19	0.12	1.25	0.17	0.21
Set-17	0.10	1.26	0.17	0.24	Set-19	0.13	1.16	0.07	0.09
Oct-17	1.10	1.15	0.17	1.16	Oct-19	0.10	1.05	0.03	0.44
Nov-17	0.17	1.10	0.13	1.55	Nov-19	0.11	1.04	0.02	0.96
Dic-17	0.98	1.04	0.13	1.31	Dic-19	2.62	1.04	0.38	2.35
Ene-18	5.83	1.37	1.40	4.38	Ene-20	3.22	1.18	0.80	4.50
Feb-18	4.02	1.78	1.69	7.33	Feb-20	22.16	8.35	11.16	12.48
Mar-18	4.07	1.89	1.56	6.17	Mar-20	18.50	14.30	10.41	19.88
Abr-18	4.54	2.15	1.79	6.67	Abr-20	6.93	7.03	5.12	16.43
May-18	4.15	2.24	1.83	6.57	May-20	2.90	3.80	2.76	8.55
Jun-18	0.22	1.74	1.08	4.75	Jun-20	0.22	2.31	1.36	4.39
Jul-18	0.09	1.35	0.43	1.45	Jul-20	0.12	1.66	0.55	1.93
Ago-18	0.06	1.17	0.17	0.28	Ago-20	0.13	1.35	0.23	1.27
Set-18	0.11	1.11	0.07	0.06	Set-20	0.11	1.22	0.10	0.71
Oct-18	0.07	1.02	0.03	0.37	Oct-20	0.12	1.08	0.04	0.24
Nov-18	2.07	1.06	0.28	1.99	Nov-20	0.14	1.06	0.02	0.48
Dic-18	0.19	0.99	0.24	2.38	Dic-20	5.86	1.26	1.41	3.63

Fuente: Elaboración propia

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS