



**Agua Sustentable**

## **TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS CLIMÁTICOS DEL SISTEMA TDPS**

### **INFORME FINAL**

**WILSON HERNAN YUQUE LIMA  
JORGE MOLINA CARPIO**



**LAPAZ – BOLIVIA**

**2013**

# TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS CLIMÁTICOS DEL SISTEMA TDPS

## Índice de Contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....  | 1         |
| 1.2 ALCANCE .....  | 1         |
| <b>CAPITULO 2. ÁREA DE ESTUDIO Y RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS ....</b>                 | <b>2</b>  |
| 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y LIMITES DE CUENCA.....  | 2         |
| 2.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA.....  | 6         |
| 2.3 ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN EL SOFTWARE HYDRACCESS .....                       | 8         |
| 2.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS .....                            | 12        |
| 2.5 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS.....                                    | 13        |
| <b>CAPITULO 3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA.....</b>                           | <b>20</b> |
| 3.1 INVENTARIO DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA 1960 - 2012 NIVEL MENSUAL .....             | 20        |
| 3.2 ANÁLISIS DE CALIDAD Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....                              | 27        |
| 3.2.1 Análisis de consistencia, homogenización y regionalización de la precipitación ..... | 27        |
| 3.2.2 Método del Vector Regional (VR) .....  | 27        |
| 3.2.3 Relleno y reconstitución estadística de datos pluviométricos .....                   | 28        |
| 3.2.4 Grupos Regionales.....   | 30        |
| 3.2.4.1 GRUPO REGIONAL A .....   | 31        |
| 3.2.4.2 GRUPO REGIONAL B .....   | 36        |
| 3.2.4.3 GRUPO REGIONAL C .....   | 44        |
| 3.2.4.4 GRUPO REGIONAL D .....   | 49        |
| 3.2.4.5 GRUPO REGIONAL E .....   | 55        |
| 3.2.4.6 GRUPO REGIONAL F .....   | 60        |
| 3.2.4.7 GRUPO REGIONAL G .....   | 66        |
| 3.2.4.8 GRUPO REGIONAL H .....   | 70        |
| 3.2.5 Resumen de Grupos Regionales determinados por el análisis de consistencia “VR” ..... | 76        |
| 3.2.6 Datos de precipitación media mensual y anual.....                                    | 84        |
| <b>CAPITULO 4. VARIABLES METEOROLÓGICAS.....</b>   | <b>90</b> |
| 4.1 ANÁLISIS DE VARIABLES METEOROLÓGICAS .....   | 90        |
| 4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN TERMOMÉTRICA .....  | 95        |
| 4.2.1 INVENTARIO DE LA INFORMACIÓN TERMOMÉTRICA 1960 - 2012 NIVEL MENSUAL .....            | 95        |
| 4.2.2 DATOS TERMOMÉTRICOS MEDIOS MENSUALES Y ANUALES .....                                 | 106       |
| 4.2.2.1 TEMPERATURA PROMEDIO .....   | 106       |
| 4.2.2.2 TEMPERATURA MÁXIMA .....   | 113       |
| 4.2.2.3 TEMPERATURA MÍNIMA.....  | 117       |

|  |            |
|--|------------|
| 4.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE HUMEDAD RELATIVA.....                                  | 121        |
| 4.3.1 INVENTARIO DE INFORMACIÓN DE HR PERIODO 1960-2012 A NIVEL MENSUAL .....            | 121        |
| 4.3.2 DATOS DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL Y ANUAL.....                               | 124        |
| 4.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE VELOCIDAD DEL VIENTO.....                              | 126        |
| 4.4.1 INVENTARIO INFORMACIÓN DE VELOCIDAD DE VIENTO PERIODO 1960-2012 A NIVEL MENSUAL... | 126        |
| 4.4.2 DATOS DE VELOCIDAD DE VIENTO MEDIA MENSUAL Y ANUAL .....                           | 129        |
| 4.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE HORAS DE SOL Y RADIACIÓN SOLAR .....                   | 131        |
| 4.5.1 INVENTARIO INFORMACIÓN DE HORAS DE SOL PARA EL PERIODO 1960-2012 A NIVEL MENSUAL.. | 131        |
| 4.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE EVAPORACIÓN EN TANQUE .....                            | 133        |
| 4.6.1 INVENTARIO INFORMACIÓN DE EVAP. EN TANQUE PERIODO 1960-2012 A NIVEL MENSUAL .....  | 133        |
| 4.6.2 DATOS DE EVAPORACIÓN EN TANQUE MEDIA MENSUAL Y ANUAL .....                         | 137        |
| <b>CAPITULO 5. ANÁLISIS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN .....</b>                                  | <b>138</b> |
| 5.1 MÉTODO DE PENMAN .....   | 138        |
| 5.2 CÁLCULO DE LA ETP CON EL MÉTODO DE PENMAN .....                                      | 140        |
| <b>CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                                   | <b>148</b> |
| 6.1 CONCLUSIONES.....  | 148        |
| 6.2 RECOMENDACIONES .....  | 151        |
| REFERENCIAS .....  | 152        |

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1 Ubicación geográfica del Sistema TDPS, y las cuencas que la conforman .....                         | 2  |
| Figura 2.2 Formato de planilla presentada por la página web del SENAMHI-PERÚ.....                              | 7  |
| Figura 2.3 Ubicación Geográfica de las Estaciones Meteorológicas del Sistema T.D.P.S. ....                     | 12 |
| <br>   |    |
| Figura 3.1 Record de datos pluviométrico para el periodo 1960 -2012.....                                       | 20 |
| Figura 3.2 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional A .....                               | 31 |
| Figura 3.3 Grupo A – Estaciones eliminadas por el programa Hydraccess por falta de datos periodo 1961-2012.... | 31 |
| Figura 3.4 Grupo A – Vector con datos originales para el periodo 1960-2012.....                                | 32 |
| Figura 3.5 Grupo A – Vector con datos originales de las estaciones seleccionadas, 1990-2012.....               | 33 |
| Figura 3.6 Grupo A – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas, 1990-2012 .....    | 34 |
| Figura 3.7 Grupo A – Vector con los datos corregidos y completados, periodo 1961-2012.....                     | 35 |
| <br>   |    |
| Figura 3.8 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional B.....                                | 36 |
| Figura 3.9 Grupo B – Vector con datos originales para el periodo 1960-2012 .....                               | 37 |
| Figura 3.10 Grupo B – Vector con datos originales de las estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....     | 38 |
| Figura 3.11 Grupo B – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....    | 39 |
| Figura 3.12 Grupo B – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1961-1990 .....         | 40 |
| Figura 3.13 Grupo B – Acumuladas de las estaciones elegidas, periodo 1961 – 1990 .....                         | 41 |
| Figura 3.14 Grupo B – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1961-1990 .....    | 42 |
| Figura 3.15 Grupo B – Vector con datos corregidos y completados para el periodo 1961 – 2012 .....              | 43 |
| <br>   |    |
| Figura 3.16 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional C.....                               | 44 |
| Figura 3.17 Grupo C – Estaciones eliminadas por el programa Hydraccess por falta de datos periodo 1961-2012 .. | 44 |
| Figura 3.18 Grupo C – Vector con datos originales para el periodo 1990-2012 .....                              | 45 |
| Figura 3.19 Grupo C – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....         | 46 |
| Figura 3.20 Grupo C – Acumuladas de las estaciones seleccionadas, periodo 1961-2012 .....                      | 47 |
| Figura 3.21 Grupo C – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....    | 47 |
| Figura 3.22 Grupo C – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012.....                        | 48 |
| <br>   |    |
| Figura 3.23 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional D .....                              | 49 |
| Figura 3.24 Grupo D – Estaciones eliminadas por el programa Hydraccess por falta de datos periodo 1961-2012..  | 49 |
| Figura 3.25 Grupo D – Vector con datos originales 1990-2012.....   | 50 |
| Figura 3.26 Grupo D – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....         | 51 |
| Figura 3.27 Grupo D – Acumuladas de datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1961-2012 .....      | 52 |
| Figura 3.28 Grupo D – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....    | 53 |
| Figura 3.29 Grupo D – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961 – 2012.....                      | 54 |
| Figura 3.30 Grupo D, Acumuladas de datos originales de estaciones seleccionadas, 1961-2012.....                | 54 |
| <br>   |    |
| Figura 3.31 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional E.....                               | 55 |
| Figura 3.32 Grupo E – Vector con datos originales, periodo 1990-2012 .....                                     | 56 |
| Figura 3.33 Grupo E – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....         | 57 |
| Figura 3.34 Grupo E – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....    | 58 |
| Figura 3.35 Grupo E – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012.....                        | 59 |
| <br>   |    |
| Figura 3.36 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional F .....                              | 60 |
| Figura 3.37 Grupo F – Estaciones eliminadas por el programa Hydraccess por falta de datos periodo 1961-2012 .. | 60 |
| Figura 3.38 Grupo F – Vector con datos originales, periodo 1990-2012 .....                                     | 61 |
| Figura 3.39 Grupo F – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....         | 62 |
| Figura 3.40 Grupo F – Acumuladas con datos originales, periodo 1961-2012 .....                                 | 63 |
| Figura 3.41 Grupo F – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....    | 64 |
| Figura 3.42 Grupo F – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012.....                        | 65 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Figura 3.43 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional G .....</i>  | 66  |
| <i>Figura 3.44 Grupo G – Vector con datos originales, periodo 1990-2012.....</i>  | 67  |
| <i>Figura 3.45 Grupo G – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012.....</i>   | 68  |
| <i>Figura 3.46 Grupo G – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012 .....</i>   | 69  |
| <i>Figura 3.47 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional H .....</i>  | 70  |
| <i>Figura 3.48 Grupo H – Vector con datos originales, periodo 1960-2012.....</i>  | 71  |
| <i>Figura 3.49 Grupo H – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012.....</i>  | 72  |
| <i>Figura 3.50 Grupo H – Acumuladas con datos originales, periodo 1961-2012 .....</i>   | 73  |
| <i>Figura 3.51 Grupo H – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012.....</i>   | 74  |
| <i>Figura 3.52 Grupo H – Acumuladas con datos originales, periodo 1961-2012 .....</i>   | 74  |
| <i>Figura 3.53 Grupo H – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012 .....</i>   | 75  |
| <i>Figura 3.54 Esquema de los Grupos Regionales del Sistema TDPS definidos en el presente estudio .....</i>   | 82  |
| <i>Figura 3.55 Índices anuales del Vector Regional de los Grupos Regionales definidos para el Sistema TDPS por el método Brunet Moret.....</i>                                    | 83  |
| <i>Figura 3.56 Precipitación Media Mensual en [mm] de las estaciones seleccionadas del Sistema TDPS .....</i>   | 87  |
| <i>Figura 3.57 Isolineas de Precipitación Anual Sistema TDPS periodo 1960-2012 .....</i>  | 88  |
| <i>Figura 4.1 Planilla de registros de la Estación de Capazo del mes de Julio de 2010.....</i>  | 92  |
| <i>Figura 4.2 Ploteo de registros de Temperatura Máxima y Mínima de la estación de Capazo .....</i>   | 92  |
| <i>Figura 4.3 Datos sospechosos que se pueden considerar como no validos.....</i>   | 93  |
| <i>Figura 4.4 Record de datos termométricos para el periodo 1960 -2012 .....</i>  | 96  |
| <i>Figura 4.5 Comparación de datos de temperatura promedio mensual del estudio de climatología ALT (Intecs et al. 1993a) y los registros originales del SENAMHI-Bolivia .....</i> | 108 |
| <i>Figura 4.6 Temperatura Media Promedio en [°C] de las estaciones seleccionadas del Sistema TDPS .....</i>   | 109 |
| <i>Figura 4.7 Perfil térmico – Temperatura Media Promedio Anual del Sistema TDPS .....</i>  | 110 |
| <i>Figura 4.8 Perfiles térmicos regionales – Temperatura Media Promedio Anual del Sistema TDPS.....</i>   | 110 |
| <i>Figura 4.9 Modelo de Elevación Digital del Sistema TDPS.....</i>   | 111 |
| <i>Figura 4.10 Mapa de Temperatura Promedio Anual del Sistema TDPS.....</i>   | 112 |
| <i>Figura 4.11 Perfil térmico – Temperatura Media Máxima Anual del Sistema TDPS .....</i>   | 115 |
| <i>Figura 4.12 Perfiles térmicos regionales – Temperatura Media Máxima Anual del Sistema TDPS.....</i>  | 115 |
| <i>Figura 4.13 Mapa de Temperatura Media Máxima Anual del Sistema TDPS.....</i>   | 116 |
| <i>Figura 4.14 Perfil térmico – Temperatura media mínima anual del sistema TDPS .....</i>   | 119 |
| <i>Figura 4.15 Perfiles térmicos regionales – Temperatura media mínima anual del sistema TDPS.....</i>  | 119 |
| <i>Figura 4.16 Mapa de temperatura media mínima anual del sistema TDPS .....</i>  | 120 |
| <i>Figura 4.17 Record de datos para la humedad relativa en el periodo de 1960 -2012.....</i>  | 121 |
| <i>Figura 4.18 Humedad Relativa Media Mensual de las estaciones del sistema TDPS .....</i>  | 124 |
| <i>Figura 4.19 Record de datos de Velocidad de Viento para el periodo 1960 -2012 .....</i>  | 126 |
| <i>Figura 4.20 Insolación Solar Media Mensual de las estaciones del sistema TDPS .....</i>  | 131 |
| <i>Figura 4.21 Record de datos de Evaporación en Tanque para el periodo 1960 -2012 .....</i>  | 136 |
| <i>Figura 4.22 Evaporación en Tanque Media Mensual de las estaciones del sistema TDPS .....</i>   | 136 |
| <i>Figura 5.1 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación Oruro Aeropuerto.....</i>   | 141 |
| <i>Figura 5.2 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación Patacamaya.....</i>   | 141 |
| <i>Figura 5.3 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación Desaguadero Perú .....</i>  | 142 |
| <i>Figura 5.4 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación Puno .....</i>  | 142 |
| <i>Figura 5.5 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación Chuquibambilla .....</i>  | 143 |
| <i>Figura 5.6 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación de Viacha .....</i>   | 144 |
| <i>Figura 5.7 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación de Laykacota .....</i>  | 145 |
| <i>Figura 5.8 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación de Arapa .....</i>  | 145 |
| <i>Figura 5.9 ETP Penman de estaciones del Sistema TDPS.....</i>  | 147 |

## Índice de Tablas

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Tabla 2.1 Área de las cuencas que conforman del Sistema T.D.P.S.....</i>  | <i>3</i>  |
| <i>Tabla 2.2 Cambio de los códigos de las estaciones del estudio de Climatología de la ALT (Intecsa et al. 1993a) por el Nombre de la estación .....</i> | <i>9</i>  |
| <i>Tabla 2.3 Lista de Captores de la base de datos Hydraccess.....</i>   | <i>10</i> |
| <i>Tabla 2.4 inventario de estaciones según su Tipo y Funcionamiento.....</i>  | <i>13</i> |
| <i>Tabla 2.5 Información de las Estaciones Meteorológicas del SISTEMA TDPS.....</i>  | <i>14</i> |
|  |           |
| <i>Tabla 3.1 inventario de Datos Originales de Precipitación a nivel Mensual (Diagrama de Barras) .....</i>  | <i>21</i> |
| <i>Tabla 3.2 Grupo A – Vector con datos originales, periodo 1961-2012 .....</i>  | <i>32</i> |
| <i>Tabla 3.3 Grupo A – Vector con datos originales de las estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....</i>  | <i>33</i> |
| <i>Tabla 3.4 Grupo A – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas, 1990-2012 .....</i>  | <i>34</i> |
| <i>Tabla 3.5 Grupo A – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961 – 2012 .....</i>  | <i>35</i> |
| <i>Tabla 3.6 Grupo B – Vector con los datos originales para el periodo 1961 – 2012 .....</i>   | <i>37</i> |
|  |           |
| <i>Tabla 3.7 Grupo B – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, para el periodo 1990-2012 .....</i>                                      | <i>38</i> |
| <i>Tabla 3.8 Grupo B – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....</i>   | <i>39</i> |
| <i>Tabla 3.9 Grupo B – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1961-1990 .....</i>  | <i>40</i> |
| <i>Tabla 3.10 Grupo B – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1961-1990 .....</i>  | <i>42</i> |
| <i>Tabla 3.11 Grupo B – Vector con datos corregidos y completados para el periodo 1961-2012 .....</i>  | <i>43</i> |
|  |           |
| <i>Tabla 3.12 Grupo C – Vector con datos originales para el periodo 1990-2012 .....</i>  | <i>45</i> |
| <i>Tabla 3.13 Grupo C – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....</i>   | <i>46</i> |
| <i>Tabla 3.14 Grupo C – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....</i>  | <i>47</i> |
| <i>Tabla 3.15 Grupo C – Vector con los datos corregidos y completados para el periodo 1961 – 2012 .....</i>  | <i>48</i> |
|  |           |
| <i>Tabla 3.16 Grupo D – Vector con los datos originales, 1990 – 2012 .....</i>   | <i>50</i> |
| <i>Tabla 3.17 Grupo D – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....</i>   | <i>51</i> |
| <i>Tabla 3.18 Grupo D – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....</i>  | <i>52</i> |
| <i>Tabla 3.19 Grupo D – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961 – 2012 .....</i>   | <i>53</i> |
|  |           |
| <i>Tabla 3.20 Grupo E – Vector con datos originales, periodo 1990-2012 .....</i>   | <i>56</i> |
| <i>Tabla 3.21 Grupo E – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....</i>   | <i>57</i> |
| <i>Tabla 3.22 Grupo E – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....</i>  | <i>58</i> |
| <i>Tabla 3.23 Grupo E – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012 .....</i>   | <i>59</i> |
|  |           |
| <i>Tabla 3.24 Grupo F – Vector con datos originales, periodo 1990-2012 .....</i>   | <i>61</i> |
| <i>Tabla 3.25 Grupo F – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....</i>   | <i>62</i> |
| <i>Tabla 3.26 Grupo F – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....</i>  | <i>64</i> |
| <i>Tabla 3.27 Grupo F – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012 .....</i>   | <i>65</i> |
|  |           |
| <i>Tabla 3.28 Grupo G – Vector con datos originales, periodo 1990-2012 .....</i>   | <i>67</i> |
| <i>Tabla 3.29 Grupo G – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....</i>  | <i>68</i> |
| <i>Tabla 3.30 Grupo G – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012 .....</i>   | <i>69</i> |
|  |           |
| <i>Tabla 3.31 Grupo H – Vector con datos originales, periodo 1990-2012 .....</i>   | <i>71</i> |
| <i>Tabla 3.32 Grupo H – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012 .....</i>   | <i>72</i> |
| <i>Tabla 3.33 Grupo H – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012 .....</i>  | <i>73</i> |
| <i>Tabla 3.34 Grupo H – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012 .....</i>   | <i>75</i> |
|  |           |
| <i>Tabla 3.35 Grupos Regionales Finales del sistema TDPS periodo 1990 - 2012.....</i>  | <i>76</i> |
| <i>Tabla 3.36 Grupos Regionales del sistema TDPS periodo 1960 – 2012 .....</i>   | <i>79</i> |
| <i>Tabla 3.37 Porcentaje de años secos y húmedos de los Grupos Regionales definidos para el sistema TDPS dentro del periodo 1960-2012 .....</i>          | <i>83</i> |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Tabla 3.38 Precipitación Media Mensual y Anual en [mm] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 – 2012 considerando el año hidrológico.....</i> | 84  |
| <i>Tabla 4.1 Rangos de diferentes variables meteorológicas para datos diarios .....</i>  | 90  |
| <i>Tabla 4.2 inventario de Datos Originales de Temperatura Máxima a nivel Mensual (Diagrama de Barras).....</i>  | 97  |
| <i>Tabla 4.3 inventario de Datos Originales de Temperatura Mínima a nivel Mensual (Diagrama de Barras) .....</i>   | 100 |
| <i>Tabla 4.4 inventario de Datos Originales de Temperatura Promedio a nivel Mensual (Diagrama de Barras) .....</i>   | 103 |
| <i>Tabla 4.5 Temperatura Media Promedio Mensual y Anual en [°C] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012.....</i>                           | 106 |
| <i>Tabla 4.6 Temperatura Media Máxima Mensual y Anual en [°C] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012.....</i>                             | 113 |
| <i>Tabla 4.7 Temperatura Media Mínima Mensual y Anual en [°C] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012.....</i>                             | 117 |
| <i>Tabla 4.8 inventario de Datos Originales de Humedad Relativa a nivel Mensual (Diagrama de Barras) .....</i>   | 122 |
| <i>Tabla 4.9 Humedad Relativa Media Mensual y Anual en [%] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012 .....</i>                               | 125 |
| <i>Tabla 4.10 inventario de Datos Originales de Velocidad de Viento a nivel Mensual (Diagrama de Barras) .....</i>   | 127 |
| <i>Tabla 4.11 Velocidad de Viento Media Mensual y Anual en [m/s] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012.....</i>                          | 129 |
| <i>Tabla 4.12 inventario de Datos Originales de Horas de Sol a nivel Mensual (Diagrama de Barras) .....</i>  | 132 |
| <i>Tabla 4.13 Horas de Sol Media a nivel mensual y anual en [Hrs/día] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012.....</i>                     | 133 |
| <i>Tabla 4.14 inventario de Datos Originales de Evaporación en Tanque a nivel Mensual (Diagrama de Barras) .....</i>   | 134 |
| <i>Tabla 4.15 Evaporación en Tanque Media Mensual y Anual en [mm] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012.....</i>                         | 137 |
| <i>Tabla 5.1 Radiación Solar Ro en el límite superior de la atmósfera (cal/cm<sup>2</sup>-día) .....</i>   | 140 |
| <i>Tabla 5.2 Medias mensuales de la duración astronómica del día N (horas) .....</i>   | 140 |
| <i>Tabla 5.3 Albedo <math>\alpha</math> en función al tipo de suelo.....</i>   | 140 |
| <i>Tabla 5.4 Coeficiente de reducción “f” (Tanque tipo A – Penman) a nivel mensual y anual .....</i>   | 144 |
| <i>Tabla 5.5 Evaporación potencial media mensual y anual [mm] del Sistema TDPS Método de Penman.....</i>   | 146 |

## CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En el marco de las actividades del proyecto: “Fortalecimiento de Planes Locales de Inversión y Adaptación al Cambio Climático en el Altiplano Boliviano”, se realiza la complementación, actualización y validación de la base de datos climáticos del sistema TDPS. La institución ejecutora es el centro de apoyo a la Gestión Sustentable del Agua y el Medio Ambiente, una organización no gubernamental que funciona bajo la sigla “AGUA SUSTENTABLE”, en conjunto con el Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés (IHH - UMSA) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI).

El objetivo principal de este estudio es elaborar y validar una base de datos climáticos de la cuenca, definida como sistema TDPS; analizando el comportamiento y la evolución temporal a nivel mensual de las variables climáticas.

### 1.2 ALCANCE

El tratamiento y análisis de datos climáticos comprende las siguientes actividades:

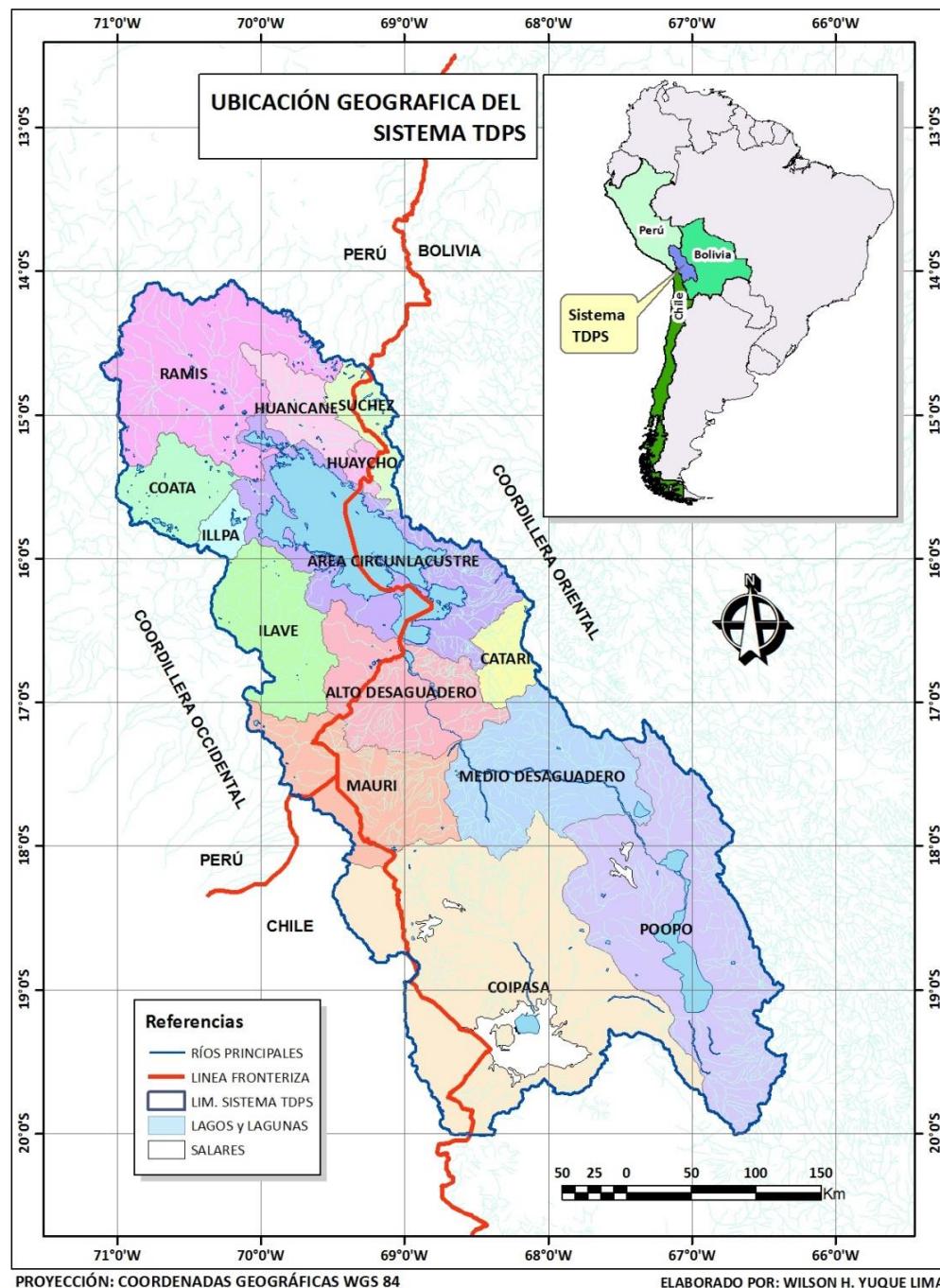
- Recopilación de la información climática para el periodo de 1990 a 2012, de las siguientes instituciones:
  - SENAMHI – Bolivia
  - ANA – Perú (datos disponibles en su página web de internet)
  - SENAMHI – Perú (datos disponibles en su página web de internet)
- Recopilación de la información cartográfica.
- Tratamiento y regionalización, a nivel mensual, de los datos de precipitación.
- Evaluación y análisis de la información de los parámetros climáticos: temperatura, humedad relativa, vientos, radiación y evaporación en tanque.
- Estimación y cálculo de la evaporación y evapotranspiración potencial en toda el área del proyecto.
- Creación de una base de datos Hydraccess que consolida la información climática, a nivel mensual, de las estaciones existentes en la cuenca y su área de influencia.
- Tratamiento de la información cartográfica para la elaboración de mapas temáticos digitales en formato (.shp) para el programa ArcGIS, que muestren gráficamente los siguientes resultados: mapa de ubicación de las estaciones, mapa de isolíneas de precipitación y temperatura.

## CAPITULO 2. ÁREA DE ESTUDIO Y RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

### 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y LIMITES DE CUENCA

El área de estudio está integrado por cuatro cuencas hidrográficas: el Lago Titicaca, el río Desaguadero, Lago Poopó y el Lago Salar de Coipasa, lo que se denomina Sistema TDPS.

El sistema TDPS es una cuenca endorreica, ubicada entre Bolivia, Chile y Perú (*figura 2.1*); delimitada geográficamente (en forma aproximada) entre las coordenadas de 14°03' a 20°00' de latitud Sur, y de 66°21' a 71°07' de longitud Oeste (Intecs *et al.* 1993a).



El sistema está enmarcado por la Cordillera de los Andes que se bifurca al sur de Perú en dos ramales, la Cordillera Occidental y la Oriental o Real. La Cordillera Oriental separa al Sistema TDPS de las cuencas del Amazonas por el noreste y del Río de la Plata por el sureste. El altiplano se conforma por una serie de llanuras, serranías y cerros aislados, siendo la máxima altitud de la región el monte Sajama de 6542 msnm y la mínima el fondo del Lago Titicaca situado a 3533 msnm.

La superficie del Sistema TDPS es de 144.374 Km<sup>2</sup> (información ALT), y comprende la parte altiplánica de la subregión de Puno en el Perú y de los departamentos de La Paz y Oruro en Bolivia.

La *tabla 2.1* detalla el área de cada cuenca que conforman el sistema TDPS (información ALT), estos valores se tomaran como parámetros iniciales del presente estudio, que serán sometidos a un proceso de comparación en el informe final.

**Tabla 2.1 Área de las cuencas que conforman del Sistema T.D.P.S.**

| Nº                      | Subcuencas Sistema T.D.P.S.    | Área [Km <sup>2</sup> ] |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 1                       | SUCHEZ                         | 2.827,3                 |
| 2                       | COATA                          | 4.564,4                 |
| 3                       | HUAYCHO                        | 750,6                   |
| 4                       | ILAVE                          | 7.720,4                 |
| 5                       | CATARI                         | 2.519,2                 |
| 6                       | ALTO DESAGUADERO               | 9.452,2                 |
| 7                       | MEDIO DESAGUADERO              | 11.869,6                |
| 8                       | MAURI                          | 9.896,6                 |
| 9                       | POOPÓ                          | 23.768,9                |
| 10                      | COIPASA                        | 33.019,9                |
| 11                      | RAMIS                          | 14.866,6                |
| 12                      | HUANCANÉ                       | 3.559,9                 |
| 13                      | ÁREA CIRCUNLACUSTRE (Titicaca) | 18.264,1                |
| 14                      | ILLPA                          | 1.294,3                 |
| <b>Superficie Total</b> |                                | <b>144.374,0</b>        |

*Fuente:* Elaboración Propia, en base a información ALT

El Lago Titicaca representa el principal reservorio de agua del sistema TDPS. Está situado a 3810 msnm que lo convierten en el lago navegable más alto del mundo, mide 204 kilómetros de largo y 65 kilómetros de ancho, tiene una superficie media de 8400 km<sup>2</sup> con una cuenca vertiente de 56168 Km<sup>2</sup> (Intecsa *et al.* 1993a). El lago está formado por dos cuerpos: uno denominado Lago Mayor o Chucuito en la parte norte; y otro, Lago Menor o Huiñaymarca en la parte sur; comunicados entre sí, por el estrecho de Tiquina. Los principales afluentes del Lago Titicaca son los ríos: Suches, Huancané, Ramis, Coata, Ilave, Catari, Tiahunacu y Keka; y el río Desaguadero como única salida fluvial que desemboca en el lago Poopó (página web de la ALT, 2010).

El río Desaguadero nace en la parte sudoeste del lago Titicaca, es el único efluente, pasa cerca de las localidades de Calacoto, Ulloma y Puerto Japones. En sus márgenes, en territorio boliviano, sus aguas son utilizadas para riego. El río tiene una cuenca vertiente de 29.843 km<sup>2</sup> y

una longitud de 398 kilómetros, que tiene tres trechos bien característicos: los primeros 63 Km presenta unas llanuras anchas (del puente internacional a Nazacara), continua hasta el Km 226 una zona montañosa (de Nazacara a Chilahuala), y el trecho final presenta unas llanuras de inundación (de Chilahuala al Lago Poopó) (Intecsa *et al.* 1993a).

El *Lago Poopó* tiene una superficie media de 3.191 Km<sup>2</sup>, segundo lago más grande de Bolivia, que por medio del río Laca Jahuira se conecta con el Salar de Coipasa solo en épocas muy lluviosas (Intecsa *et al.* 1993a).

El Salar de Coipasa se encuentra en la parte central oeste del altiplano andino, a una altura de 3657 msnm. Tiene alrededor de 700 Km de largo y 50 Km de ancho, con una superficie de 2218 Km<sup>2</sup>. El Salar de Coipasa rodea enteramente al lago Coipasa. El lago Coipasa tiene una profundidad de 3.5 m, el río Lauca es su principal afluente. (Encyclopedia Britannica – Coipasa Salt Flat.)

El clima del Sistema TDPS está determinado por una combinación de factores; de acuerdo con el informe de 1996, Diagnóstico Ambiental del Sistema TDPS - UNEP, los más importantes son los siguientes:

- La posición geoastronómica, la cual determina el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre. La región se extiende aproximadamente entre los 14° y los 20° de latitud sur, lo que hace que sus condiciones climáticas sean tropicales, con una estacionalidad térmica moderada.
- El relieve general, determinado por la altitud, la forma y orientación de las masas montañosas. A este respecto, la principal característica del sistema es su elevada altitud, en general superior a los 3.800 m, lo que hace que su clima sea frío, aun durante el verano. Las altas cordilleras longitudinales, que enmarcan el altiplano central, actúan como barreras para los vientos húmedos provenientes de las vertientes y llanuras exteriores, especialmente del oriente. No obstante, al interior del altiplano, la presencia del extenso Lago Titicaca constituye una importante fuente de humedad y un elemento moderador del clima.
- La circulación atmosférica zonal, la cual determina en gran medida la distribución espacial y temporal de la precipitación. El continente suramericano, y dentro de él el Sistema TDPS, está bajo la influencia de tres sistemas semipermanentes de alta presión y uno de baja presión. Los sistemas de alta presión son los anticiclones del Atlántico, del Pacífico Sur y del Caribe, los cuales bordean aproximadamente el continente. El sistema de baja presión corresponde a la zona de convergencia intertropical (ZCIT), la cual se mueve entre los mencionados núcleos de alta presión del sur y del norte, siguiendo aproximadamente el movimiento aparente del sol. Además, la región alcanza a recibir la influencia de las masas de aire frío de los frentes polares del Pacífico y del Atlántico.
- La diferencia de presión entre los sistemas anticiclónicos y la ZCIT, la cual genera flujos de aire desde los trópicos hacia el ecuador. Estos son desviados hacia la

izquierda por el movimiento de rotación de la tierra, dando lugar en la zona a los vientos alisios del sureste.

Durante el invierno la ZCIT se desplaza hacia el norte y los anticiclones penetran más en el continente, dando lugar a la estación seca en la mayor parte del Perú y Bolivia. Al final del invierno, el frente polar antártico inicia su repliegue hacia el sur, mientras que la ZCIT avanza hacia el centro del continente llevando consigo aire húmedo y caliente.

Durante los meses de verano los anticiclones oceánicos canalizan los flujos de aire hacia los bordes del continente, mientras que el extremo sur queda bajo la influencia de la zona de baja presión circumpolar. Paralelamente, el fuerte calentamiento terrestre genera una depresión térmica que hace descender a la ZCIT hasta los 15° a lo largo del meridiano 60°. Esta depresión se caracteriza por movimientos convectivos que, aunados a la fuerte humedad producida por la evaporación del Lago Titicaca, da lugar a la formación de grandes cúmulos y cumulonimbos sobre la región. Como resultado, llueve en todo el sistema. La circulación atmosférica descrita explica el régimen anual de las lluvias. La parte Norte del Sistema TDPS, más afectada por la ZCIT, es la que recibe más lluvia, mientras que el sur, más sujeto a los vientos anticiclónicos, es más seco.

El anterior es el sistema "normal" de circulación. No obstante, puede sufrir oscilaciones o variaciones más o menos marcadas, de las cuales la más importante es causada por la corriente marina conocida bajo el nombre "El Niño". El fenómeno de El Niño no tiene un ciclo fijo y su dinámica es aún objeto de estudio.

Es muy probable que el fenómeno del niño haya sido el responsable de las sequías de 1942-43 y 1982-83 en la región andina, acompañadas de graves inundaciones en el sur de Bolivia y noreste de Argentina. En 1984-85-86 el Sistema TDPS soportó un período de fuertes lluvias, que produjeron una elevación de más de 2 m del nivel normal del Lago Titicaca, ocasionando graves inundaciones y pérdidas cuantiosas en toda la región.

## 2.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CLIMATICA

El proceso de recolección de datos es la fase inicial y principal del estudio. La cantidad y la calidad de datos meteorológicos (a nivel diario, mensual y anual) que podrían ser reunidos y tratados, condicionan el nivel de exactitud del estudio.

La información de los datos climáticos, de las estaciones meteorológicas de nuestra área de estudio, se las obtuvo de las siguientes fuentes:

- a) Base de datos del *Estudio de Climatología de la ALT* (Intecsa *et al*, 1993) del proyecto: "Plan Director Global Binacional - Prevención de inundaciones y aprovechamiento de los recursos del lago Titicaca, río Desaguadero, lago Poopó y Salar de Coipasa (Sistema TDPS)".

La información se encontraba en formato (.xlsx) de Microsoft Excel. Los datos abarcaban el periodo de 1960 a 1990, con series a nivel mensual, con un total de 139 estaciones. Utilizando el software Hydraccess, se almaceno la información, conformándose una base de datos en formato (.mdb) de Microsoft Access.

- b) Base de datos del estudio de *Balance hídrico superficial de la cuenca del lago Titicaca*, 2003, A. Aliaga & F. Andrade.

Esta información se encontraba en formato (.xlsx) de Microsoft Excel, la que se llevó a un ordenamiento de columnas y filas (requerido por el programa), para su correspondiente importación desde es software Hydraccess.

La información extraída es la que corresponde a los datos climáticos de 33 estaciones peruanas a nivel mensual; de esa manera, se completa la base inicial hasta el periodo que oscilaba entre los años de 1995 a 1998. En el mejor de los casos los datos correspondían a las variables climáticas de: precipitación, temperatura promedio, vientos, humedad relativa y evaporación en tanque.

- c) Para completar los datos peruanos, se recurrió a las siguientes páginas web:

[www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)  
[www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe)

La primera dirección es del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI - Perú); y la segunda, de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

El SENAMHI - Perú, presenta una información restringida a los usuarios en su página web. Se tiene acceso a los últimos 5 años de su historial de registro de datos; por tal motivo, solo se pudo compilar la información correspondiente al periodo de 2008 a 2012.

Otro problema que dificulta el acceso a la información mostrada por esta página, es que no es descargable en ningún formato editable; es decir, que solo se puede descargar o guardar en formato de imagen.

Una vez realizada la descarga, se procedió a la digitalización e identificación de valores incoherentes; tomando muy en cuenta, la advertencia que textualmente dice “*Información sin Control de Calidad*”.

La figura 2.2 muestra una planilla de la estación de Ayaviri, correspondiente al mes de mayo del 2011; donde podemos apreciar que los valores de temperatura máxima y mínima son iguales, lo cual no es correcto.

**Figura 2.2 Formato de planilla presentada por la página web del SENAMHI-PERÚ**

| Estación : AYAVIRI , Tipo Convencional - Meteorológica |                      |                        |                             |      |                    |                               |              |     |                    |      |
|--|----------------------|------------------------|-----------------------------|------|--------------------|-------------------------------|--------------|-----|--------------------|------|
| Departamento : PUNO                                    |                      | Provincia : MELGAR     |                             |      | Distrito : AYAVIRI |                               | Ir : 2011-05 |     |                    |      |
| Latitud : 14° 52' 52"                                  |                      | Longitud : 70° 35' 34" |                             |      | Altitud : 3920     |                               |              |     |                    |      |
| Día/mes/año  | Temperatura Max (°c) | Temperatura Min (°c)   | Temperatura Bulbo Seco (°c) |      |                    | Temperatura Bulbo Húmedo (°c) |              |     | Precipitacion (mm) |      |
|  |                      |                        | 07                          | 13   | 19                 | 07                            | 13           | 19  | 07                 | 19   |
| 01-May-2011  | -4                   | -4                     | 5.2                         | 16.2 | 9.8                | 3.4                           | 8.8          | 5.4 |                    | C    |
| 02-May-2011  | 1                    | 1                      | 6.2                         | 15.2 | 6.4                | 4.2                           | 7.8          | 4.8 | .3                 | N 4  |
| 03-May-2011  | 3.2                  | 3.2                    | 7.4                         | 17   | 6.4                | 6.4                           | 8            | 2   | 2.1                | N 6  |
| 04-May-2011  | -4                   | -4                     | 3.2                         | 17.6 | 9.2                | 1.8                           | 6.2          | 4.2 |                    | N 2  |
| 05-May-2011  | -2.8                 | -2.8                   | 2                           | 18   | 8.8                |                               | 8.4          | 4.2 |                    | NW 6 |
| 06-May-2011  | -4.2                 | -4.2                   | 1                           | 16.4 | 8.6                | -3                            | 7            | 2.4 |                    | C    |
| 07-May-2011  | -5.6                 | -5.6                   | -1                          | 15.2 | 8.2                | -2                            | 10.2         | 6   |                    | SE 2 |
| 08-May-2011  | -3.6                 | -3.6                   |                             | 15   | 10                 | -1                            | 6.2          | 5   |                    | N 6  |
| 09-May-2011  | -1.4                 | -1.4                   | 4.4                         | 18.2 | 8.8                | 2.4                           | 9            | 3.6 |                    | C    |
| 10-May-2011  | 1.8                  | 1.8                    | 4.2                         | 8.2  | 4.4                | 3.8                           | 7            | 3   | .5                 | NE 6 |
| 11-May-2011  | .8                   | .8                     | 3                           | 16.2 | 7.2                | 1.4                           | 7            | 3.2 |                    | NW 2 |
| 12-May-2011  | -4                   | -4                     | 2.4                         | 15.8 | 8.4                | 1.2                           | 9            | 4.4 |                    | N 2  |
| 13-May-2011  | 1                    | 1                      | 4.2                         | 17.4 | 7.6                | 2                             | 7            | 2.8 |                    | C    |
| 14-May-2011  | -4.2                 | -4.2                   | 2                           | 16.4 | 5.6                | 6                             | 1            |     |                    | NE 4 |
| 15-May-2011  | -6.2                 | -6.2                   |                             | 17.2 | 7.6                | -3.6                          | 7.2          | 3   |                    | N 2  |
| 16-May-2011  | -4.8                 | -4.8                   | -1.4                        | 16.4 | 7                  | -2                            | 5.4          | 1.4 |                    | N 2  |
| 17-May-2011  | -3.8                 | -3.8                   | 1.8                         | 16.6 | 7                  | -4                            | 6.4          | 2.4 |                    | W 6  |
| 18-May-2011  | -5                   | -5                     | -1.4                        | 16.2 | 6                  | -2.4                          | 6.2          | 2   |                    | NW 4 |
| 19-May-2011  | -6.4                 | -6.4                   | 4                           | 16   | 5                  | -1.8                          | 6.2          | 1   |                    | W 6  |
| 20-May-2011  | -6                   | -6                     | 1                           | 16.8 | 5.2                | -1.8                          | 6.2          | 1   |                    | C    |
| 21-May-2011  | -6.6                 | -6.6                   | 1.2                         | 17.6 | 7                  | -2                            | 7.4          | 2.2 |                    | NW 2 |
| 22-May-2011  | -3.8                 | -3.8                   | 2                           | 17.8 | 10.4               |                               | 6.8          | 6.6 | 1.7                | W 4  |
| 23-May-2011  | -1                   | -1                     | 4.8                         | 16.6 | 6.2                | 3                             | 8.2          | 5   | 1.2                | SW 4 |
| 24-May-2011  |                      |                        | 2                           | 18.6 | 10.8               | 1                             | 10           | 6.4 | .1                 | C    |
| 25-May-2011  | -4                   | -4                     | 2                           | 17.2 | 10.4               | .8                            | 9            | 5   |                    | C    |
| 26-May-2011  | -1.8                 | -1.8                   | 1.4                         | 16   | 9.2                | 8                             | 5.4          |     |                    | S 4  |
| 27-May-2011  | -3.2                 | -3.2                   | -1.4                        | 18.4 | 9.4                | -1.8                          | 7.4          | 4.6 |                    | SE 4 |
| 28-May-2011  | -4.6                 | -4.6                   | 1.4                         | 17.8 | 6.8                | .2                            | 8.4          | 1.2 |                    | C    |
| 29-May-2011  | 6.4                  | 6.4                    | -2                          | 16.6 | 6.2                | -2.2                          | 6            | 1.6 |                    | C    |
| 30-May-2011  | -7.2                 | -7.2                   | -1.4                        | 16.8 | 7.4                | -2.8                          | 6.4          | 1   |                    | C    |
| 31-May-2011  | -7.6                 | -7.6                   | -1.8                        | 16.8 | 9                  | -2.6                          | 6.4          | 1   |                    | S 4  |

**Fuente:** Información descargada [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

La segunda dirección perteneciente a ANA, contaba solamente con la información de la variable climática de precipitación, en la mayoría de los casos a nivel instantáneo, se pudo obtener la información de 27 estaciones (peruanas).

La ventaja de esta página web es que la información se puede descargar en formato (.xlsx) de Microsoft Excel; lo único que debía hacerse, es ordenar los datos para que puedan ser importados por el software Hydraccess.

- d) Publicaciones en formato (.pdf) como: “*Puno - Compendio Estadístico 2009, INEI*”, documento presentado por la Oficina Departamental de Estadística e Informática de la ODEI Puno; que en su contenido presenta información del departamento de Puno sobre su evolución demográfica, social, económica y financiera.

La información de nuestro interés, de esta publicación, fueron las variables climáticas de: precipitación, temperatura máxima, mínima y media registrada. Los datos estaban presentados a nivel mensual, del periodo de 1983 al 2009. Esta información también nos sirvió para poder cruzar la información; es decir, validar los valores ya existentes en la base de datos del correspondiente informe.

- e) La fuente de información para la parte boliviana fue el *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)* de Bolivia.

Nos proporcionaron toda la información en formato (.xlsx) de Microsoft Excel, la que se llevó a un ordenamiento de columnas y filas exigida por el software Hydraccess para su importación. Se adiciono a la base de datos inicial 139 estaciones bolivianas, con información climática a nivel diario.

- f) Base de datos del *Estudio de hidrología en las cuencas Mauri y Desaguadero, 2012*, B. Gutiérrez & J. Molina. La información extraída de esta base de datos (ya en Hydraccess) fueron los datos de las estaciones chilenas.

## 2.3 ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN EL SOFTWARE HYDRACCESS

El Hydraccess es un software de fácil manejo, que permite importar y guardar varios tipos de datos hidrológicos en una base de datos en formato Microsoft Access. Su desarrollo empezó en el año 2000, y se ha continuado con regularidad desde esta fecha. Su autor es Philippe Vauchel, Hidrólogo del IRD (Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo).

Toda la información obtenida fue digitalizada, analizada y almacenada en una base de datos en formato (.mdb) de Microsoft Access con el uso del software Hydraccess, con el siguiente detalle:

- a) Los códigos numéricos y abreviaciones designados para cada estación en el estudio de Climatología de la ALT (Intecsa *et al.* 1993a), se los cambio por los propios nombres de las estaciones; logrando así, una mejor identificación (ver Tabla 2.2). Por condiciones del programa (Hydraccess) los nombres deben tener como máximo 12 caracteres.

**Tabla 2.2 Cambio de los códigos de las estaciones del estudio de Climatología de la ALT (Intecsia et al. 1993a) por el Nombre de la estación**

| COD Estudio 1993 | Nueva Id_Station | Nombre de la estación | COD Estudio 1993 | Nueva Id_Station | Nombre de la estación | COD Estudio 1993 | Nueva Id_Station | Nombre de la estación |
|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 704              | Juliana          | Juliana               | 7421             | Cojata           | Cojata                | HUA              | Huachacalla      | Huachacalla           |
| 708              | Puno             | Puno                  | 7425             | Conima           | Conima                | HUAC             | Huacullani_B     | Huacullani Bolivia    |
| 761              | Llally           | Llally                | 7426             | Santa_Lucia      | Santa Lucia           | HUAT             | Huatajata        | Huatajata             |
| 762              | Pampahuta        | Pampahuta             | 7427             | Toroya           | Toroya                | HUR              | Huarina_Cota     | Huarina Cota Cota     |
| 763              | Lagunillas       | Lagunillas            | 7428             | RinconD_Cruz     | Rincon De La Cruz     | ICH              | Hichucota        | Hichucota             |
| 764              | Chuquibambil     | Chuquibambilla        | 7429             | Isla_Suana       | Isla Suana            | IRP              | Irpa_Chico       | Irpa Chico            |
| 776              | Ayaviri          | Ayaviri               | 8310             | Ichuña           | Ichuña                | JES              | Jesús_de_Mac     | Jesús de Machaca      |
| 777              | Macusani         | Macusani              | 8316             | Laraqueri        | Laraqueri             | JIH              | Jihuacuta        | Jihuacuta             |
| 778              | Progreso         | Progreso              | 8320             | Vilacota         | Vilacota              | JUL              | Julaca           | Julaca                |
| 779              | Lampa            | Lampa                 | 8326             | Capazo           | Capazo                | NAZ              | Nazacara         | Nazacara              |
| 780              | Cabanillas       | Cabanillas            | 8327             | Challapalca      | Challapalca           | ORI              | Orinoca_H        | Orinoca H             |
| 781              | Azangaro         | Azangaro              | 8328             | Paucarani        | Paucarani             | ORU              | Oruro_Aeropu     | Oruro Aeropuerto      |
| 782              | Los_Uros         | Los Uros              | 8329             | Chilligua        | Chilligua             | PAT              | Patacamaya       | Patacamaya            |
| 783              | Arapa            | Arapa                 | 8330             | Chuopalca        | Chuopalca             | PAZ              | Pazña            | Pazña                 |
| 784              | Salcedo          | Granja Salcedo        | ABA              | Abaroa           | Abaroa                | PEN              | Peñas            | Peñas                 |
| 785              | Muñani           | Muñani                | ACH              | Achiri           | Achiri                | PIL              | Pillapi          | Pillapi               |
| 786              | Huancane         | Huancane              | ANC              | Ancoraimes       | Ancoraimes            | POT              | Potosi_Ciuda     | Potosi Ciudad         |
| 787              | Huaraya_Moho     | Huaraya Moho          | AND              | Andamarca        | Andamarca             | PUA              | Puerto_Acost     | Puerto Acosta         |
| 788              | Capachica        | Capachica             | AYO              | Ayo_Ayo          | Ayo Ayo               | PUC              | Pucarani         | Pucarani              |
| 878              | Mazo_Cruz        | Mazo Cruz             | BAT              | Batallas         | Batallas              | QUI              | Quillacas        | Quillacas             |
| 879              | Ilave            | Ilave                 | BER              | Berenguela       | Berenguela            | RIO              | Rio_Mulatos      | Rio Mulatos           |
| 880              | Juli             | Juli                  | CAL              | Calacoto         | Calacoto              | SAC              | Sacabaya         | Sacabaya              |
| 881              | Pizacoma         | Pizacoma              | CAM              | Calamarca        | Calamarca             | SAJ              | Sajama           | Sajama                |
| 882              | Tahuaco_Yung     | Tahuaco Yunguyo       | CAQ              | Caquiaviri       | Caquiaviri            | SAL              | Salinas_G_D      | Salinas G. De Mendoza |
| 883              | Desaguader_P     | Desaguadero(Peru)     | CAR              | Caracollo_Ca     | Caracollo Cadea       | SAM              | Santiago_Mac     | Santiago De Machaca   |
| 885              | Huapaca-Sant     | Huapaca Santiago      | CCH              | Conchamarca      | Conchamarca           | SAN              | San_Andres_D     | San Andres De Machaca |
| 886              | Huacullani_P     | Huacullani P          | CHA              | Chahuaya         | Chahuaya              | SEP              | Sepulturas       | Sepulturas            |
| 887              | Parco            | Parco                 | CHC              | Chacaltaya       | Chacaltaya            | SHU              | Santiago_Hua     | Santiago De Huata     |
| 888              | Illpa            | Illpa                 | CHN              | Chuñavi_Alto     | Chuñavi Alto          | SIC              | Sica_Sica        | Sica Sica             |
| 4380             | Colini           | Hacienda Colini       | CHR              | Charaña          | Charaña               | SJA              | San_Jose_Alt     | San Jose Alto         |
| 7331             | Atecate          | Hacienda Atecate      | CHU              | Chuquiña         | Chuquiña              | SJK              | San_Jose_Kal     | San Jose De Kala      |
| 7401             | Quillisani       | Quillisani            | CNI              | Coniri           | Coniri                | SJU              | San_Juan_Hua     | San Juan Huancollo    |
| 7402             | Santa_Rosa       | Santa Rosa            | COI              | Coipasa          | Coipasa               | SMA              | San_Martin       | San Martin            |
| 7403             | Jarpana          | Jarpana               | COL              | Collana          | Collana               | SOL              | Isla_Del_Sol     | Isla Del Sol          |
| 7404             | Nuñoa            | Nuñoa                 | COM              | Comanche         | Comanche              | SUC              | Suches           | Suches                |
| 7406             | Antauta          | Antauta               | CON              | Copancara        | Copancara             | TAC              | Challapata_T     | Challapata (Tacagua)  |
| 7407             | Orurillo         | Orurillo              | COP              | Copacabana       | Copacabana            | TAM              | Tambillo_LP      | Tambillo LP           |
| 7408             | Paratia          | Paratia               | COR              | Corque           | Corque                | TAR              | Taraco_Boliv     | Taraco Bolivia        |
| 7410             | Pucara           | Pucara                | COS              | Cosapa           | Cosapa                | TIA              | Tiahuanacu       | Tiahuanacu            |
| 7411             | Mañazo           | Mañazo                | CPC              | Copacati         | Copacati              | TOD              | Todo_Santos_     | Todo Santos Or        |
| 7412             | Umayo            | Umayo                 | CRP              | Corpaputo        | Corpaputo             | TUR              | Turco            | Turco                 |
| 7413             | Taraco_Perú      | Taraco(Perú)          | DES              | Desaguader_B     | Desaguadero Bolivia   | ULL              | Ulloma           | Ulloma                |
| 7414             | Putina           | Putina                | ELA              | El_Alto_Aero     | El Alto Aeropuerto    | UMA              | Umala            | Umala                 |
| 7415             | Crucero          | Crucero               | ELB              | Belen            | Belen                 | UYU              | Uyuni            | Uyuni                 |
| 7416             | Isla_Taquile     | Isla Taquile          | ESC              | Escoma           | Escoma                | VIA              | Viacha           | Viacha                |
| 7419             | Ananea           | Ananea                | EUC              | Eucaliptus       | Eucaliptus            |                  |                  |                       |
| 7420             | Isla_Soto        | Isla Soto             | GUA              | Guaqui           | Guaqui                |                  |                  |                       |

**Fuente:** Elaboracion propia, en base a datos de SENAMHI Bolivia - Perú

- b) Todo el trabajo se realizó en el panel de *PLUVIO – METEO* (Pluviometría – Meteorología) del software Hydraccess. En la *tabla 2.3* se detalla los captores utilizados, que nos permiten distinguir los diferentes datos climáticos compilados.

**Tabla 2.3 Lista de Captores de la base de datos Hydraccess**

| Estudio de Climatología - ALT - 1960 a 1990 |   |              |        |
|---|---|--------------|--------|
| Capteur                                     | Descripción   | Type_Station | Unidad |
| MPM1  | ALT Precipitación original (mm)                     | P            | P(mm)  |
| MPC1  | ALT Precipitación corregida (mm)                    | P            | P(mm)  |
| MPCC1                                       | ALT Precipitación corregida y completada (mm)       | P            | P(mm)  |
| MTM1  | ALT Temperatura media original (°C)                 | M            | T(°C)  |
| MTXA1                                       | ALT Temperatura máxima absoluta (°C)                | M            | T(°C)  |
| MTNA1                                       | ALT Temperatura mínima absoluta (°C)                | M            | T(°C)  |
| MTXD1                                       | ALT Temperatura media de las máximas diarias (°C)   | M            | T(°C)  |
| MTND1                                       | ALT Temperatura media de las mínimas diarias (°C)   | M            | T(°C)  |
| MHRM1                                       | ALT Humedad relativa media (%)                      | M            | H(%)   |
| MNDS1                                       | ALT Nº medio de horas diarias de sol                | M            | DS(h)  |
| MEVT1                                       | ALT Evaporación medida en tanque (mm)               | M            | Ev(mm) |
| MEPI1                                       | ALT Evaporación medida en piche (mm)                | M            | Ev(mm) |
| MEVP1                                       | ALT Evaporación medida en evaporígrafo (mm)         | M            | Ev(mm) |
| Estaciones Peruanas                         |   |              |        |
| Capteur                                     | Descripción   | Type_Station | Unidad |
| IPO   | Precipitación Instantánea Original webSenamhi-Perú  | P            | P(mm)  |
| JPO   | Precipitación Diaria Original web Senamhi-Perú      | P            | P(mm)  |
| MPO   | Precipitación Mensual Original web Senamhi-Perú     | P            | P(mm)  |
| MPO2  | Precipitación Mensual Perú                          | P            | P(mm)  |
| MPCC2                                       | Precipitación Mensual Corregida Completada Perú     | P            | P(mm)  |
| JTMO  | Temperatura Máxima Diaria Original webSenamhi-Perú  | M            | T(°C)  |
| JTNO  | Temperatura Mínima Diaria Original webSenamhi-Perú  | M            | T(°C)  |
| JTP0  | Temperatura Promedio Diario OriginalwebSenamhiPerú  | M            | T(°C)  |
| MTMO  | Temperatura Máxima Mensual Original Senamhi-Perú    | M            | T(°C)  |
| MTNO  | Temperatura Mínima Mensual Original Senamhi-Perú    | M            | T(°C)  |
| MTDO  | Temperatura Media Mensual Original Senamhi-Perú     | M            | T(°C)  |
| MTPO  | Temperatura Promedio Mensual Original Senamhi-Perú  | M            | T(°C)  |
| JTMC2                                       | Temperatura Máxima Diaria Corregida-Completada Per  | M            | T(°C)  |
| JTNC2                                       | Temperatura Mínima Diaria Corregida-Completada Per  | M            | T(°C)  |
| MTMC2                                       | Temperatura Máxima Mensual Corregida-Completaad Per | M            | T(°C)  |
| MTNC2                                       | Temperatura Mínima Mensual Corregida-Completaad Per | M            | T(°C)  |
| MTPC2                                       | Temperatura Promedio Mensual Corregida-Complet Per  | M            | T(°C)  |
| MHRO  | Humedad Relativa Mensual Original Senamhi-Perú      | M            | H(%)   |
| MHR2  | Humedad Relativa Mensual Senamhi-Perú               | M            | H(%)   |
| MEVO  | Evaporación Total Mensual Tanque Original S-Perú    | M            | Ev(mm) |
| MEV2  | Evaporación Total Mensual Tanque Senamhi-Perú       | M            | Ev(mm) |
| JVVO  | Velocidad Viento Diario Original web Senamhi-Perú   | M            | V(m/s) |
| MVVO  | Velocidad Viento Mensual Original webSenamhiPerú    | M            | V(m/s) |
| JVV2  | Velocidad Viento Diario web Senamhi-Perú            | M            | V(m/s) |
| MVV2  | Velocidad Viento Mensual SenamhiPerú                | M            | V(m/s) |
| MHSO  | Insolación Mensual Original Senamhi-Perú            | M            | DS(h)  |
| MHS2  | Insolación Mensual Senamhi-Perú                     | M            | DS(h)  |

| Estaciones Bolivianas |   |              |        |
|-----------------------|---|--------------|--------|
| Capteur               | Descripción   | Type_Station | Unidad |
| JPO                   | Precipitación Diaria Original Senamhi-Bolivia             | P            | P(mm)  |
| MPO                   | Precipitación Mensual Original Senamhi-Bolivia            | P            | P(mm)  |
| MPO2                  | Precipitación Mensual Bolivia                             | P            | P(mm)  |
| MPCC2                 | Precipitación Mensual Corregida Completada Bolivia        | P            | P(mm)  |
| JTMO                  | Temperatura Máxima Diaria Original Senamhi-Bolivia        | M            | T(°C)  |
| JTNO                  | Temperatura Mínima Diaria Original Senamhi-Bolivia        | M            | T(°C)  |
| JTDO                  | Temperatura Media Diaria Original Senamhi-Bolivia         | M            | T(°C)  |
| JTP0                  | Temperatura Promedio Diario Original Senamhi-Bolivia      | M            | T(°C)  |
| MTMO                  | Temperatura Máxima Mensual Original Senamhi-Bolivia       | M            | T(°C)  |
| MTNO                  | Temperatura Mínima Mensual Original Senamhi-Bolivia       | M            | T(°C)  |
| MTDO                  | Temperatura Media Mensual Original Senamhi-Bolivia        | M            | T(°C)  |
| MTPO                  | Temperatura Promedio Mensual Original Senamhi-Bolivia     | M            | T(°C)  |
| JTMC2                 | Temperatura Máxima Diaria Corregida-Completada Bolivia    | M            | T(°C)  |
| JTNC2                 | Temperatura Mínima Diaria Corregida-Completada Bolivia    | M            | T(°C)  |
| MTMC2                 | Temperatura Máxima Mensual Corregida-Completada Bolivia   | M            | T(°C)  |
| MTNC2                 | Temperatura Mínima Mensual Corregida-Completada Bolivia   | M            | T(°C)  |
| MTPC2                 | Temperatura Promedio Mensual Corregida-Completada Bolivia | M            | T(°C)  |
| JHRO                  | Humedad Relativa Media Diaria Original Senamhi-Bolivia    | M            | H(%)   |
| MHRO                  | Humedad Relativa Media Mensual Original Senamhi-Bolivia   | M            | H(%)   |
| JHR2                  | Humedad Relativa Media Diaria Senamhi-Bolivia             | M            | H(%)   |
| MHR2                  | Humedad Relativa Media Mensual Senamhi-Bolivia            | M            | H(%)   |
| JEVO                  | Evaporación Media Diaria Original Senamhi-Bolivia         | M            | Ev(mm) |
| MEVO                  | Evaporación Media Mensual Original Senamhi-Bolivia        | M            | Ev(mm) |
| JEV2                  | Evaporación Media Diaria Senamhi-Bolivia                  | M            | Ev(mm) |
| MEV2                  | Evaporación Media Mensual Senamhi-Bolivia                 | M            | Ev(mm) |
| JVVO                  | Velocidad Viento Diario Original Senamhi-Bolivia          | M            | V(m/s) |
| MVVO                  | Velocidad Viento Mensual Original Senamhi-Bolivia         | M            | V(m/s) |
| JVV2                  | Velocidad Viento Diario Senamhi-Bolivia                   | M            | V(m/s) |
| MVV2                  | Velocidad Viento Mensual Senamhi-Bolivia                  | M            | V(m/s) |
| JHSO                  | Insolación Diaria Original Senamhi-Bolivia                | M            | DS(h)  |
| MHSO                  | Insolación Mensual Original Senamhi-Bolivia               | M            | DS(h)  |
| MHS2                  | Insolación Mensual Senamhi-Bolivia                        | M            | DS(h)  |

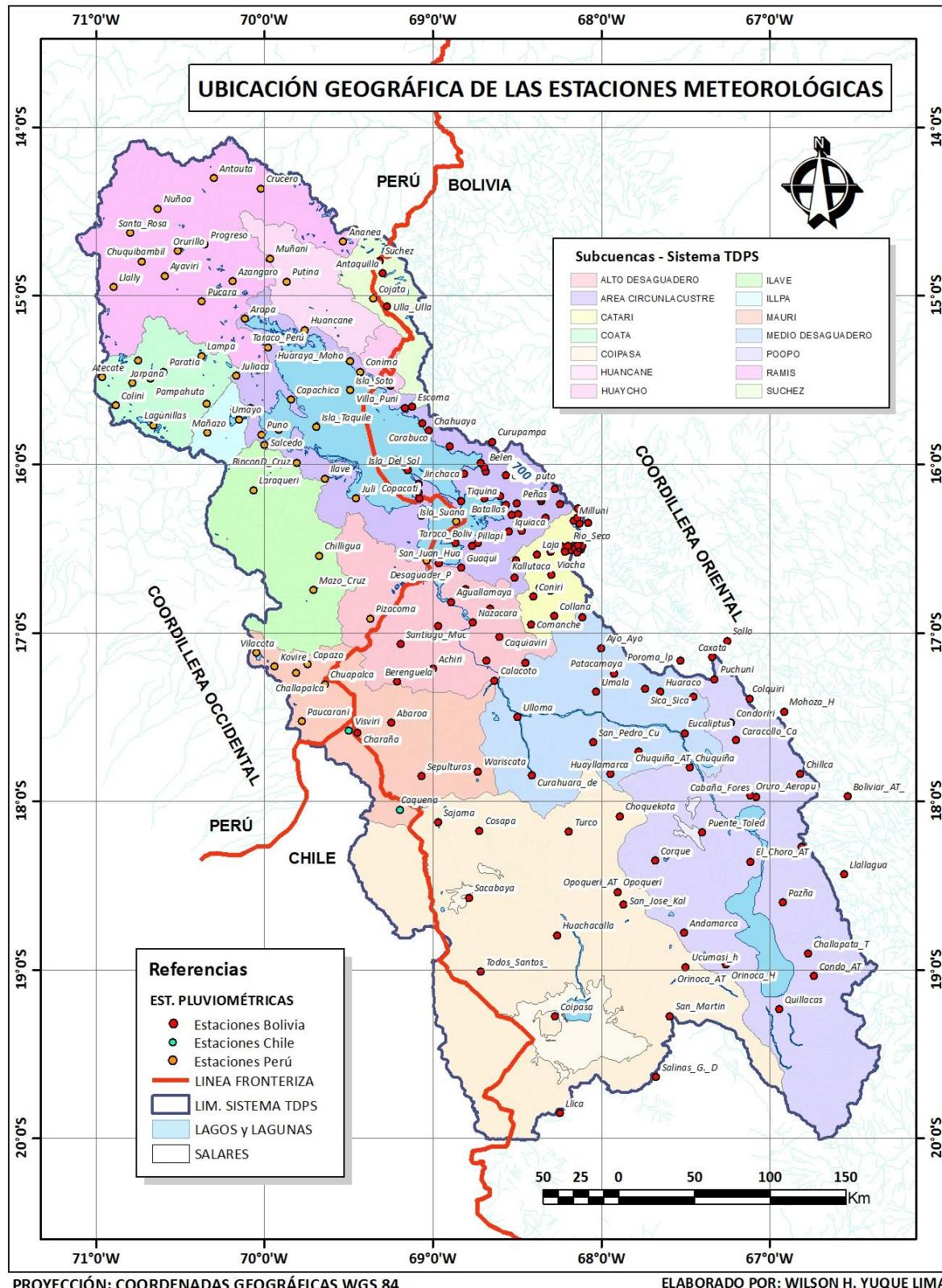
**Fuente:** Elaboracion propia

- En la parte de *Lluvias*: las estaciones peruanas contienen datos instantáneos, diarios y mensuales; mientras que las estaciones bolivianas contienen datos diarios y mensuales. Se restringió el cálculo de los datos de precipitación mensual a 5 datos originales diarios faltantes.
- En la parte de *Meteo*: los datos, tanto bolivianos como peruanos, están a nivel diario y mensual. Se restringió el cálculo de los datos mensuales Meteo a 10 datos originales diarios faltantes.

Es importante destacar que el captor MPO2 está compuesto de los datos corregidos y completados por el estudio de climatología de la ALT (Intecsa *et al.* 1993a) que comprende el periodo de 1960 a 1990 seguido con los datos recopilados a partir de esa fecha hasta el mes de septiembre del 2012. Para los datos de los captores Meteo de las estaciones peruanas se consideraron los datos de la ALT (Intecsa *et al.* 1993a) para el periodo 1960 a 1990, mientras que para los datos de las estaciones bolivianas se utilizó únicamente los datos originales proporcionados por el SENAMHI – Bolivia para el periodo completo 1960 a 2012.

## 2.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Figura 2.3 Ubicación Geográfica de las Estaciones Meteorológicas del Sistema T.D.P.S.



Fuente: Elaboración Propia, en base a datos SENAMHI de Bolivia y Perú.

La figura 2.3 muestra la ubicación geográfica de 197 estaciones meteorológicas; de las cuales, 179 se ubican dentro del sistema (13 en la cuenca de Alto Desaguadero, 10 en la cuenca de Catari, 11 en Coata, 13 en Coipasa, 3 en Huancané, 4 en Ilave, 2 en Illpa, 14 en Mauri, 15 en Medio Desaguadero, 18 en Poopó, 13 en Ramis, 5 en Suchez y 59 en la cuenca Titicaca) y 18 se ubican en cuencas vecinas. Cabe mencionar que la ubicación de estas estaciones pasó por un proceso de revisión, con la ayuda de cartas geográficas y del software gratuito de Google Earth.

## 2.5 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

En base a la información del *Estudio de Climatología de la ALT* (Intecsa et al. 1993a) y el informe de la *Red de estaciones hidrométricas y meteorológicas en la cuenca cerrada del altiplano boliviano, 2012*, SENAMHI – Bolivia; se establece la siguiente clasificación:

**Tabla 2.4** *Inventario de estaciones según su Tipo y Funcionamiento*

| Tipo         | Descripción   | Estaciones TDPS |            |            |
|--------------|---|-----------------|------------|------------|
|              |   | Funciona        | Clausurada | Total      |
| P            | Pluviométrica   | 12              | 55         | 67         |
| P - A        | Pluviométrica - Automática                              | 3               | --         | 3          |
| TP           | Termopluviométrica                                      | 33              | 22         | 55         |
| TP - AS      | Termopluviométrica - Automática Satelital               | 1               | --         | 1          |
| TP - A       | Termopluviométrica - Automática                         | 1               | 1          | 2          |
| TP - AC      | Termopluviométrica - Automática Completa                | --              | --         | --         |
| TP - ATP     | Termopluviométrica - Automática Termopluviométrica      | --              | 1          | 1          |
| CO           | Climatológica Ordinaria                                 | 38              | 3          | 41         |
| CO - ATP     | Climatológica Ordinaria - Automática Termopluviométrica | 3               | --         | 3          |
| CO - AC      | Climatológica Ordinaria - Automática Completa           | 1               | --         | 1          |
| A            | Automática  | 3               | --         | 3          |
| AC           | Automática Completa                                     | 3               | 1          | 4          |
| AS           | Automática Satelital                                    | 2               | --         | 2          |
| CP           | Climatológica Principal                                 | 2               | 1          | 3          |
| S            | Sinóptica   | 2               | 1          | 3          |
| P - EV       | Pluvio - Evaporimétricas                                | 4               | 4          | 8          |
| <b>TOTAL</b> |   | <b>108</b>      | <b>89</b>  | <b>197</b> |

**Fuente:** Elaboracion propia, en base a datos de SENANHI Bolivia y Estudio Climatología ALT

Dentro del inventario se observa que existen estaciones automáticas en el área de estudio, a las que no tuvimos acceso.

La tabla 2.5 muestra una descripción de todas las estaciones que se encuentran en la base de datos, en formato (.mdb) para el software Hydraccess; la tabla está establecida en orden alfabético separadas por departamentos, la información que contiene es: Número de la estación, Id Estación, Nombre de la Estación, País, Departamento, Provincia, Cuenca a la que pertenece, Coordenadas geográficas (Latitud y Longitud), Cota, Tipo de Estación, Datos de variables que contiene y su estado, es decir, si funciona o fue clausurada.

**Tabla 2.5** Información de las Estaciones Meteorológicas del SISTEMA TDPS

| Nº | Id Estación  | Nombre Estación           | País    | Dpto.  | Provincia    | Cuenca            | Latitud Sur | Longitud Oeste | Altitud msnm | Tipo    | Precip | Temp M | Viento | % HRV | Evap. | Hr.Sol | Obs.       |
|----|--------------|---------------------------|---------|--------|--------------|-------------------|-------------|----------------|--------------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|------------|
| 1  | Abaroa       | Abaroa                    | Bolivia | La Paz | Pacajes      | Mauri             | -17.533     | -69.250        | 3953         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 2  | Achacachi    | Achacachi                 | Bolivia | La Paz | Omasuyos     | Titicaca          | -16.041     | -68.687        | 3820         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 3  | Achiri       | Achiri                    | Bolivia | La Paz | Pacajes      | Alto Desaguadero  | -17.213     | -69.001        | 3880         | CO      | P      | T      | V      | HR    | EV    |        | Funciona   |
| 4  | Aguallamaya  | Aguallamaya               | Bolivia | La Paz | Ingavi       | Alto Desaguadero  | -16.817     | -68.892        | 3803         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 5  | Alto_Achachi | Alto Achachicala          | Bolivia | La Paz | Murillo      | Fuera             | -16.348     | -68.081        | 4383         | TP      | P      | T      | V      |       |       |        | Funciona   |
| 6  | Alto_Lima    | Alto Lima                 | Bolivia | La Paz | Murillo      | Fuera             | -16.483     | -68.167        | 4100         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 7  | Ancoraimes   | Ancoraimes                | Bolivia | La Paz | Omasuyos     | Titicaca          | -15.895     | -68.902        | 3870         | CO      | P      | T      | V      | HR    |       |        | Funciona   |
| 8  | Antaquia     | Antaquia                  | Bolivia | La Paz | Franz Tamayo | Suchez            | -14.867     | -69.300        | 4500         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 9  | Ayo_Ayo      | Ayo Ayo                   | Bolivia | La Paz | Aroma        | Medio Desaguadero | -17.091     | -68.003        | 3888         | CO      | P      | T      | V      | HR    | EV    |        | Funciona   |
| 10 | Batallas     | Batallas                  | Bolivia | La Paz | Los Andes    | Titicaca          | -16.299     | -68.534        | 3825         | P       | P      |        |        |       | EV    |        | Clausurada |
| 11 | Bautista_EA  | Bautista Saavedra El alto | Bolivia | La Paz | Murillo      | Catari            | -16.487     | -68.233        | 4037         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 12 | Belen        | Belen                     | Bolivia | La Paz | Omasuyos     | Titicaca          | -16.016     | -68.698        | 3833         | CO      | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS     | Funciona   |
| 13 | Berenguela   | Berenguela                | Bolivia | La Paz | Pacajes      | Mauri             | -17.289     | -69.216        | 4120         | P       | P      |        | V      |       |       |        | Funciona   |
| 14 | Calacoto     | Calacoto                  | Bolivia | La Paz | Pacajes      | Mauri             | -17.283     | -68.637        | 3826         | TP - AS | P      | T      | V      | HR    |       |        | Funciona   |
| 15 | Calamarca    | Calamarca                 | Bolivia | La Paz | Aroma        | Medio Desaguadero | -16.907     | -68.114        | 3954         | TP      | P      | T      | V      |       |       |        | Clausurada |
| 16 | Caquiaviri   | Caquiaviri                | Bolivia | La Paz | Pacajes      | Alto Desaguadero  | -17.022     | -68.607        | 3951         | CO      | P      | T      | V      | HR    | EV    |        | Funciona   |
| 17 | Carabuco     | Carabuco                  | Bolivia | La Paz | Camacho      | Titicaca          | -15.755     | -69.064        | 3823         | TP      | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS     | Funciona   |
| 18 | Caxata       | Caxata                    | Bolivia | La Paz | Loayza       | Fuera             | -17.145     | -67.345        | 4100         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 19 | Chacaltaya   | Chacaltaya                | Bolivia | La Paz | Murillo      | Titicaca          | -16.349     | -68.133        | 5188         | P       | P      |        |        | HR    |       |        | Clausurada |
| 20 | Chahuaya     | Chahuaya                  | Bolivia | La Paz | Camacho      | Titicaca          | -15.799     | -69.027        | 4500         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 21 | Challa_Belen | Challa Belen LP           | Bolivia | La Paz | Pacajes      | Alto Desaguadero  | -17.167     | -68.683        | 4000         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 22 | Charaña      | Charaña                   | Bolivia | La Paz | Pacajes      | Mauri             | -17.592     | -69.447        | 4057         | S       | P      | T      | V      | HR    |       |        | Clausurada |
| 23 | Chijipina_Gr | Chijipina Grande          | Bolivia | La Paz | Omasuyos     | Titicaca          | -15.994     | -68.719        | 3898         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 24 | Chirapaca    | Chirapaca                 | Bolivia | La Paz | Los Andes    | Titicaca          | -16.296     | -68.496        | 3889         | TP      | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS     | Funciona   |
| 25 | Chuñavi_Alto | Chuñavi Alto              | Bolivia | La Paz | Los Andes    | Titicaca          | -16.317     | -68.333        | 4000         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 26 | Collana      | Collana                   | Bolivia | La Paz | Aroma        | Titicaca          | -16.900     | -68.282        | 3911         | TP - A  | P      | T      | V      | HR    | EV    |        | Funciona   |
| 27 | Colquiri     | Colquiri                  | Bolivia | La Paz | Inquisivi    | Fuera             | -17.391     | -67.122        | 4243         | TP      | P      | T      | V      |       |       |        | Clausurada |
| 28 | Comanche     | Comanche                  | Bolivia | La Paz | Pacajes      | Titicaca          | -16.950     | -68.417        | 4055         | TP      | P      | T      | V      |       |       |        | Clausurada |
| 29 | Concharmarca | Concharmarca              | Bolivia | La Paz | Aroma        | Medio Desaguadero | -17.377     | -67.455        | 3965         | P       | P      |        |        |       |       |        | Funciona   |
| 30 | Coniri       | Coniri                    | Bolivia | La Paz | Ingavi       | Titicaca          | -16.785     | -68.407        | 3310         | P       | P      |        |        |       |       |        | Clausurada |
| 31 | Copocabana   | Copacabana                | Bolivia | La Paz | Manco Kapac  | Titicaca          | -16.165     | -69.087        | 3815         | TP      | P      | T      | V      | HR    | EV    |        | Funciona   |

| Nº | Id Estación         | Nombre Estación           | País    | Dpto.  | Provincia   | Cuenca            | Latitud Sur | Longitud Oeste | Altitud msnm | Tipo | Precip | Temp M | Viento | % HRM | Evap. | Hr. Sol | Obs.       |
|----|---------------------|---------------------------|---------|--------|-------------|-------------------|-------------|----------------|--------------|------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|------------|
| 32 | Copacati            | Copacati                  | Bolivia | La Paz | Manco Kapac | Titicaca          | -16.200     | -69.083        | 4000         | TP   | P      | T      | V      | HR    |       |         | Clausurada |
| 33 | <i>Copancara</i>    | <i>Copancara</i>          | Bolivia | La Paz | Omasuyos    | Titicaca          | -16.239     | -68.567        | 3814         | CO   | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 34 | <i>Coro_Coro</i>    | <i>Coro Coro</i>          | Bolivia | La Paz | Pacajes     | Alto Desaguadero  | -17.178     | -68.453        | 4025         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 35 | Corpaputo           | Corpaputo                 | Bolivia | La Paz | Omasuyos    | Titicaca          | -16.066     | -68.567        | 4080         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 36 | Curupampa           | Curupampa                 | Bolivia | La Paz | Larecaja    | Fuera             | -15.867     | -68.650        | 3700         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 37 | Desaguader_B        | Desaguader_Bolivia        | Bolivia | La Paz | Ingavi      | Alto Desaguadero  | -16.550     | -69.027        | 3812         | TP   | P      | T      | V      |       |       |         | Clausurada |
| 38 | El_Alto_Aero        | El Alto Aeropuerto        | Bolivia | La Paz | Murillo     | Catari            | -16.510     | -68.180        | 4071         | S    | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 39 | El_Alto_Sena        | El Alto Senamhi           | Bolivia | La Paz | Murillo     | Catari            | -16.517     | -68.217        | 3992         | TP   | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Clausurada |
| 40 | El_Tejar            | El Tejar                  | Bolivia | La Paz | Murillo     | Fuera             | -16.496     | -68.158        | 3700         | P    | P      |        |        |       |       |         | Funciona   |
| 41 | Escoma              | Escoma                    | Bolivia | La Paz | Camacho     | Suchez            | -15.659     | -69.125        | 3826         | TP   | P      | T      |        |       |       |         | Clausurada |
| 42 | Guaqui              | Guaqui                    | Bolivia | La Paz | Ingavi      | Titicaca          | -16.614     | -68.833        | 3823         | P    | P      | T      |        | HR    |       |         | Clausurada |
| 43 | Hichucota           | Hichucota                 | Bolivia | La Paz | Los Andes   | Titicaca          | -16.177     | -68.381        | 4340         | TP   | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 44 | <i>Huacullani_B</i> | <i>Huacullani Bolivia</i> | Bolivia | La Paz | Ingavi      | Titicaca          | -16.467     | -68.733        | 3880         | CO   | P      |        |        | HR    | EV    |         | Clausurada |
| 45 | Huaraco             | Huaraco                   | Bolivia | La Paz | Aroma       | Medio Desaguadero | -17.350     | -67.650        | 3917         | P    | P      | T      | V      | HR    |       |         | Clausurada |
| 46 | Huarina_Cota        | Huarina Cota Cota         | Bolivia | La Paz | Omasuyos    | Titicaca          | -16.190     | -68.602        | 3838         | CO   | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 47 | Huatajata           | Huatajata                 | Bolivia | La Paz | Omasuyos    | Titicaca          | -16.202     | -68.694        | 3826         | AC   | P      | T      | V      | HR    |       |         | Clausurada |
| 48 | Huayna_Potos        | Huayna Potosí             | Bolivia | La Paz | Murillo     | Fuera             | -16.262     | -68.140        | 5200         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 49 | Huayrocondo         | Huayrocondo               | Bolivia | La Paz | Los Andes   | Titicaca          | -16.343     | -68.497        | 3875         | TP   | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 50 | <i>Iquiacaca</i>    | <i>Iquiacaca</i>          | Bolivia | La Paz | Los Andes   | Titicaca          | -16.400     | -68.550        | 3850         | P    |        |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 51 | Irpa_Chico          | Irpa Chico                | Bolivia | La Paz | Ingavi      | Titicaca          | -16.733     | -68.367        | 3875         | TP   | P      |        |        | HR    | EV    |         | Clausurada |
| 52 | Irpa_Grande         | Irpa Grande               | Bolivia | La Paz | Ingavi      | Catari            | -16.750     | -68.300        | 3890         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 53 | Isla_Del_Sol        | Isla Del Sol              | Bolivia | La Paz | Manco Kapac | Titicaca          | -16.035     | -69.148        | 3976         | CO   | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 54 | Jesús_de_Mac        | Jesús de Machaca          | Bolivia | La Paz | Ingavi      | Alto Desaguadero  | -16.742     | -68.807        | 3855         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 55 | <i>Jihuacuta</i>    | <i>Jihuacuta</i>          | Bolivia | La Paz | Pacajes     | Alto Desaguadero  | -16.858     | -68.662        | 3912         | P    | P      |        |        |       |       |         | Funciona   |
| 56 | Jinchaca            | Jinchaca                  | Bolivia | La Paz | Manco Kapac | Titicaca          | -16.114     | -69.084        | 4000         | TP   | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 57 | <i>Kallutaca</i>    | <i>Kallutaca</i>          | Bolivia | La Paz | Los Andes   | Catari            | -16.517     | -68.300        | 3900         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 58 | <i>Kollucachi</i>   | <i>Kollucachi</i>         | Bolivia | La Paz | Los Andes   | Titicaca          | -16.216     | -68.358        | 4333         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 59 | <i>Laja</i>         | <i>Laja</i>               | Bolivia | La Paz | Los Andes   | Catari            | -16.533     | -68.383        | 3874         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 60 | Laykacota           | Laykacota                 | Bolivia | La Paz | Murillo     | Fuera             | -16.505     | -68.123        | 3632         | CO   | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 61 | <i>Milluni</i>      | <i>Milluni</i>            | Bolivia | La Paz | Murillo     | Catari            | -16.333     | -68.167        | 4550         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 62 | Milluni_EPSA        | Milluni EPSAS             | Bolivia | La Paz | Murillo     | Catari            | -16.318     | -68.144        | 4765         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 63 | Mina_Palcoco        | Mina Palcoco H            | Bolivia | La Paz | Los Andes   | Titicaca          | -16.144     | -68.276        | 4000         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 64 | Mohoza_H            | Mohoza H                  | Bolivia | La Paz | Inquisivi   | Fuera             | -17.467     | -66.917        | 3360         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |

| Nº | Id Estación        | Nombre Estación          | País    | Dpto.  | Provincia               | Cuenca            | Latitud Sur | Longitud Oeste | Altitud msnm | Tipo | Precip | Temp M | Viento | % HRM | Evap. | Hr. Sol | Obs.       |
|----|--------------------|--------------------------|---------|--------|-------------------------|-------------------|-------------|----------------|--------------|------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|------------|
| 65 | Nazacara           | Nazacara                 | Bolivia | La Paz | Ingavi                  | Alto Desaguadero  | -16.939     | -68.765        | 3820         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 66 | <i>PampaGrande</i> | <i>Pampa Grande LP</i>   | Bolivia | La Paz | Los Andes               | Titicaca          | -16.672     | -68.514        | 4200         | TP   | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Clausurada |
| 67 | Pasankeri_         | Pasankeri                | Bolivia | La Paz | Murillo                 | Fuera             | -16.523     | -68.144        | 3935         | P    | P      |        |        |       |       |         | Funciona   |
| 68 | Patacamaya         | Patacamaya               | Bolivia | La Paz | Aroma                   | Medio Desaguadero | -17.241     | -67.924        | 3793         | CO   | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 69 | Peñas              | Peñas                    | Bolivia | La Paz | Los Andes               | Titicaca          | -16.232     | -68.501        | 3986         | TP   | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 70 | Pillapi            | Pillapi                  | Bolivia | La Paz | Ingavi                  | Titicaca          | -16.483     | -68.767        | 3870         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 71 | Poroma_lp          | Poroma lp                | Bolivia | La Paz | Loayza                  | Fuera             | -17.167     | -67.533        | 3100         | P    | P      |        |        |       |       |         | Funciona   |
| 72 | Pucarani           | Pucarani                 | Bolivia | La Paz | Los Andes               | Titicaca          | -16.396     | -68.475        | 4354         | P    | P      |        |        |       |       |         | Funciona   |
| 73 | Puchuni            | Puchuni                  | Bolivia | La Paz | Loayza                  | Poopó-Coipasa     | -17.275     | -67.330        | 4208         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 74 | Puerto_Acost       | Puerto Acosta            | Bolivia | La Paz | Camacho                 | Titicaca          | -15.534     | -69.254        | 3880         | TP   | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 75 | Rio_Seco           | Rio Seco                 | Bolivia | La Paz | Murillo                 | Catari            | -16.483     | -68.200        | 4025         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 76 | Salla              | Salla                    | Bolivia | La Paz | Aroma                   | Fuera             | -17.048     | -67.255        | 3500         | P    | P      |        | V      |       |       |         | Funciona   |
| 77 | San_Andres_D       | San Andres De Machaca    | Bolivia | La Paz | Ingavi                  | Alto Desaguadero  | -16.960     | -68.969        | 3913         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 78 | San_Calixto        | San Calixto              | Bolivia | La Paz | Murillo                 | Fuera             | -16.495     | -68.133        | 3658         | CO   | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 79 | San_Jose_Alt       | San Jose Alto            | Bolivia | La Paz | Gualberto Villarroel    | Medio Desaguadero | -17.704     | -67.779        | 3746         | TP   | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 80 | San_Juan_Hua       | San Juan Huancollo       | Bolivia | La Paz | Ingavi                  | Titicaca          | -16.586     | -68.967        | 3829         | TP   | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 81 | San_Pedro_Cu       | San Pedro de Curahuara h | Bolivia | La Paz | Gualberto Villarroel    | Medio Desaguadero | -17.650     | -68.050        | 3893         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 82 | Santiago_Hua       | Santiago De Huata        | Bolivia | La Paz | Omasuyos                | Titicaca          | -16.057     | -68.816        | 3845         | CO   | P      | T      | V      |       | EV    | HS      | Funciona   |
| 83 | Santiago_Mac       | Santiago De Machaca      | Bolivia | La Paz | Gral. Jose Manuel Pando | Alto Desaguadero  | -17.068     | -69.194        | 3874         | CO   | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 84 | Sepulturas         | Sepulturas               | Bolivia | La Paz | Pacajes                 | Mauri             | -17.850     | -69.070        | 4250         | TP   | P      | T      | V      |       |       |         | Clausurada |
| 85 | Sica_Sica          | Sica Sica                | Bolivia | La Paz | Aroma                   | Medio Desaguadero | -17.333     | -67.742        | 3917         | TP   | P      | T      |        | HR    |       |         | Clausurada |
| 86 | Suchez             | Suchez                   | Bolivia | La Paz | Franz Tamayo            | Suchez            | -14.791     | -69.318        | 4540         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 87 | Tambillo_LP        | Tambillo LP              | Bolivia | La Paz | Los Andes               | Titicaca          | -16.569     | -68.508        | 3850         | AC   | P      |        |        |       |       |         | Funciona   |
| 88 | Taraco_Boliv       | Taraco Bolivia           | Bolivia | La Paz | Ingavi                  | Titicaca          | -16.467     | -68.867        | 3820         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 89 | Taypichaca_h       | Taypichaca h             | Bolivia | La Paz | Los Andes               | Titicaca          | -16.204     | -68.356        | 4420         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 90 | Tiahuanacu         | Tiahuanacu               | Bolivia | La Paz | Ingavi                  | Titicaca          | -16.557     | -68.679        | 3863         | TP   | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 91 | <i>Tiquina</i>     | <i>Tiquina</i>           | Bolivia | La Paz | Manco Kapac             | Titicaca          | -16.217     | -68.833        | 3809         | TP   | P      | T      | V      |       |       |         | Clausurada |
| 92 | Tuni_EPSAS         | Tuni EPSAS               | Bolivia | La Paz | Murillo                 | Titicaca          | -16.234     | -68.247        | 4655         | AC   | P      |        |        |       |       |         | Funciona   |
| 93 | <i>Ulla_Ulla</i>   | <i>Ulla Ulla</i>         | Bolivia | La Paz | Franz Tamayo            | Suchez            | -15.061     | -69.272        | 4336         | TP   | P      | T      |        |       | EV    |         | Clausurada |
| 94 | Ulloma             | Ulloma                   | Bolivia | La Paz | Pacajes                 | Medio             | -17.500     | -68.500        | 3856         | P    | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |

| Nº  | Id Estación           | Nombre Estación       | País    | Dpto.  | Provincia         | Cuenca            | Latitud Sur | Longitud Oeste | Altitud msnm | Tipo     | Precip | Temp M | Viento | % HRM | Evap. | Hr. Sol | Obs.       |
|-----|-----------------------|-----------------------|---------|--------|-------------------|-------------------|-------------|----------------|--------------|----------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|------------|
| 95  | Umala                 | Umala                 | Bolivia | La Paz | Aroma             | Medio Desaguadero | -17.350     | -68.033        | 3800         | P        | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 96  | Viacha                | Viacha                | Bolivia | La Paz | Ingavi            | Titicaca          | -16.654     | -68.299        | 3850         | TP       | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 97  | Villa_Adela           | Villa Adela           | Bolivia | La Paz | Murillo           | Catari            | -16.517     | -68.217        | 4000         | P        | P      | T      |        |       |       |         | Clausurada |
| 98  | Villa_Copaca          | Villa Copacabana      | Bolivia | La Paz | Murillo           | Fuera             | -16.483     | -68.114        | 3680         | P        | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 99  | Villa_Puni            | Villa Puni            | Bolivia | La Paz | Camacho           | Titicaca          | -15.665     | -69.169        | 3835         | TP       | P      | T      | V      |       | EV    |         | Funciona   |
| 100 | Vino_Tinto            | Vino Tinto            | Bolivia | La Paz | Murillo           | Fuera             | -16.481     | -68.139        | 3865         | P        | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 101 | Wariscata             | Wariscata             | Bolivia | La Paz | Pacajes           | Mauri             | -17.824     | -68.734        | 4800         | TP       | P      | T      | V      | HR    |       |         | Clausurada |
| 102 | Andamarca             | Andamarca             | Bolivia | Oruro  | Sud Carangas      | Poopó             | -18.780     | -67.508        | 3762         | CO - ATP | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 103 | Boliviar_AT_          | Boliviar AT Or        | Bolivia | Oruro  | Poopó             | Poopó             | -17.971     | -66.539        | 4019         | AC       | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 104 | Cabaña_Fores          | Cabaña Forestal Oruro | Bolivia | Oruro  | Cercado           | Poopó             | -17.975     | -67.080        | 3706         | CO - ATP | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 105 | Caracollo_Ca          | Caracollo Cadea       | Bolivia | Oruro  | Cercado           | Poopó             | -17.636     | -67.200        | 3795         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Clausurada |
| 106 | Challapata_T          | Challapata (Tacagua)  | Bolivia | Oruro  | Abaroa            | Poopó             | -18.904     | -66.774        | 3733         | CO - AC  | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 107 | Chilcca               | Chilcca               | Bolivia | Oruro  | Cercado           | Poopó             | -17.838     | -66.818        | 4025         | TP       | P      | T      | V      |       | EV    | HS      | Funciona   |
| 108 | Choquekota            | Choquekota            | Bolivia | Oruro  | Carangas          | Coipasa           | -18.088     | -67.893        | 3867         | TP       | P      | T      |        |       |       |         | Clausurada |
| 109 | Chuquiña              | Chuquiña              | Bolivia | Oruro  | Saucari           | Medio Desaguadero | -17.799     | -67.474        | 3735         | P - A    | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 110 | Chuquiña_AT           | Chuquiña AT           | Bolivia | Oruro  | Saucari           | Medio Desaguadero | -17.799     | -67.474        | 3735         | P - A    | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 111 | Coipasa               | Coipasa               | Bolivia | Oruro  | Atahuallpa        | Coipasa           | -19.277     | -68.276        | 3680         | P        | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 112 | Condo_AT              | Condo AT              | Bolivia | Oruro  | Sebastian Pagador | Poopó             | -19.038     | -66.741        | 3714         | TP - A   | P      | T      |        | HR    |       |         | Funciona   |
| 113 | Condoriri             | Condoriri             | Bolivia | Oruro  | Cercado           | Poopó             | -17.533     | -67.233        | 3860         | TP       | P      | T      | V      |       | EV    |         | Clausurada |
| 114 | Corque                | Corque                | Bolivia | Oruro  | Carangas          | Poopó             | -18.351     | -67.683        | 3758         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Clausurada |
| 115 | Cosapa                | Cosapa                | Bolivia | Oruro  | Sajama            | Coipasa           | -18.174     | -68.726        | 3906         | CO       | P      | T      | V      |       | EV    |         | Funciona   |
| 116 | Curahuara_de_Carangas | Curahuara de Carangas | Bolivia | Oruro  | Sajama            | Medio Desaguadero | -17.845     | -68.413        | 3906         | P        | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Clausurada |
| 117 | El_Choro_AT           | El Choro AT           | Bolivia | Oruro  | Cercado           | Poopó             | -18.359     | -67.117        | 3758         | P - A    | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 118 | Eucaliptus            | Eucaliptus            | Bolivia | Oruro  | Tomas Barron      | Medio Desaguadero | -17.596     | -67.506        | 3761         | TP       | P      | T      |        |       |       |         | Clausurada |
| 119 | Huachacalla           | Huachacalla           | Bolivia | Oruro  | Litoral           | Coipasa           | -18.794     | -68.264        | 3746         | TP       | P      | T      |        | HR    |       |         | Clausurada |
| 120 | Huayllamarca          | Huayllamarca          | Bolivia | Oruro  | Nor Carangas      | Medio Desaguadero | -17.839     | -67.947        | 3873         | TP       | P      | T      | V      |       | EV    |         | Funciona   |
| 121 | Kataricawa_A          | Kataricawa AT         | Bolivia | Oruro  | Pantaleón Dalence | Poopó             | -18.268     | -66.811        | 4286         | A        | P      | T      |        | HR    |       |         | Funciona   |
| 122 | Opoqueri              | Opoqueri              | Bolivia | Oruro  | Carangas          | Coipasa           | -18.539     | -67.904        | 3777         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 123 | Opoqueri_AT           | Opoqueri AT           | Bolivia | Oruro  | Carangas          | Coipasa           | -18.539     | -67.904        | 3650         | A        | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |

| Nº  | Id Estación         | Nombre Estación        | País    | Dpto.  | Provincia             | Cuenca           | Latitud Sur | Longitud Oeste | Altitud msnm | Tipo     | Precip | Temp M | Viento | % HRM | Evap. | Hr. Sol | Obs.       |
|-----|---------------------|------------------------|---------|--------|-----------------------|------------------|-------------|----------------|--------------|----------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|------------|
| 124 | <i>Orinoca_AT</i>   | <i>Orinoca AT</i>      | Bolivia | Oruro  | Sud Carangas          | Poopó            | -18.966     | -67.261        | 3666         | A        | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 125 | <i>Orinoca_H</i>    | <i>Orinoca H</i>       | Bolivia | Oruro  | Sud Carangas          | Poopó            | -18.966     | -67.261        | 3666         | CO       | P      | T      | V      | HR    |       |         | Clausurada |
| 126 | Oruro_Aeropu        | Oruro Aeropuerto       | Bolivia | Oruro  | Cercado               | Poopó            | -17.967     | -67.117        | 3702         | S        | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 127 | Pazña               | Pazña                  | Bolivia | Oruro  | Poopó                 | Poopó            | -18.600     | -66.922        | 3717         | TP - ATP | P      | T      |        | HR    |       |         | Clausurada |
| 128 | <i>Puente_Toled</i> | <i>Puente Toledo h</i> | Bolivia | Oruro  | Saucari               | Poopó            | -18.184     | -67.402        | 3697         | P        | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 129 | Quillacas           | Quillacas              | Bolivia | Oruro  | Abaroa                | Poopó            | -19.234     | -66.944        | 3724         | CO - ATP | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 130 | Sacabaya            | Sacabaya               | Bolivia | Oruro  | Atahuallpa            | Coipasa          | -18.572     | -68.788        | 3845         | P        | P      |        | V      |       |       |         | Clausurada |
| 131 | Sajama              | Sajama                 | Bolivia | Oruro  | Sajama                | Coipasa          | -18.125     | -68.969        | 4255         | TP       | P      | T      |        |       |       |         | Clausurada |
| 132 | Salinas_G._D        | Salinas G. De Mendoza  | Bolivia | Oruro  | Ladislao Cabrera      | Fuera            | -19.637     | -67.675        | 3722         | AS       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 133 | San_Jose_Kal        | San Jose De Kala       | Bolivia | Oruro  | Carangas              | Coipasa          | -18.610     | -67.868        | 3850         | TP       | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 134 | San_Martin          | San Martin             | Bolivia | Oruro  | Ladislao Cabrera      | Coipasa          | -19.275     | -67.595        | 3732         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 135 | Todos_Santos_       | Todos Santos Or        | Bolivia | Oruro  | Atahuallpa            | Coipasa          | -19.012     | -68.719        | 3805         | CO       | P      | T      | V      |       | EV    | HS      | Funciona   |
| 136 | Turco               | Turco                  | Bolivia | Oruro  | Sajama                | Coipasa          | -18.181     | -68.194        | 3842         | AS       | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 137 | Ucumasi_h           | Ucumasi h              | Bolivia | Oruro  | Ladislao Cabrera      | Coipasa          | -18.983     | -67.500        | 3764         | P        | P      |        | V      |       |       |         | Funciona   |
| 138 | Llallagua           | Llallagua              | Bolivia | Potosí | Rafael Bustillo       | Fuera            | -18.434     | -66.558        | 3792         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    | HS      | Funciona   |
| 139 | <i>Llica</i>        | <i>Llica</i>           | Bolivia | Potosí | Daniel Campos         | Fuera            | -19.850     | -68.248        | 3650         | TP       | P      | T      | V      |       |       |         | Clausurada |
| 140 | Ananea              | Ananea                 | Perú    | Puno   | San Antonio de Putina | Ramis            | -14.679     | -69.535        | 4660         | TP       | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 141 | Antauta             | Antauta                | Perú    | Puno   | Melgar                | Ramis            | -14.300     | -70.300        | 4193         | P        | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 142 | Arapa               | Arapa                  | Perú    | Puno   | Azangaro              | Titicaca         | -15.136     | -70.119        | 3920         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 143 | Atecate             | Hacienda Atecate       | Perú    | Puno   | Lampa                 | Coata            | -15.484     | -70.967        | 4449         | P        | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 144 | Ayaviri             | Ayaviri                | Perú    | Puno   | Melgar                | Ramis            | -14.881     | -70.593        | 3920         | CO       | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 145 | Azangaro            | Azangaro               | Perú    | Puno   | Azangaro              | Ramis            | -14.915     | -70.191        | 3863         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 146 | Cabanillas          | Cabanillas             | Perú    | Puno   | San Roman             | Coata            | -15.639     | -70.346        | 3890         | CO       | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 147 | Capachica           | Capachica              | Perú    | Puno   | Puno                  | Titicaca         | -15.616     | -69.844        | 3819         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 148 | Capazo              | Capazo                 | Perú    | Puno   | El Collao             | Mauri            | -17.186     | -69.746        | 4419         | TP       | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 149 | Chilligua           | Chilligua              | Perú    | Puno   | El Collao (Chucuito)  | Ilave            | -16.542     | -69.678        | 4164         | P        | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 150 | Chuquibambil        | Chuquibambilla         | Perú    | Puno   | Melgar                | Ramis            | -14.796     | -70.728        | 3910         | CP       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 151 | Cojata              | Cojata                 | Perú    | Puno   | Huancane              | Suchez           | -15.017     | -69.356        | 4344         | TP       | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 152 | Colini              | Hacienda Colini        | Perú    | Puno   | Lampa                 | Coata            | -15.650     | -70.884        | 4380         | P        | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 153 | Conima              | Conima                 | Perú    | Puno   | Moho                  | Titicaca         | -15.450     | -69.434        | 3869         | P - EV   | P      |        |        |       | EV    |         | Clausurada |
| 154 | Crucero             | Crucero                | Perú    | Puno   | Carabaya              | Ramis            | -14.363     | -70.024        | 4130         | TP       | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 155 | Desaguader_P        | Desaguadero (Peru)     | Perú    | Puno   | Chucuito              | Alto Desaguadero | -16.569     | -69.040        | 3860         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 156 | Huancane            | Huancane               | Perú    | Puno   | Huancane              | Huancane         | -15.203     | -69.763        | 3860         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 157 | Huaraya_Moho        | Huaraya Moho           | Perú    | Puno   | Moho                  | Titicaca         | -15.390     | -69.491        | 3890         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 158 | Ilave               | Ilave                  | Perú    | Puno   | El Collao             | Ilave            | -16.085     | -69.644        | 3850         | CO       | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 159 | Illpa               | Illpa                  | Perú    | Puno   | Puno                  | Titicaca         | -15.667     | -70.084        | 3820         | TP       | P      | T      | V      |       |       |         | Clausurada |
| 160 | Isla_Soto           | Isla Soto              | Perú    | Puno   | Moho                  | Titicaca         | -15.559     | -69.491        | 3853         | P - EV   | P      |        |        |       | EV    |         | Clausurada |
| 161 | Isla_Suana          | Isla Suana             | Perú    | Puno   | Yunguyo               | Titicaca         | -16.339     | -68.864        | 3845         | TP       | P      | T      |        |       |       |         | Funciona   |

| Nº  | Id Estación  | Nombre Estación   | País  | Dpto.    | Provincia             | Cuenca           | Latitud Sur | Longitud Oeste | Altitud msnm | Tipo   | Precip | Temp M | Viento | % HRM | Evap. | Hr. Sol | Obs.       |
|-----|--------------|-------------------|-------|----------|-----------------------|------------------|-------------|----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|------------|
| 162 | Isla_Taquile | Isla Taquile      | Perú  | Puno     | Puno                  | Titicaca         | -15.779     | -69.695        | 3815         | TP     | P      | T      |        |       | EV    |         | Funciona   |
| 163 | Jarpana      | Jarpana           | Perú  | Puno     | Lampa                 | Coata            | -15.517     | -70.784        | 4361         | P      | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 164 | Juli         | Juli              | Perú  | Puno     | Chucuito              | Titicaca         | -16.203     | -69.457        | 3825         | CO     | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 165 | Juliaica     | Juliaica          | Perú  | Puno     | San Roman             | Coata            | -15.474     | -70.169        | 3820         | CO     | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 166 | Lagunillas   | Lagunillas        | Perú  | Puno     | Lampa                 | Coata            | -15.768     | -70.661        | 4250         | CO     | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 167 | Lampa        | Lampa             | Perú  | Puno     | Lampa                 | Coata            | -15.356     | -70.373        | 3900         | CO     | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 168 | Laraqueri    | Laraqueri         | Perú  | Puno     | Puno                  | Ilave            | -16.153     | -70.068        | 3970         | TP     | P      | T      |        |       |       |         | Funciona   |
| 169 | Llally       | Llally            | Perú  | Puno     | Melgar                | Ramis            | -14.949     | -70.898        | 4111         | CO     | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 170 | Los_Uros     | Los Uros          | Perú  | Puno     | Puno                  | Titicaca         | -15.796     | -69.915        | 3808         | P - EV | P      | T      | V      |       | EV    |         | Funciona   |
| 171 | Mañazo       | Mañazo            | Perú  | Puno     | Puno                  | Titicaca         | -15.813     | -70.339        | 3942         | CO     | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 172 | Mazo_Cruz    | Mazo Cruz         | Perú  | Puno     | El Collao             | Ilave            | -16.746     | -69.712        | 3970         | CO     | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 173 | Muñani       | Muñani            | Perú  | Puno     | Azangaro              | Huancane         | -14.779     | -69.966        | 4119         | TP     | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 174 | Nuñoa        | Nuñoa             | Perú  | Puno     | Melgar                | Ramis            | -14.484     | -70.634        | 4013         | P      | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 175 | Orurillo     | Orurillo          | Perú  | Puno     | Melgar                | Ramis            | -14.734     | -70.517        | 4048         | P      | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 176 | Pampahuta    | Pampahuta         | Perú  | Puno     | Lampa                 | Coata            | -15.491     | -70.678        | 4320         | CO     | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 177 | Paratia      | Paratia           | Perú  | Puno     | Lampa                 | Coata            | -15.450     | -70.600        | 4364         | P      | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 178 | Pizacoma     | Pizacoma          | Perú  | Puno     | Chucuito              | Alto Desaguadero | -16.915     | -69.373        | 3940         | CO     | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 179 | Progreso     | Progreso          | Perú  | Puno     | Azangaro              | Ramis            | -14.695     | -70.356        | 3905         | CO     | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 180 | Pucara       | Pucara            | Perú  | Puno     | Lampa                 | Ramis            | -15.034     | -70.373        | 3885         | TP     | P      | T      |        |       |       |         | Funciona   |
| 181 | Puno         | Puno              | Perú  | Puno     | Puno                  | Titicaca         | -15.823     | -70.018        | 3840         | CP     | P      | T      | V      | HR    | EV    |         | Funciona   |
| 182 | Putina       | Putina            | Perú  | Puno     | San Antonio De Putina | Huancane         | -14.915     | -69.868        | 3878         | TP     | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 183 | Quillisaní   | Quillisaní        | Perú  | Puno     | Lampa                 | Coata            | -15.384     | -70.750        | 4758         | P - EV | P      |        |        |       | EV    |         | Clausurada |
| 184 | RinconD_Cruz | Rincon De La Cruz | Perú  | Puno     | Puno                  | Titicaca         | -15.991     | -69.811        | 3889         | TP     | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 185 | Salcedo      | Granja Salcedo    | Perú  | Puno     | Puno                  | Titicaca         | -15.884     | -70.000        | 3825         | CP     | P      | T      |        | HR    | HS    |         | Clausurada |
| 186 | Santa_Lucia  | Santa Lucia       | Perú  | Puno     | Lampa                 | Coata            | -15.712     | -70.610        | 4074         | TP     | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 187 | Santa_Rosa   | Santa Rosa        | Perú  | Puno     | Melgar                | Ramis            | -14.627     | -70.796        | 3940         | P - EV | P      | T      | V      |       | EV    |         | Funciona   |
| 188 | Tahuaco_Yung | Tahuaco Yunguayo  | Perú  | Puno     | Yunguayo              | Titicaca         | -16.305     | -69.068        | 3860         | CO     | P      | T      | V      | HR    |       |         | Funciona   |
| 189 | Taraco_Perú  | Taraco (Perú)     | Perú  | Puno     | Huancane              | Ramis            | -15.305     | -69.983        | 3820         | TP     | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 190 | Umayo        | Umayo             | Perú  | Puno     | Puno                  | Illpa            | -15.734     | -70.150        | 3850         | P      | P      |        |        |       |       |         | Clausurada |
| 191 | Challapalca  | Challapalca       | Perú  | Tacna    | Tarata                | Mauri            | -17.237     | -69.813        | 4280         | P      | P      |        |        |       |       |         | Funciona   |
| 192 | Chuapalca    | Chuapalca         | Perú  | Tacna    | Tarata                | Mauri            | -17.305     | -69.644        | 4177         | P - EV | P      | T      | V      |       | EV    |         | Funciona   |
| 193 | Paucarani    | Paucarani         | Perú  | Tacna    | Tacna                 | Mauri            | -17.525     | -69.779        | 4556         | TP     | P      | T      | V      |       |       |         | Funciona   |
| 194 | Vilacota     | Vilacota          | Perú  | Tacna    | Tarata                | Mauri            | -17.118     | -70.051        | 4440         | P - EV | P      | T      | V      |       | EV    |         | Funciona   |
| 195 | Kovire       | Kovire            | Perú  | ?        | ?                     | Mauri            | -17.200     | -69.940        | 4400         | P - EV | P      |        |        |       | EV    |         | ?          |
| 196 | Caquena      | Caquena           | Chile | Tarapaca | Parinacota            | Mauri            | -18.050     | -69.195        | 4400         | TP     | P      | T      |        |       |       |         | ?          |
| 197 | Visviri      | Visviri           | Chile | Tarapaca | Parinacota            | Mauri            | -17.580     | -69.500        | 4070         | P      | P      |        |        |       |       |         | ?          |

Fuente: Elaboracion propia en base a datos de SENANHI Bolivia y Perú

## CAPITULO 3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

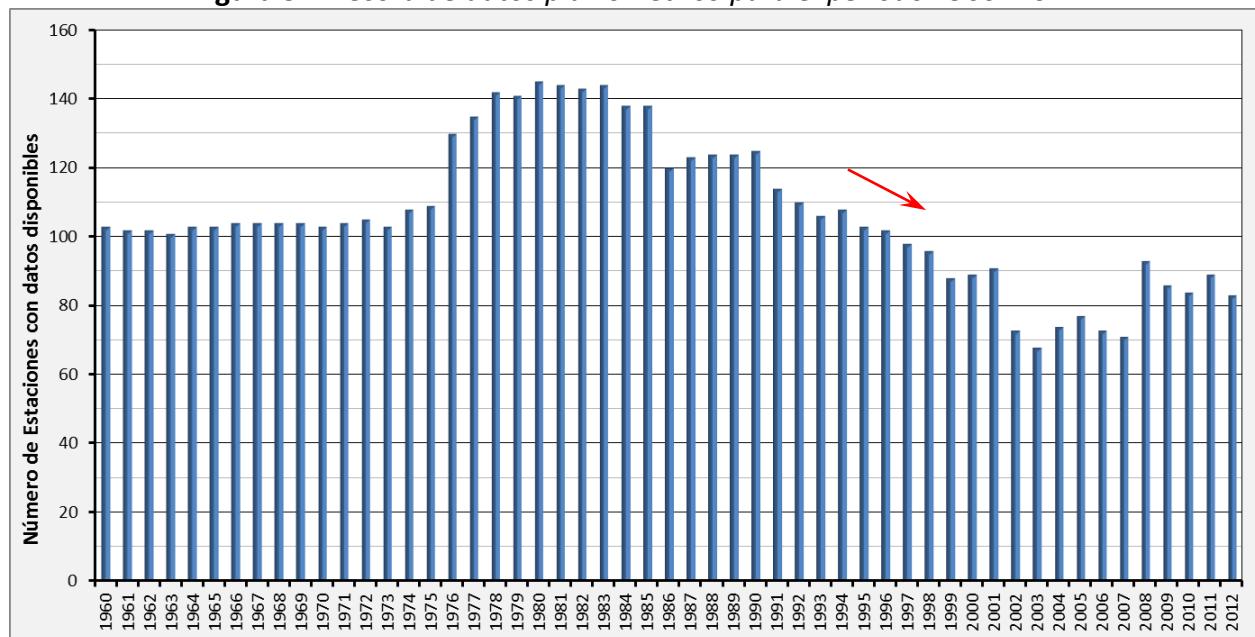
El análisis pluviométrico se comenzó con 179 estaciones dentro de la cuenca del sistema TDPS y 18 estaciones de apoyo (fuera de la cuenca). Después de evaluar la información, se realizó la depuración de las estaciones que no cumplían los criterios de confiabilidad y homogeneidad; quedando así, 147 estaciones dentro de la cuenca y 12 estaciones de apoyo.

### 3.1 INVENTARIO DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA 1960 - 2012 NIVEL MENSUAL

El alcance del presente estudio, se limita a la elaboración y validación de la información climática del sistema TDPS a nivel mensual para el periodo de 1990 a 2012. Al existir datos validados por la ALT para el periodo anterior de 1960 a 1990 (Intecs *et al.* 1993a), se elaboró una base final de 52 años (1960 – 2012).

La *figura 3.1* muestra el número de estaciones con datos disponibles para cada año del periodo de estudio. Esta figura permite identificar los periodos con mayor número de estaciones activas o con más registros pluviométricos. Se observa que a partir del año 1990 los registros pluviométricos disminuyen; esto debido, al difícil acceso a los datos peruanos y a la clausura o cierre de las estaciones.

**Figura 3.1 Record de datos pluviométrico para el periodo 1960 -2012**



**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de SENANHI Bolivia y Perú

La *tabla 3.1* muestra el diagrama de barras, que ilustra la disponibilidad de los registros pluviométricos originales de las 197 estaciones. Se observa que muy pocas estaciones disponen de registros continuos y completos para todo el periodo (1960-2012). Los datos validados ALT están de color verde, los datos originales actualizados de color plomo y el año de clausura de la estación de color anaranjado; los números indican meses de registro del año.

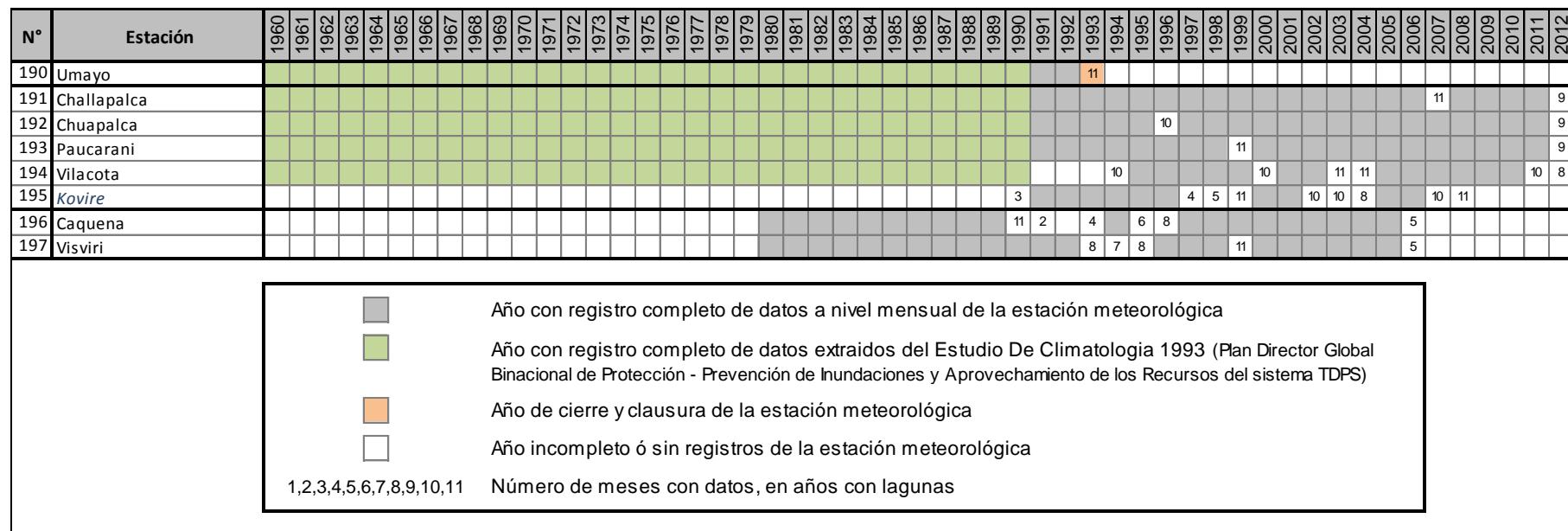
**Tabla 3.1** *Inventario de Datos Originales de Precipitación a nivel Mensual (Diagrama de Barras)*







| Nº  | Estación          | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|-----|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 152 | Hacienda Colini   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 153 | Conima            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 154 | Crucero           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 155 | Desaguadero(Peru) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 156 | Huancane          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 157 | Huaraya Moho      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 158 | Ilave             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 159 | Illpa             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 160 | Isla Soto         | 11   | 11   | 11   | 11   | 10   | 11   | 11   | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 161 | Isla Suana        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 162 | Isla Taquile      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 163 | Jarpana           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 164 | Juli              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 165 | Juliana           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 166 | Lagunillas        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 167 | Lampa             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 168 | Laraqueri         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 169 | Llally            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 170 | Los Uros          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 171 | Mañazo            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 172 | Mazo Cruz         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 173 | Muñani            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 174 | Nuñoa             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 175 | Orurillo          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 176 | Pampahuta         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 177 | Paratia           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 178 | Pizacoma          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 179 | Progreso          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 180 | Pucara            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 181 | Puno              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 182 | Putina            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 183 | Quillisaní        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 184 | Rincon De La Cruz |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 185 | Granja Salcedo    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 186 | Santa Lucia       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 187 | Santa Rosa        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 188 | Tahuaco Yunguyo   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 189 | Taraco(Perú)      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |



**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de SENANHI Bolivia y Perú

## **3.2 ANÁLISIS DE CALIDAD Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Los registros de datos climáticos están sujetos a errores de diferentes tipos, lo que obliga a realizar una crítica y tratamiento de esos registros. Según el caso, los registros pueden ser eliminados cuando se alejan demasiado de la realidad, corregidos cuando la naturaleza de los errores lo permite, o simplemente señalados cuando el valor anormal puede ser considerado como localmente posible.

### **3.2.1 Análisis de consistencia, homogenización y regionalización de la precipitación**

Esta etapa es la que define la calidad y consistencia de los datos. El objetivo es seleccionar estaciones con datos consistentes y confiables, obteniendo grupos regionales que presentan un comportamiento homogéneo. La principal herramienta utilizada para esta etapa es el vector regional empleando el método de Brunet Moret.

### **3.2.2 Método del Vector Regional (VR)**

La idea básica del método del vector regional, es la siguiente: en lugar de comparar dos por dos estaciones por correlación o doble masa, como se hace en los métodos clásicos, se elabora una estación ficticia, calculado con el concepto de Precipitación Media Extendida al periodo de trabajo, salvando los problemas del peso de estaciones más lluviosas sobre las menos lluviosas.

El método de Y. Brunet Moret utilizado en este estudio, considera que el índice regional de un año es el promedio de los índices de todas las estaciones. Sin embargo, toma la precaución de filtrar los índices de las estaciones que se alejan demasiado del promedio, ya que el promedio es influenciado por los valores extremos.

La determinación de la calidad de una estación, es función de diferentes parámetros calculados; los parámetros más importantes, que dan una buena idea del comportamiento de una estación son:

- Correlación entre la estación respecto al vector, si la zona es homogénea climáticamente, los valores serán cercanos entre sí, si un valor es más bajo que el promedio de la zona, entonces la estación tiene gran probabilidad de tener errores o que se encuentre en el margen de la zona. En este estudio se considera como zona homogénea los coeficientes de correlación anual (entre el vector y la estación) superiores o iguales a 0.7.
- La Desviación Standard de los Desvíos (D.E.D), compara la desviación de una estación respecto al vector, un valor fuerte indica desviaciones fuertes. Para este parámetro se estableció como zona homogénea a valores inferiores o iguales a 0.2
- La Grafica de Acumuladas, representa la doble acumulada de los índices de las estaciones en el eje Y con los del Vector en el eje X; la gráfica hace evidente con cambios de pendientes la probabilidad de datos erróneos de las estaciones.

- Las Medias Observadas y Calculadas, son otros parámetros que indican la homogeneidad de una estación con el grupo de estaciones analizadas, debiendo ser estos valores similares.

Con estos conceptos, es posible realizar la crítica de datos siguiendo un proceso iterativo: de cálculo del vector, revisión de resultados, eliminación de estaciones no homogéneas al grupo, recálculo del vector, etc. Al término del proceso de crítica, y según el nivel de precisión que se requiera, se obtienen regiones de estaciones con semejante comportamiento multianual.

### 3.2.3 Relleno y reconstitución estadística de datos pluviométricos

El registro pluviométrico analizado presenta varias lagunas (*figura 3.1*), para no perder la información de años por algunos meses sin registro, debemos completarlos mediante algún criterio de relleno. Para el presente estudio se ha utilizado el criterio de correlación múltiple entre estaciones homogéneas, empleando el módulo de regresión lineal múltiple del programa IBM SPSS - Statistical Product and Service Solutions versión 21.

Los criterios de relleno empleados son los siguientes:

- El relleno se realiza entre estaciones pertenecientes a un mismo grupo regional. En caso de que esto no sea posible, se deberá realizar un cuidadoso análisis para usar estaciones de otro grupo.
- No se rellena datos faltantes superiores a 6 meses continuos
- Las series rellenadas deberán seguir el comportamiento original, lo que será comprobado mediante la teoría de decisiones del Vector Regional, donde el comportamiento de los vectores de la serie rellenada deberá seguir el de la serie original.

El año se divide en tres períodos bastante característicos del área de estudio, estas épocas o períodos están divididos de la siguiente manera:

- Época Húmeda : Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo
- Época seca : Mayo, Junio, Julio, Agosto
- Época de transición : Abril, Septiembre, Octubre

Para el algoritmo de mínimos cuadrados, se utilizó el modelo de regresión lineal múltiple con intersección nula; es decir, que el modelo no tiene término independiente:

$$Y = \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n$$

Donde:

$Y$  : Variable dependiente (estación con lagunas)

$\beta_1, \dots, \beta_n$  : Coeficiente, que indica el peso relativo de esa variable en la ecuación

$X_1, \dots, X_n$  : Variables independientes (estaciones con series completas)

El modelo de regresión se construye estimando los coeficientes  $\beta$ . Estas estimaciones se obtienen intentando que las diferencias al cuadrado entre los valores observados ( $Y$ ) y los pronosticados ( $\hat{Y}$ ) sean mínimas.

El archivo de resultados muestra varios parámetros para analizar la bondad de ajuste del modelo; es más, son tantos términos que hay que tener cuidado para no elegir un modelo que por puro azar tenga resultados significativos. Se realizó un análisis minucioso tomando varios parámetros que validara la ecuación del modelo; como por ejemplo:

- *Significación del modelo de regresión.* El primer concepto que debemos conocer son las hipótesis establecidas, las que serán aceptadas o rechazadas en función del análisis de los resultados; estas son: la hipótesis nula que indica que la variable respuesta no está influenciada por las variables independientes y la hipótesis alternativa es que hay algún tipo de influencia. La significación del contraste se calcula haciendo un análisis de la varianza.
- *Los coeficientes.* El programa (SPSS utilizado) ofrece una estimación de los coeficientes, junto a un error típico de la estimación, un valor de significación o mejor aún, un intervalo de confianza. Una aplicación interesante es la siguiente: si la significación es pequeña, el intervalo no contiene el valor cero, indica que la variable es importante en el modelo; pero, si contiene al cero, posiblemente sea mejor eliminarla del modelo, si al hacerlo otros coeficientes cambian notablemente, como de positivo a negativo, se trata probablemente de una variable confusa. El encontrar este tipo de variables es uno de los objetivos en regresión. Aclarando, una variable es confusa cuando estando relacionada con alguna variable independiente, afecta a la vez a la variable dependiente.
- *La bondad de ajusta.* El término denominado como *R cuadrado*, se interpreta como un factor (porcentaje) de reducción de la incertidumbre cuando son conocidas las variables independientes. Cuanto más se acerque a uno, más poder explicativo tendrá el modelo; pero esto esconde una trampa, porque cada vez que introduzcamos una variable independiente en el modelo, el R cuadrado aumentará; es decir, cuantas más estaciones introduzcamos podemos acercarnos a uno tanto como queramos.

*El R cuadrado corregido* se interpreta como una corrección de honestidad. Nos castiga disminuyendo cuando introduzcamos variables innecesarias; por ejemplo, si al introducir una nueva variable al modelo este valor aumenta considerablemente se trata de una variable de interés.

- *La matriz de correlación,* nos ayuda a identificar correlaciones lineales entre la variable dependiente y cualquiera de las independientes. La matriz está formada por todos los coeficientes de correlación lineal de Pearson, cantidades comprendidos entre -1 y +1, cuanto más extremo sea el coeficiente, mejor asociación lineal existe

entre el par de variables. Otro concepto con la matriz es detectar que no exista multicolinealidad entre las variables.

- Otros parámetros como: el valor del nivel significativo (sig), el error típico de la estimación y el estadístico F (que con un valor 0.00 indican un máximo nivel significativo de una serie de datos de una estación en la regresión); así también, los parámetros de tolerancia, el factor de inflación de varianza, el índice de condición incluso el intervalo de confianza nos ayudan en la elección de nuestro modelo, para su utilización en el proceso de corrección y relleno de una serie de datos de una estación.

### **3.2.4 Grupos Regionales**

El análisis de consistencia, aplicado a los registros de las estaciones usadas en el presente estudio, permitió definir 8 grandes grupos (regionales), los cuales serán comentados uno a uno junto a los parámetros y gráficos obtenidos. Estos resultados se presentaran de la siguiente manera:

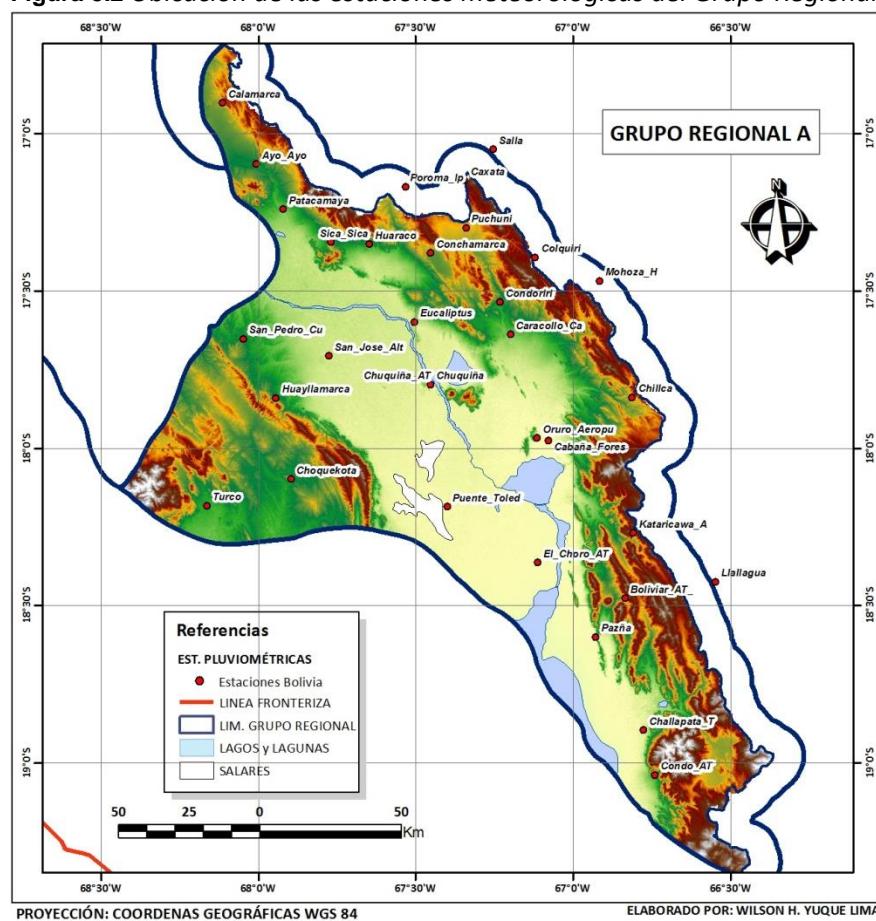
- Resultado del vector con los datos originales del periodo 1961 - 2012
- Resultado del vector con los datos originales de las estaciones seleccionadas para el periodo 1990 - 2012
- Resultado final del vector con los datos corregidos y completados de las estaciones seleccionadas para el periodo 1990 - 2012
- Resultado final del vector con los datos corregidos y completados para el periodo 1961 - 2012

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que los datos 1960-90 validados del estudio de Climatología (Intecsa et al 1993), deben ser sometidos a una etapa de revisión y corrección de algunos de sus registros. En la base de datos ALT se observa también que el relleno de datos se realizó sobre años completos y continuos, lo que no se hizo en el presente estudio por los criterios ya indicados.

### 3.2.4.1 GRUPO REGIONAL A

La zona analizada está ubicada en la parte Sureste del sistema TDPS, al Este tiene como frontera natural a la cordillera Oriental (ver figura 3.2).

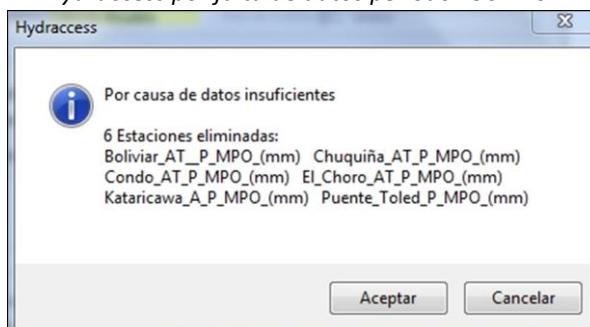
**Figura 3.2 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional A**



**Fuente:** Elaboración propia

Inicialmente, se configuro un grupo de 33 estaciones. La primera corrida del Vector Regional (VR), para el periodo de 1961 a 2012 con los datos originales, eliminó 6 estaciones por falta de datos (*Figura 3.3*). Los resultados obtenidos se muestran en la *tabla 3.2*, se resaltan con rojo las estaciones eliminadas y los parámetros que no cumplen las condiciones ya establecidas.

**Figura 3.3 Grupo A, Estaciones eliminadas por el programa Hydraccess por falta de datos periodo 1961-2012**

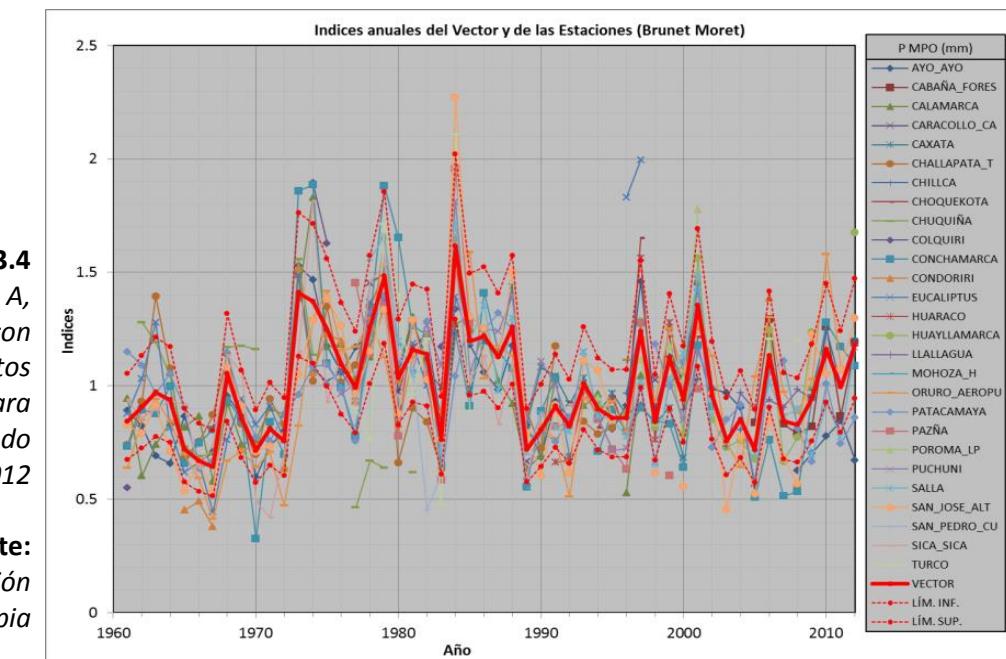


**Tabla 3.2 Grupo A – Vector con datos originales, periodo 1961-2012**

| <b>Id Estación</b> | <b>No Años</b> | <b>D.E. Obs.</b> | <b>Coef. Variación</b> | <b>Media Obs.</b> | <b>Media Calculada</b> | <b>Media Desvíos</b> | <b>D.E. Desvíos</b> | <b>Homog. B.M.</b> | <b>Correl. /Vector</b> | <b>Lin. a priori</b> | <b>Lin. a post.</b> | <b>Proporc.</b> | <b>Calidad (/10)</b> | <b>Evaluación (/10)</b> |
|--------------------|----------------|------------------|------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| Ayo_Ayo            | 50             | 104.3            | 0.265                  | 393.6             | 405.4                  | -0.034               | 0.147               | 0.017              | 0.831                  | 0.29                 | 0.16                | 0.0792          | 9.1                  | 8.8                     |
| Cabaña_Fores       | 8              | 88.5             | 0.222                  | 398.2             | 404.0                  | 0.010                | 0.103               | 0.322              | 0.872                  | 0.20                 | 0.21                | 0.0909          | 8.8                  | 8.7                     |
| Calamarca          | 36             | 109.8            | 0.280                  | 392.7             | 392.9                  | -0.023               | 0.168               | 0.131              | 0.801                  | 0.36                 | 0.26                | 0.1339          | 7.6                  | 7.6                     |
| Caracollo_Ca       | 11             | 99.8             | 0.246                  | 405.9             | 355.4                  | 0.033                | 0.094               | 0.681              | 0.946                  | 0.22                 | 0.09                | 0.0688          | 9.3                  | 9.3                     |
| Caxata             | 20             | 114.5            | 0.198                  | 577.8             | 569.7                  | 0.000                | 0.157               | 0.020              | 0.714                  | 0.30                 | 0.17                | 0.1128          | 8.3                  | 8.3                     |
| Challapata_T       | 32             | 106.4            | 0.280                  | 379.2             | 387.9                  | -0.012               | 0.178               | 0.082              | 0.768                  | 0.35                 | 0.22                | 0.1099          | 8.3                  | 8.3                     |
| Chillca            | 10             | 72.3             | 0.168                  | 431.2             | 421.8                  | -0.014               | 0.116               | 0.086              | 0.769                  | 0.29                 | 0.14                | 0.0463          | 9.7                  | 9.7                     |
| Choquekota         | 8              | 186.5            | 0.274                  | 680.4             | 643.3                  | 0.046                | 0.169               | 0.465              | 0.807                  | 0.28                 | 0.22                | 0.1246          | 7.9                  | 7.9                     |
| Chuquiña           | 19             | 100.6            | 0.312                  | 322.6             | 338.0                  | -0.039               | 0.349               | 0.005              | 0.178                  | 0.36                 | 0.25                | 0.1149          | 8.2                  | 8.2                     |
| Colquiri           | 6              | 174.9            | 0.390                  | 448.7             | 359.4                  | 0.102                | 0.357               | 0.559              | 0.638                  | 0.45                 | 0.51                | 0.4349          | 0.6                  | 0.6                     |
| Conchamarca        | 49             | 187.9            | 0.359                  | 523.5             | 541.2                  | -0.040               | 0.226               | 0.016              | 0.769                  | 0.30                 | 0.26                | 0.1318          | 7.7                  | 7.7                     |
| Condoriri          | 17             | 143.3            | 0.404                  | 354.7             | 351.8                  | -0.037               | 0.164               | 0.199              | 0.928                  | 0.26                 | 0.22                | 0.1097          | 8.3                  | 8.3                     |
| Eucaliptus         | 27             | 140.8            | 0.336                  | 419.4             | 397.9                  | 0.026                | 0.278               | 0.076              | 0.619                  | 0.23                 | 0.20                | 0.0995          | 8.6                  | 8.6                     |
| Huaraco            | 10             | 111.2            | 0.308                  | 360.9             | 352.3                  | 0.019                | 0.155               | 0.173              | 0.931                  | 0.23                 | 0.24                | 0.0737          | 9.2                  | 9.2                     |
| Huayllamarca       | 16             | 121.7            | 0.318                  | 382.8             | 383.5                  | 0.031                | 0.171               | 0.237              | 0.892                  | 0.36                 | 0.17                | 0.0867          | 8.9                  | 8.9                     |
| Llallagua          | 8              | 67.4             | 0.117                  | 574.0             | 612.4                  | 0.032                | 0.119               | 0.874              | 0.669                  | 0.28                 | 0.18                | 0.1028          | 8.5                  | 8.5                     |
| Mohoza_H           | 6              | 216.4            | 0.318                  | 681.4             | 626.1                  | -0.026               | 0.129               | 0.025              | 0.933                  | 0.12                 | 0.10                | 0.0677          | 9.3                  | 9.3                     |
| Oruro_Aeropu       | 51             | 114.7            | 0.294                  | 390.8             | 404.3                  | -0.030               | 0.187               | 0.033              | 0.754                  | 0.28                 | 0.21                | 0.1056          | 8.5                  | 8.5                     |
| Patacamaya         | 50             | 89.0             | 0.226                  | 394.7             | 406.9                  | -0.028               | 0.183               | 0.368              | 0.667                  | 0.32                 | 0.23                | 0.1141          | 8.2                  | 8.2                     |
| Pazña              | 18             | 160.1            | 0.344                  | 464.6             | 449.8                  | -0.063               | 0.232               | 0.512              | 0.770                  | 0.29                 | 0.24                | 0.1241          | 7.9                  | 7.9                     |
| Poroma_lp          | 7              | 149.7            | 0.291                  | 513.8             | 464.9                  | 0.069                | 0.173               | 0.125              | 0.884                  | 0.15                 | 0.11                | 0.0600          | 9.5                  | 9.5                     |
| Puchuni            | 26             | 99.0             | 0.239                  | 414.4             | 391.2                  | 0.001                | 0.153               | 0.001              | 0.795                  | 0.20                 | 0.17                | 0.0761          | 9.2                  | 9.2                     |
| Salla              | 33             | 122.0            | 0.278                  | 438.9             | 427.6                  | -0.016               | 0.136               | 0.468              | 0.885                  | 0.27                 | 0.14                | 0.0712          | 9.3                  | 9.3                     |
| San_Jose_Alt       | 48             | 108.8            | 0.351                  | 310.2             | 326.3                  | -0.037               | 0.185               | 0.095              | 0.854                  | 0.31                 | 0.24                | 0.1229          | 8.0                  | 8.0                     |
| San_Pedro_Cu       | 8              | 224.9            | 0.453                  | 496.3             | 431.6                  | -0.031               | 0.310               | 0.334              | 0.834                  | 0.49                 | 0.36                | 0.2011          | 5.5                  | 5.5                     |
| Sica_Sica          | 34             | 122.7            | 0.314                  | 390.7             | 381.9                  | -0.004               | 0.182               | 0.393              | 0.817                  | 0.31                 | 0.22                | 0.1100          | 8.3                  | 8.3                     |
| Turco              | 12             | 186.0            | 0.394                  | 472.2             | 416.3                  | 0.024                | 0.296               | 0.991              | 0.737                  | 0.59                 | 0.52                | 0.2634          | 3.5                  | 3.5                     |

**Fuente:** Elaboración propia

Se elimino 2 estaciones: la primera, Chuquiña por su correlacion extremadamente bajo demostrando su no homogeneidad con el grupo; la segunda, Colquiri por su corto periodo de registro y fuertes desvios.



**Figura 3.4**  
Grupo A,  
vector con  
datos  
originales para  
el período  
1961-2012

**Fuente:**  
Elaboración  
propria

Una segunda corrida del VR para el periodo 1990-2012 con datos originales (*tabla 3.3*), elimina las estaciones con los siguientes Id: Caracollo\_Ca, Condoriri, Eucaliptus, Mohoza\_H y San\_Pedro\_Cu por falta de datos.

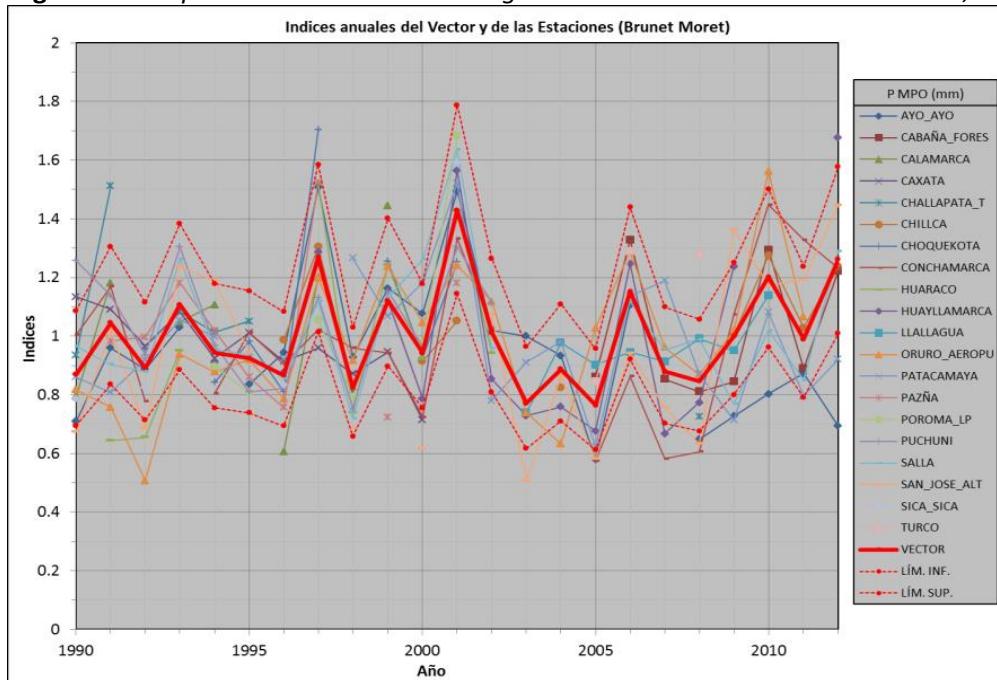
**Tabla 3.3 Grupo A – Vector con datos originales de las estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Ayo_Ayo      | 21      | 94.4      | 0.253           | 372.5      | 392.8           | -0.060        | 0.201        | 0.000       | 0.597           | 0.28          | 0.20         | 0.1013   | 8.6           | 6.6              |
| Cabaña_Fores | 8       | 88.5      | 0.222           | 398.2      | 393.2           | 0.001         | 0.104        | 0.358       | 0.873           | 0.20          | 0.23         | 0.0758   | 9.2           | 8.0              |
| Calamarca    | 7       | 94.9      | 0.263           | 361.0      | 342.1           | 0.024         | 0.182        | 0.765       | 0.742           | 0.37          | 0.30         | 0.1717   | 6.4           | 5.9              |
| Caxata       | 12      | 61.0      | 0.116           | 527.1      | 544.1           | -0.016        | 0.150        | 0.226       | 0.186           | 0.31          | 0.22         | 0.1141   | 8.2           | 8.0              |
| Challapata_T | 6       | 78.0      | 0.246           | 317.4      | 301.3           | 0.097         | 0.208        | 0.608       | 0.703           | 0.14          | 0.27         | 0.1699   | 6.5           | 6.3              |
| Chillca      | 10      | 72.3      | 0.168           | 431.2      | 412.6           | -0.022        | 0.131        | 0.136       | 0.760           | 0.29          | 0.11         | 0.0455   | 9.7           | 9.6              |
| Choquekota   | 8       | 186.5     | 0.274           | 680.4      | 623.6           | 0.042         | 0.180        | 0.283       | 0.786           | 0.28          | 0.17         | 0.1094   | 8.4           | 8.3              |
| Conchamarca  | 20      | 120.0     | 0.259           | 463.2      | 478.0           | -0.043        | 0.186        | 0.040       | 0.674           | 0.26          | 0.24         | 0.1229   | 8.0           | 8.0              |
| Huaraco      | 10      | 111.2     | 0.308           | 360.9      | 362.1           | -0.060        | 0.182        | 0.048       | 0.842           | 0.23          | 0.23         | 0.0808   | 9.1           | 9.1              |
| Huayllamarca | 16      | 121.7     | 0.318           | 382.8      | 383.2           | 0.001         | 0.155        | 0.207       | 0.913           | 0.36          | 0.19         | 0.0975   | 8.7           | 8.7              |
| Llallagua    | 8       | 67.4      | 0.117           | 574.0      | 607.7           | 0.007         | 0.111        | 0.862       | 0.698           | 0.28          | 0.18         | 0.1062   | 8.4           | 8.4              |
| Oruro_Aeropu | 22      | 97.6      | 0.244           | 399.8      | 408.5           | -0.010        | 0.172        | 0.117       | 0.675           | 0.28          | 0.20         | 0.1035   | 8.5           | 8.5              |
| Patacamaya   | 21      | 78.4      | 0.210           | 372.7      | 379.9           | -0.010        | 0.193        | 0.066       | 0.467           | 0.35          | 0.27         | 0.1380   | 7.5           | 7.5              |
| Pazña        | 9       | 93.2      | 0.242           | 385.8      | 376.4           | -0.041        | 0.191        | 0.407       | 0.618           | 0.16          | 0.24         | 0.1092   | 8.4           | 8.4              |
| Poroma_lp    | 7       | 149.7     | 0.291           | 513.8      | 490.6           | -0.017        | 0.135        | 0.095       | 0.900           | 0.15          | 0.08         | 0.0639   | 9.4           | 9.4              |
| Puchuni      | 13      | 64.9      | 0.179           | 362.3      | 344.8           | 0.032         | 0.143        | 0.042       | 0.682           | 0.22          | 0.11         | 0.0597   | 9.5           | 9.5              |
| Salla        | 21      | 83.7      | 0.212           | 394.4      | 388.0           | 0.000         | 0.133        | 0.354       | 0.777           | 0.18          | 0.14         | 0.0730   | 9.2           | 9.2              |
| San_Jose_Alt | 19      | 84.0      | 0.310           | 271.3      | 293.1           | -0.038        | 0.193        | 0.240       | 0.799           | 0.41          | 0.29         | 0.1476   | 7.2           | 7.2              |
| Sica_Sica    | 5       | 143.8     | 0.330           | 435.8      | 423.5           | -0.007        | 0.088        |             | 0.996           | 0.21          | 0.04         | 0.0197   | 9.9           | 9.9              |
| Turco        | 3       | 99.0      | 0.223           | 443.4      | 390.0           | 0.216         | 0.265        |             | 0.678           |               | 0.15         |          |               |                  |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados en la *tabla 3.3*, confirman la eliminación de la estación de Caxata por su baja correlación en este periodo. Se deben realizar correcciones para los años que salen de los límites del vector, como se observa en la *figura 3.5*.

**Figura 3.5 Grupo A – Vector con datos originales de las estaciones seleccionadas, 1990-2012**



Fuente:  
Elaboración  
propia

Después del proceso de relleno y corrección de los datos, empleando el método de correlación lineal múltiple, se generó la *tabla 3.4* que muestra el resultado final de la corregida del VR.

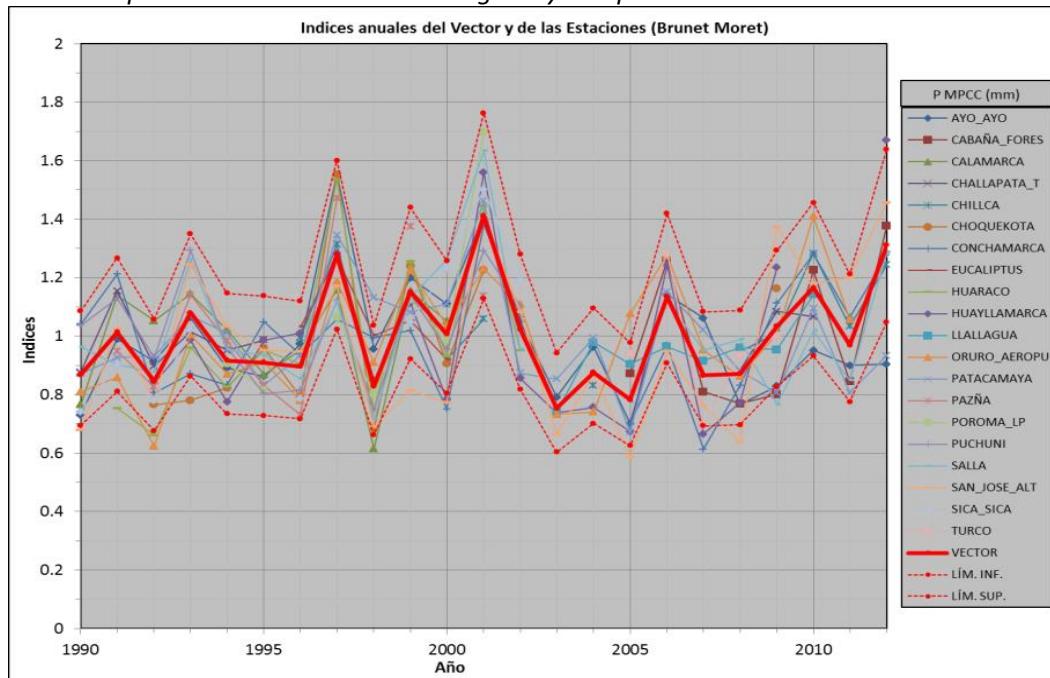
**Tabla 3.4 Grupo A – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas, 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Ayo_Ayo      | 23      | 77.3      | 0.205           | 376.2      | 381.0           | -0.012        | 0.141        | 0.003       | 0.719           | 0.17          | 0.13         | 0.0703   | 9.3           | 7.4              |
| Cabaña_Fores | 8       | 103.0     | 0.250           | 412.5      | 414.7           | -0.022        | 0.120        | 0.164       | 0.874           | 0.18          | 0.27         | 0.1109   | 8.3           | 7.4              |
| Calamarca    | 11      | 63.3      | 0.180           | 352.3      | 354.8           | 0.011         | 0.117        | 0.053       | 0.730           | 0.17          | 0.12         | 0.0962   | 8.7           | 8.3              |
| Challapata_T | 9       | 31.6      | 0.099           | 318.2      | 321.3           | 0.023         | 0.071        | 0.763       | 0.772           | 0.11          | 0.11         | 0.0601   | 9.5           | 9.2              |
| Chillca      | 11      | 69.8      | 0.163           | 427.4      | 410.0           | -0.017        | 0.125        | 0.150       | 0.767           | 0.15          | 0.11         | 0.0607   | 9.5           | 9.4              |
| Choquekota   | 11      | 172.1     | 0.272           | 631.7      | 638.1           | -0.043        | 0.160        | 0.619       | 0.809           | 0.32          | 0.24         | 0.1172   | 8.1           | 8.1              |
| Conchamarca  | 21      | 91.7      | 0.200           | 458.1      | 461.0           | -0.024        | 0.144        | 0.194       | 0.702           | 0.30          | 0.21         | 0.1083   | 8.4           | 8.4              |
| Eucaliptus   | 5       | 56.9      | 0.123           | 460.4      | 436.3           | 0.023         | 0.115        | 0.732       | 0.16            | 0.02          | 0.1010       | 8.6      | 8.6           |                  |
| Huaraco      | 12      | 99.1      | 0.278           | 356.3      | 358.6           | -0.037        | 0.136        | 0.032       | 0.910           | 0.22          | 0.15         | 0.0762   | 9.2           | 9.2              |
| Huayllamarca | 19      | 112.3     | 0.295           | 380.3      | 384.5           | -0.010        | 0.147        | 0.456       | 0.894           | 0.30          | 0.21         | 0.1067   | 8.4           | 8.4              |
| Llallagua    | 8       | 66.7      | 0.116           | 572.8      | 606.0           | 0.010         | 0.095        | 0.813       | 0.766           | 0.21          | 0.13         | 0.0942   | 8.8           | 8.8              |
| Oruro_Aeropu | 22      | 82.4      | 0.203           | 406.1      | 412.1           | -0.001        | 0.128        | 0.102       | 0.759           | 0.21          | 0.15         | 0.0754   | 9.2           | 9.2              |
| Patacamaya   | 23      | 67.0      | 0.180           | 371.7      | 375.1           | -0.009        | 0.141        | 0.066       | 0.672           | 0.28          | 0.18         | 0.0926   | 8.8           | 8.8              |
| Pazña        | 9       | 98.8      | 0.242           | 409.2      | 389.9           | -0.007        | 0.151        | 0.776       | 0.774           | 0.18          | 0.24         | 0.0669   | 9.4           | 9.4              |
| Poroma_lp    | 7       | 149.7     | 0.291           | 513.8      | 486.5           | -0.016        | 0.142        | 0.174       | 0.889           | 0.16          | 0.09         | 0.0807   | 9.1           | 9.1              |
| Puchuni      | 13      | 61.3      | 0.172           | 356.6      | 347.8           | 0.007         | 0.114        | 0.004       | 0.774           | 0.13          | 0.09         | 0.0493   | 9.6           | 9.6              |
| Salla        | 21      | 83.7      | 0.212           | 394.4      | 388.6           | -0.003        | 0.129        | 0.431       | 0.791           | 0.18          | 0.15         | 0.0798   | 9.1           | 9.1              |
| San_Jose_Alt | 23      | 76.0      | 0.270           | 282.0      | 291.2           | -0.032        | 0.165        | 0.095       | 0.781           | 0.24          | 0.17         | 0.0914   | 8.8           | 8.8              |
| Sica_Sica    | 9       | 113.3     | 0.247           | 458.7      | 448.5           | -0.010        | 0.127        | 0.101       | 0.865           | 0.16          | 0.12         | 0.0447   | 9.7           | 9.7              |
| Turco        | 5       | 82.2      | 0.216           | 380.2      | 391.5           | 0.033         | 0.127        | 0.760       | 0.28            | 0.10          | 0.1338       | 7.6      | 7.6           |                  |

Fuente: Elaboración propia

Haciendo una comparación con los resultados, de las *tablas 3.3* y *3.4*, se observa que la estación de Eucaliptus fue adicionada, porque con el proceso de completado de 5 datos mensuales se formó 5 años continuos (superando el mínimo de 3 años establecido). Este grupo regional está formado por 20 estaciones (7 clausuradas y 13 en funcionamiento), 3 estaciones de apoyo (Llallagua, Poroma, Salla).

**Figura 3.6 Grupo A – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas, 1990-2012**



Fuente:  
Elaboración  
propria

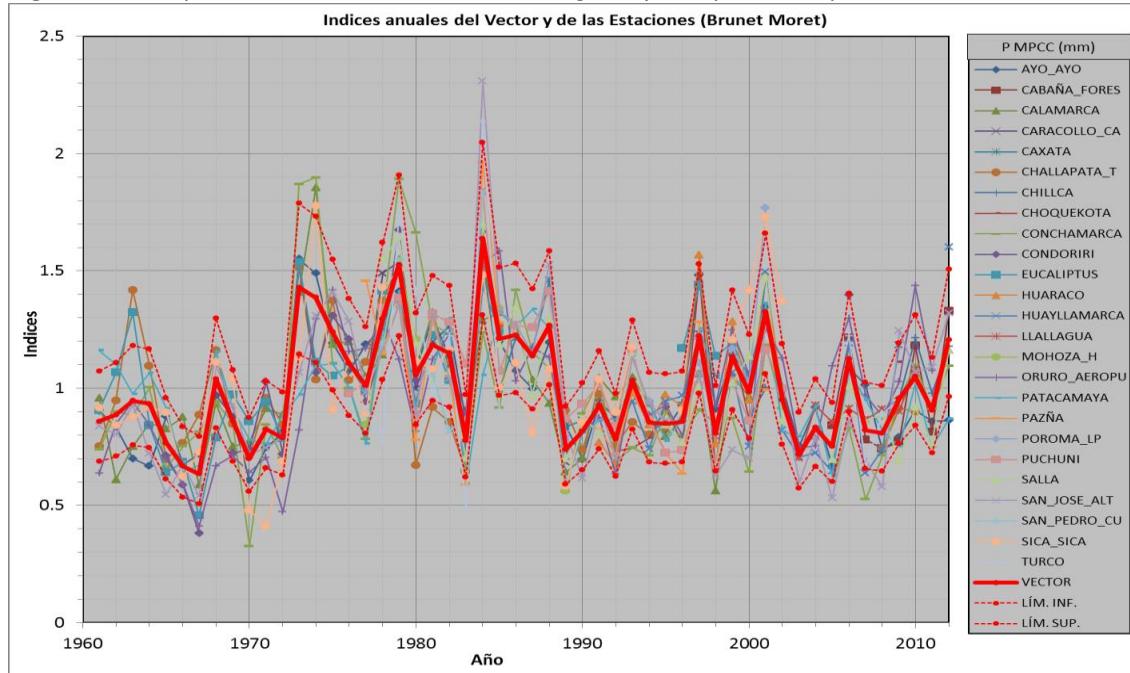
Una corrección final del VR con los datos corregidos y completados considerando el periodo completo de 1961 a 2012 (*tabla 3.5*), muestran un grupo bastante homogéneo; pero, se deben realizar algunas correcciones en el periodo 1960-90 como lo muestra la *figura 3.7*.

**Tabla 3.5 Grupo A – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961 – 2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Ayo_Ayo      | 52      | 97.4      | 0.247           | 394.5      | 399.4           | -0.012        | 0.114        | 0.108       | 0.886           | 0.19          | 0.13         | 0.0655   | 9.4           | 9.2              |
| Cabaña_Fores | 8       | 103.0     | 0.250           | 412.5      | 430.2           | 0.006         | 0.110        | 0.322       | 0.899           | 0.18          | 0.25         | 0.1019   | 8.6           | 8.4              |
| Calamarca    | 40      | 103.5     | 0.267           | 387.1      | 387.6           | -0.015        | 0.153        | 0.229       | 0.821           | 0.26          | 0.19         | 0.0952   | 8.7           | 8.7              |
| Caracollo_Ca | 12      | 104.3     | 0.265           | 393.6      | 346.3           | 0.036         | 0.104        | 0.964       | 0.941           | 0.24          | 0.13         | 0.0631   | 9.4           | 9.4              |
| Caxata       | 9       | 145.1     | 0.231           | 628.1      | 561.0           | 0.013         | 0.116        | 0.145       | 0.906           | 0.22          | 0.17         | 0.0945   | 8.7           | 8.7              |
| Challapata_T | 35      | 99.7      | 0.266           | 374.2      | 381.1           | -0.011        | 0.167        | 0.026       | 0.780           | 0.25          | 0.19         | 0.0894   | 8.9           | 8.9              |
| Chillca      | 11      | 69.8      | 0.163           | 427.4      | 433.2           | -0.009        | 0.124        | 0.058       | 0.723           | 0.15          | 0.12         | 0.0629   | 9.4           | 9.4              |
| Choquekota   | 11      | 172.1     | 0.272           | 631.7      | 666.9           | -0.035        | 0.154        | 0.778       | 0.800           | 0.32          | 0.26         | 0.1278   | 7.8           | 7.8              |
| Conchamarca  | 50      | 181.1     | 0.348           | 520.2      | 538.1           | -0.042        | 0.215        | 0.027       | 0.780           | 0.30          | 0.23         | 0.1155   | 8.2           | 8.2              |
| Condoriri    | 18      | 129.9     | 0.356           | 364.5      | 348.7           | -0.001        | 0.149        | 0.634       | 0.914           | 0.17          | 0.25         | 0.1278   | 7.8           | 7.8              |
| Eucaliptus   | 30      | 100.7     | 0.250           | 403.5      | 385.1           | 0.017         | 0.167        | 0.070       | 0.789           | 0.19          | 0.19         | 0.0990   | 8.6           | 8.6              |
| Huaraco      | 12      | 99.1      | 0.278           | 356.3      | 351.0           | 0.038         | 0.137        | 0.112       | 0.929           | 0.22          | 0.16         | 0.0747   | 9.2           | 9.2              |
| Huayllamarca | 19      | 112.3     | 0.295           | 380.3      | 401.1           | 0.000         | 0.149        | 0.326       | 0.870           | 0.30          | 0.20         | 0.1045   | 8.5           | 8.5              |
| Llallagua    | 8       | 66.7      | 0.116           | 572.8      | 640.1           | 0.013         | 0.101        | 0.863       | 0.680           | 0.21          | 0.14         | 0.0933   | 8.8           | 8.8              |
| Mohoza_H     | 6       | 216.4     | 0.318           | 681.4      | 611.0           | -0.025        | 0.135        | 0.034       | 0.926           | 0.12          | 0.15         | 0.0597   | 9.5           | 9.5              |
| Oruro_Aeropu | 51      | 109.9     | 0.279           | 393.5      | 404.7           | -0.024        | 0.185        | 0.004       | 0.739           | 0.27          | 0.16         | 0.0827   | 9.0           | 9.0              |
| Patacamaya   | 52      | 84.7      | 0.215           | 393.4      | 402.9           | -0.024        | 0.167        | 0.211       | 0.718           | 0.29          | 0.17         | 0.0865   | 8.9           | 8.9              |
| Pazña        | 18      | 155.9     | 0.327           | 476.3      | 448.2           | -0.039        | 0.196        | 0.966       | 0.831           | 0.25          | 0.24         | 0.1266   | 7.9           | 7.9              |
| Poroma_lp    | 7       | 149.7     | 0.291           | 513.8      | 466.9           | 0.075         | 0.178        | 0.189       | 0.872           | 0.16          | 0.15         | 0.0817   | 9.0           | 9.0              |
| Puchuni      | 27      | 99.3      | 0.239           | 415.1      | 385.8           | 0.007         | 0.138        | 0.001       | 0.840           | 0.20          | 0.15         | 0.0653   | 9.4           | 9.4              |
| Salla        | 33      | 122.0     | 0.278           | 438.9      | 430.8           | -0.023        | 0.121        | 0.710       | 0.911           | 0.26          | 0.14         | 0.0720   | 9.3           | 9.3              |
| San_Jose_Alt | 52      | 103.5     | 0.332           | 312.0      | 321.1           | -0.028        | 0.179        | 0.110       | 0.843           | 0.26          | 0.20         | 0.1030   | 8.5           | 8.5              |
| San_Pedro_Cu | 8       | 150.4     | 0.291           | 517.7      | 438.1           | -0.023        | 0.152        | 0.417       | 0.887           | 0.27          | 0.15         | 0.0780   | 9.1           | 9.1              |
| Sica_Sica    | 38      | 121.2     | 0.302           | 400.9      | 389.6           | 0.000         | 0.201        | 0.014       | 0.757           | 0.29          | 0.22         | 0.1092   | 8.4           | 8.4              |
| Turco        | 14      | 179.3     | 0.402           | 445.5      | 410.9           | -0.009        | 0.267        | 0.964       | 0.791           | 0.54          | 0.48         | 0.2435   | 4.1           | 4.1              |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.7 Grupo A – Vector con los datos corregidos y completados, periodo 1961-2012**



Fuente:  
Elaboración  
propia

### 3.2.4.2 GRUPO REGIONAL B

La conformación de este grupo nos presentó varios problemas, porque las estaciones (de esta región) tienen muchas lagunas que impiden la generación de un VR continuo. Se realizó una ampliación del grupo para considerar estaciones con registros completos.

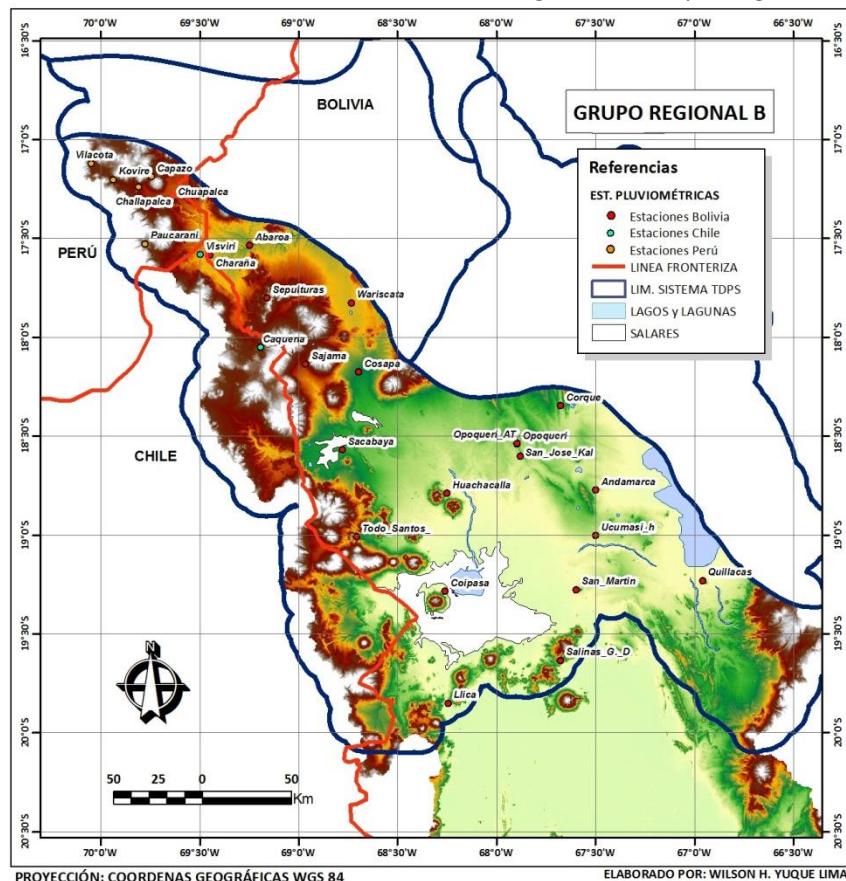
Sobre las estaciones de este grupo el *Estudio de Climatología* de 1993 afirman lo siguiente: “(...) conviene llamar la atención sobre la escasa fiabilidad de los resultados, que han de ser considerados con cautela dada la insuficiente base estadística en que se sustentan.” (p. 3-5). Comentario establecido sobre las siguientes estaciones:

- Eucaliptus, Salinas Garcí Mendoza y Tacagua; con series finales 26 años (1960-85)
- Andamarca, Caracollo, Coipasa, Corque, Cosapa, Huachacalla, Orinoca, Pazña, Quillacas, Sacabaya, Sajama, San José de Kala, San Martín, Todos Santos y Turco; con series finales de 10 años (1976-85)

Con todo este antecedente se consideró realizar el análisis de todo el periodo (1960-2012), en dos partes: la primera, de 1990 a 2012 con datos recientes; la segunda, de 1960 a 1990 corrigiendo únicamente las estaciones con escasa fiabilidad establecidas por el informe de 1993.

La figura 3.8 nos muestra la ubicación geográfica de las estaciones que conforman el Grupo Regional B.

**Figura 3.8 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional B**

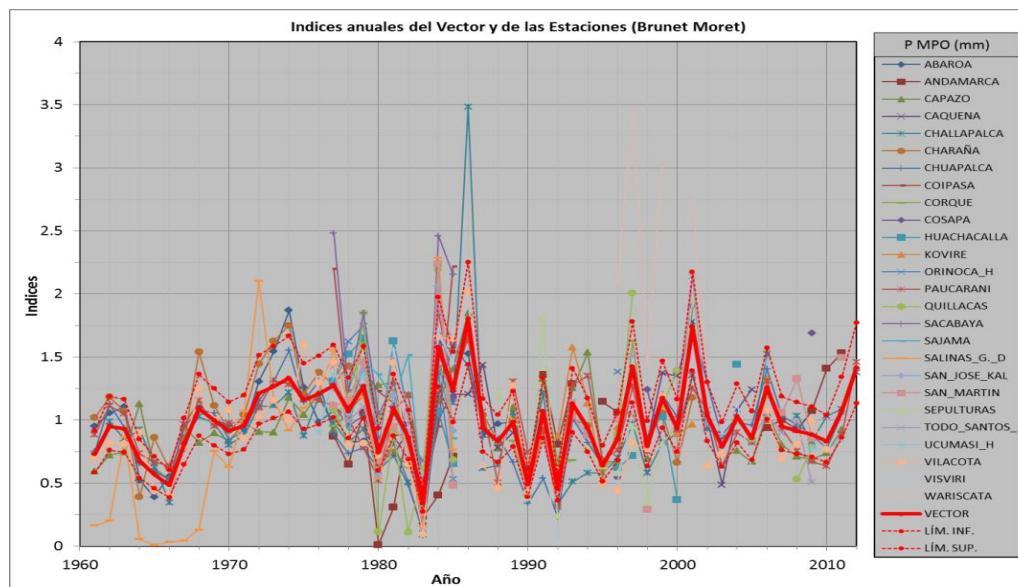


Con un total de 30 estaciones se generó la primera corrida del VR (*tabla 3.6*), para el periodo 1961-2012 con datos originales. Se eliminó por falta de datos las siguientes estaciones: LLica, Opoquere\_AT, Opoqueri, Orinoca\_AT.

**Tabla 3.6 Grupo B – Vector con los datos originales para el periodo 1961 – 2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Abaroa       | 30      | 108.8     | 0.356           | 305.3      | 302.9           | 0.014         | 0.197        | 0.396       | 0.832           | 0.33          | 0.21         | 0.1055   | 8.5           | 7.4              |
| Andamarca    | 20      | 122.5     | 0.455           | 269.0      | 302.8           | -0.088        | 0.470        | 0.029       | 0.109           | 0.87          | 0.65         | 0.2940   | 2.7           | 2.7              |
| Capazo       | 45      | 166.2     | 0.314           | 529.0      | 561.6           | -0.024        | 0.226        | 0.046       | 0.696           | 0.32          | 0.25         | 0.1346   | 7.6           | 7.6              |
| Caquena      | 17      | 147.0     | 0.347           | 423.6      | 407.5           | -0.020        | 0.300        | 0.416       | 0.640           | 0.37          | 0.38         | 0.2078   | 5.2           | 5.2              |
| Challapalca  | 51      | 190.4     | 0.498           | 382.4      | 411.9           | -0.073        | 0.316        | 0.383       | 0.746           | 0.40          | 0.27         | 0.1174   | 8.1           | 8.1              |
| Charaña      | 39      | 108.0     | 0.340           | 318.0      | 305.8           | 0.023         | 0.227        | 0.013       | 0.773           | 0.33          | 0.24         | 0.1198   | 8.1           | 8.1              |
| Chuopalca    | 51      | 141.8     | 0.359           | 395.5      | 422.3           | -0.055        | 0.199        | 0.000       | 0.822           | 0.44          | 0.17         | 0.0745   | 9.2           | 9.2              |
| Coipasa      | 10      | 96.1      | 0.454           | 211.7      | 169.8           | 0.201         | 0.498        | 0.658       | 0.532           | 0.79          | 0.47         | 0.2508   | 3.9           | 3.9              |
| Corque       | 18      | 155.7     | 0.403           | 386.2      | 406.3           | -0.011        | 0.204        | 0.354       | 0.838           | 0.39          | 0.31         | 0.1716   | 6.4           | 6.4              |
| Cosapa       | 15      | 165.7     | 0.415           | 399.0      | 372.2           | 0.016         | 0.288        | 0.696       | 0.745           | 0.46          | 0.49         | 0.2833   | 3.0           | 3.0              |
| Huachacalla  | 14      | 177.9     | 0.451           | 394.8      | 391.9           | -0.055        | 0.407        | 0.004       | 0.450           | 0.60          | 0.37         | 0.1906   | 5.8           | 5.8              |
| Kovire       | 8       | 131.6     | 0.309           | 426.1      | 413.7           | 0.038         | 0.361        | 0.157       | 0.436           | 0.35          | 0.38         | 0.2088   | 5.2           | 5.2              |
| Orinoca_H    | 10      | 131.0     | 0.359           | 365.2      | 320.7           | 0.107         | 0.384        | 0.332       | 0.480           | 0.47          | 0.67         | 0.3560   | 1.5           | 1.5              |
| Paucarani    | 51      | 115.4     | 0.309           | 373.6      | 378.4           | -0.009        | 0.183        | 0.330       | 0.816           | 0.35          | 0.22         | 0.1003   | 8.6           | 8.6              |
| Quillacas    | 18      | 168.8     | 0.567           | 297.6      | 295.8           | -0.038        | 0.401        | 0.483       | 0.731           | 1.12          | 0.71         | 0.3687   | 1.3           | 1.3              |
| Sacabaya     | 9       | 89.2      | 0.536           | 166.2      | 111.1           | 0.444         | 0.636        | 0.099       | 0.936           | 0.57          | 0.22         | 0.2076   | 5.2           | 5.2              |
| Sajama       | 9       | 102.3     | 0.331           | 309.0      | 265.6           | 0.111         | 0.338        | 0.108       | 0.589           | 0.62          | 0.50         | 0.2647   | 3.5           | 3.5              |
| Salinas_G_D  | 26      | 186.3     | 0.763           | 244.2      | 303.5           | -0.192        | 0.454        | 0.021       | 0.802           | 0.84          | 0.67         | 0.3923   | 1.0           | 1.0              |
| San_Jose_Kal | 9       | 179.9     | 0.476           | 377.7      | 357.8           | 0.003         | 0.222        | 0.896       | 0.902           | 0.46          | 0.38         | 0.2055   | 5.3           | 5.3              |
| San_Martin   | 22      | 118.4     | 0.454           | 260.9      | 267.7           | 0.011         | 0.290        | 0.695       | 0.748           | 0.48          | 0.44         | 0.2250   | 4.7           | 4.7              |
| Sepulturas   | 14      | 177.9     | 0.551           | 323.2      | 355.7           | -0.046        | 0.319        | 0.045       | 0.759           | 0.69          | 0.33         | 0.1718   | 6.4           | 6.4              |
| Todo_Santos_ | 20      | 101.3     | 0.388           | 260.9      | 231.2           | 0.052         | 0.210        | 0.091       | 0.902           | 0.37          | 0.18         | 0.0931   | 8.8           | 8.8              |
| Ucumasi_h    | 12      | 117.9     | 0.308           | 382.9      | 369.2           | 0.016         | 0.182        | 0.167       | 0.816           | 0.32          | 0.43         | 0.1675   | 6.6           | 6.6              |
| Vilacota     | 42      | 191.3     | 0.431           | 443.3      | 481.6           | -0.064        | 0.242        | 0.321       | 0.807           | 0.44          | 0.37         | 0.1852   | 6.0           | 6.0              |
| Visviri      | 21      | 153.8     | 0.502           | 306.4      | 320.4           | -0.061        | 0.245        | 0.003       | 0.865           | 0.45          | 0.32         | 0.1660   | 6.6           | 6.6              |
| Wariscata    | 6       | 153.7     | 0.361           | 426.0      | 180.7           | 1.187         | 1.330        | 0.696       | 0.690           | 0.37          | 0.46         | 0.1257   | 7.9           | 7.9              |

Se eliminó 6 estaciones: Andamarca, Huachacalla, Kovire, Orinoca\_H y Wariscata por su baja correlación y desvíos altos; y Sacabaya por su desvío demasiado alto. Wariscata tiene una diferencia considerable entre los valores de su media observada y calculada (245.3 mm de diferencia).



**Figura 3.9**  
Grupo B – Vector con los datos originales para el periodo 1961-2012

Fuente:  
Elaboración propia

Una segunda corrida del VR para el periodo 1990-2012 con datos originales (*tabla 3.7*), se elimina por falta de datos las siguientes estaciones: Abaroa, Coipasa, Sajama, Salinas\_G.\_D\_ y San\_Jose\_Kal.

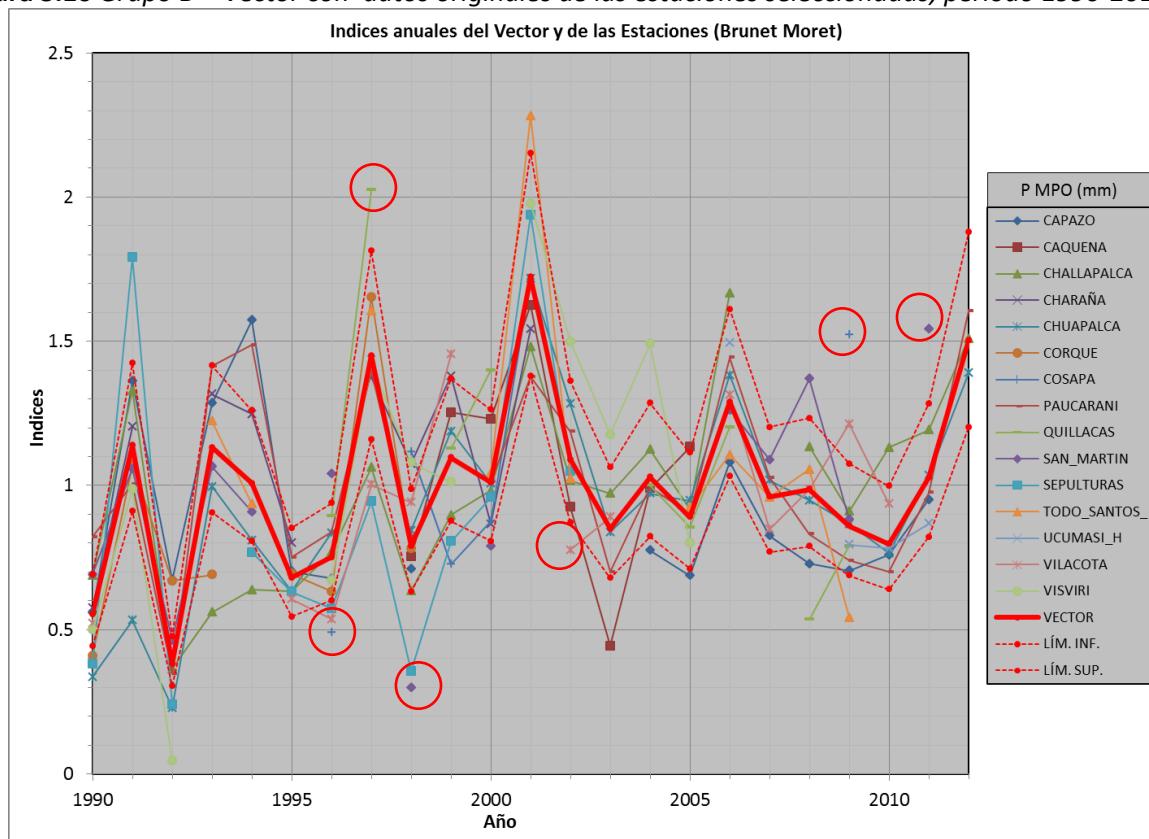
**Tabla 3.7 Grupo B – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, para el periodo 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Capazo       | 16      | 160.5     | 0.334           | 481.2      | 547.8           | -0.014        | 0.217        | 0.001       | 0.659           | 0.21          | 0.17         | 0.0888   | 8.9           | 5.9              |
| Caquena      | 8       | 159.0     | 0.341           | 466.6      | 447.1           | -0.016        | 0.205        | 0.113       | 0.789           | 0.29          | 0.30         | 0.1650   | 6.6           | 5.4              |
| Challapalca  | 22      | 124.6     | 0.337           | 369.5      | 376.0           | -0.019        | 0.227        | 0.002       | 0.741           | 0.34          | 0.18         | 0.0943   | 8.8           | 8.4              |
| Charaña      | 10      | 71.1      | 0.267           | 266.4      | 234.0           | 0.080         | 0.182        | 0.313       | 0.868           | 0.23          | 0.15         | 0.0798   | 9.1           | 8.9              |
| Chuapalca    | 22      | 145.5     | 0.363           | 400.9      | 428.5           | -0.044        | 0.164        | 0.003       | 0.880           | 0.43          | 0.11         | 0.0588   | 9.5           | 9.5              |
| Corque       | 8       | 152.2     | 0.462           | 329.6      | 399.5           | -0.035        | 0.212        | 0.892       | 0.818           | 0.51          | 0.39         | 0.2159   | 5.0           | 5.0              |
| Cosapa       | 6       | 194.9     | 0.439           | 443.7      | 412.9           | 0.036         | 0.358        | 0.634       | 0.590           | 0.50          | 0.26         | 0.1968   | 5.6           | 5.6              |
| Paucarani    | 22      | 110.4     | 0.316           | 349.5      | 343.7           | 0.021         | 0.173        | 0.145       | 0.845           | 0.47          | 0.18         | 0.0942   | 8.8           | 8.8              |
| Quillacas    | 9       | 126.3     | 0.394           | 320.4      | 293.4           | 0.052         | 0.283        | 0.076       | 0.778           | 0.31          | 0.33         | 0.1805   | 6.1           | 6.1              |
| San_Martin   | 13      | 89.7      | 0.361           | 248.7      | 259.4           | 0.044         | 0.256        | 0.143       | 0.655           | 0.49          | 0.30         | 0.1581   | 6.9           | 6.9              |
| Sepulturas   | 12      | 190.2     | 0.610           | 312.1      | 358.9           | -0.103        | 0.309        | 0.095       | 0.828           | 0.70          | 0.27         | 0.1942   | 5.7           | 5.7              |
| Todo_Santos_ | 11      | 97.7      | 0.391           | 250.2      | 216.7           | 0.027         | 0.212        | 0.319       | 0.944           | 0.35          | 0.23         | 0.1236   | 8.0           | 8.0              |
| Ucumasi_h    | 5       | 129.0     | 0.333           | 387.2      | 360.1           | -0.010        | 0.120        | 0.942       | 0.10            | 0.18          | 0.0814       | 9.1      | 9.1           |                  |
| Vilacota     | 13      | 112.0     | 0.307           | 364.6      | 394.0           | -0.010        | 0.226        | 0.542       | 0.619           | 0.34          | 0.25         | 0.1303   | 7.8           | 7.8              |
| Visviri      | 12      | 125.1     | 0.490           | 255.5      | 242.2           | 0.077         | 0.258        | 0.009       | 0.885           | 0.45          | 0.35         | 0.1825   | 6.1           | 6.1              |

Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 3.10* se puede evidenciar las lagunas que tienen los datos originales, que se representadas por puntos aislados y por los vectores no continuos de las estaciones.

**Figura 3.10 Grupo B – Vector con datos originales de las estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**



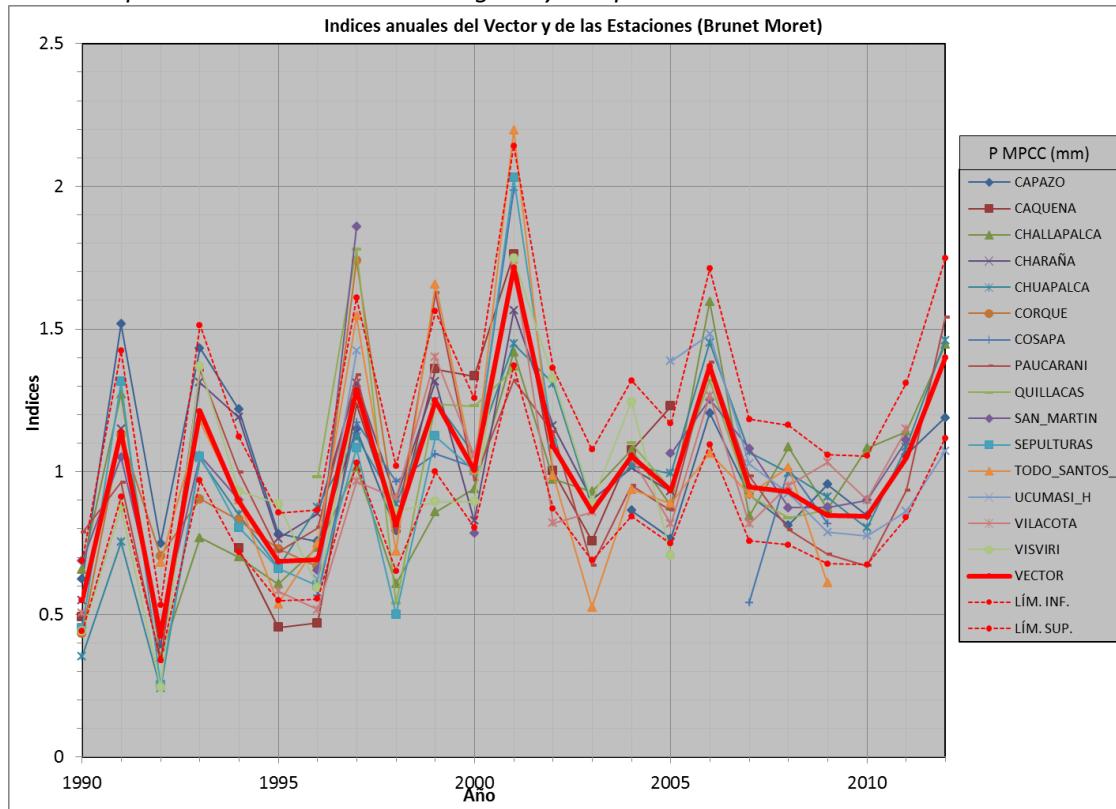
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.8 Grupo B – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Capazo       | 18      | 124.6     | 0.259           | 481.5      | 491.3           | 0.031         | 0.183        | 0.002       | 0.750           | 0.17          | 0.20         | 0.0794   | 9.1           | 6.5              |
| Caquena      | 13      | 165.4     | 0.410           | 403.1      | 411.9           | -0.009        | 0.167        | 0.137       | 0.914           | 0.28          | 0.19         | 0.0989   | 8.6           | 7.7              |
| Challapalca  | 23      | 116.5     | 0.312           | 373.4      | 392.9           | -0.050        | 0.188        | 0.002       | 0.801           | 0.31          | 0.20         | 0.1013   | 8.6           | 8.4              |
| Charaña      | 16      | 75.1      | 0.304           | 247.3      | 245.1           | 0.033         | 0.113        | 0.048       | 0.936           | 0.21          | 0.16         | 0.0830   | 9.0           | 9.0              |
| Chuopalca    | 23      | 125.4     | 0.314           | 399.8      | 408.1           | -0.020        | 0.145        | 0.069       | 0.882           | 0.26          | 0.20         | 0.0888   | 8.9           | 8.9              |
| Corque       | 9       | 141.1     | 0.421           | 335.5      | 379.3           | 0.029         | 0.211        | 0.633       | 0.804           | 0.27          | 0.32         | 0.1750   | 6.3           | 6.3              |
| Cosapa       | 9       | 151.1     | 0.418           | 361.8      | 356.4           | -0.039        | 0.192        | 0.985       | 0.896           | 0.32          | 0.30         | 0.1633   | 6.7           | 6.7              |
| Paucarani    | 23      | 113.6     | 0.322           | 353.0      | 358.5           | -0.015        | 0.161        | 0.212       | 0.858           | 0.28          | 0.21         | 0.1217   | 8.0           | 8.0              |
| Quillacas    | 12      | 85.5      | 0.293           | 291.8      | 267.3           | 0.021         | 0.223        | 0.519       | 0.713           | 0.29          | 0.30         | 0.1590   | 6.8           | 6.8              |
| San_Martin   | 15      | 83.4      | 0.328           | 254.5      | 261.3           | 0.032         | 0.180        | 0.966       | 0.818           | 0.33          | 0.22         | 0.1354   | 7.6           | 7.6              |
| Sepulturas   | 13      | 157.5     | 0.499           | 315.7      | 342.6           | -0.060        | 0.169        | 0.153       | 0.952           | 0.32          | 0.29         | 0.1510   | 7.1           | 7.1              |
| Todo_Santos_ | 18      | 95.5      | 0.421           | 226.6      | 225.1           | 0.006         | 0.219        | 0.237       | 0.865           | 0.31          | 0.31         | 0.1711   | 6.4           | 6.4              |
| Ucumasi_h    | 10      | 109.3     | 0.290           | 376.6      | 363.4           | 0.007         | 0.199        | 0.017       | 0.722           | 0.30          | 0.19         | 0.0804   | 9.1           | 9.1              |
| Vilacota     | 18      | 123.5     | 0.314           | 393.5      | 409.0           | -0.034        | 0.138        | 0.519       | 0.891           | 0.29          | 0.14         | 0.0724   | 9.2           | 9.2              |
| Visviri      | 16      | 102.6     | 0.395           | 259.7      | 273.9           | -0.028        | 0.173        | 0.581       | 0.883           | 0.36          | 0.30         | 0.1548   | 7.0           | 7.0              |

**Fuente:** Elaboración propia

Para poder corregir y completar los datos de este grupo se recurrió a estaciones de grupos vecinos, logrando así mejorar la serie de datos (*tabla 3.8 y figura 3.11*). Este grupo regional final está formado por 15 estaciones (3 clausuradas, 10 en funcionamiento y 2 estaciones chilenas no definidas).

**Figura 3.11 Grupo B – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**

**Fuente:** Elaboración propia

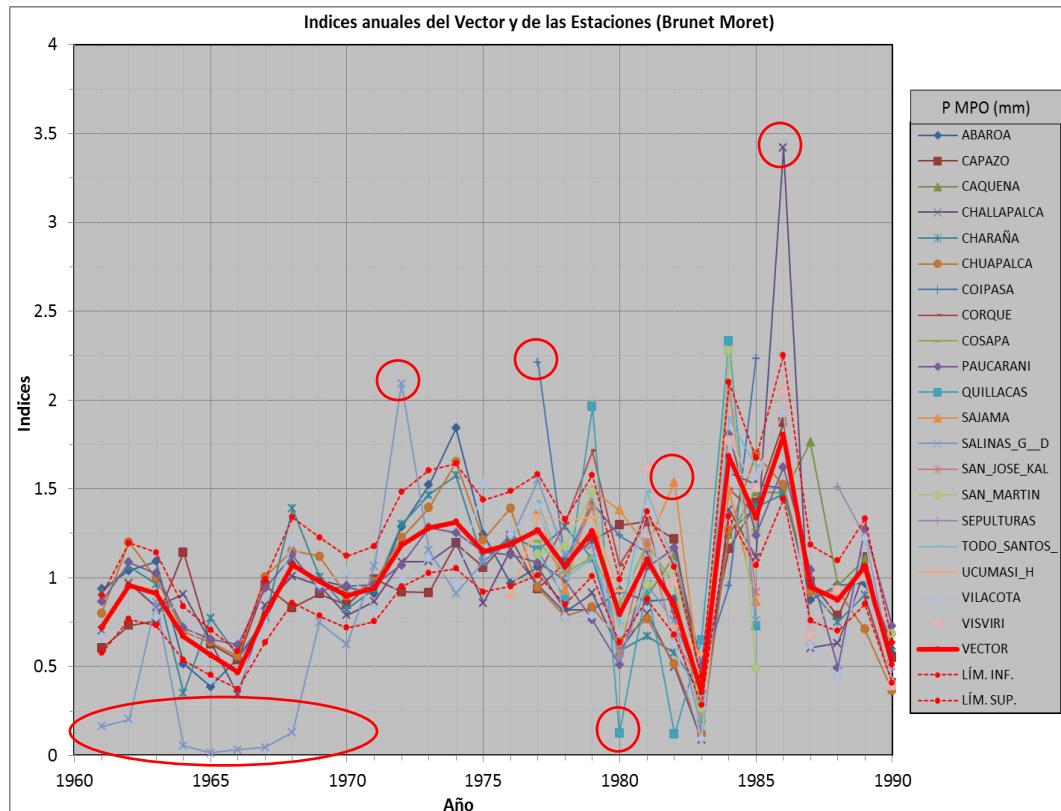
**Tabla 3.9 Grupo B – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1961-1990**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Abaroa       | 30      | 108.8     | 0.356           | 305.3      | 307.4           | -0.007        | 0.190        | 0.235       | 0.842           | 0.33          | 0.21         | 0.1067   | 8.4           | 7.4              |
| Capazo       | 30      | 169.4     | 0.310           | 547.0      | 554.5           | -0.013        | 0.223        | 0.392       | 0.748           | 0.35          | 0.30         | 0.1387   | 7.5           | 7.4              |
| Caquena      | 9       | 132.8     | 0.344           | 385.4      | 332.1           | 0.048         | 0.351        | 0.679       | 0.622           | 0.38          | 0.42         | 0.2479   | 4.0           | 3.9              |
| Challapalca  | 30      | 227.2     | 0.586           | 387.8      | 419.7           | -0.076        | 0.356        | 0.254       | 0.776           | 0.41          | 0.26         | 0.1345   | 7.6           | 7.6              |
| Charaña      | 30      | 117.5     | 0.357           | 329.1      | 339.6           | -0.031        | 0.197        | 0.010       | 0.829           | 0.32          | 0.23         | 0.1156   | 8.2           | 8.2              |
| Chuopalca    | 30      | 146.2     | 0.381           | 383.2      | 397.4           | -0.036        | 0.225        | 0.002       | 0.795           | 0.33          | 0.26         | 0.1175   | 8.1           | 8.1              |
| Coipasa      | 10      | 96.1      | 0.454           | 211.7      | 168.6           | 0.179         | 0.497        | 0.654       | 0.525           | 0.80          | 0.46         | 0.2330   | 4.4           | 4.4              |
| Corque       | 11      | 164.0     | 0.403           | 407.2      | 382.2           | 0.041         | 0.219        | 0.024       | 0.851           | 0.37          | 0.15         | 0.0790   | 9.1           | 9.1              |
| Cosapa       | 9       | 147.6     | 0.400           | 369.2      | 345.8           | -0.010        | 0.105        | 0.586       | 0.969           | 0.41          | 0.16         | 0.0884   | 8.9           | 8.9              |
| Paucarani    | 30      | 117.4     | 0.302           | 388.2      | 387.5           | 0.002         | 0.176        | 0.038       | 0.841           | 0.41          | 0.15         | 0.0738   | 9.2           | 9.2              |
| Quillacas    | 9       | 208.4     | 0.759           | 274.7      | 278.0           | -0.090        | 0.520        | 0.841       | 0.722           | 1.78          | 1.81         | 0.9833   | 0.0           | 0.0              |
| Sajama       | 9       | 102.3     | 0.331           | 309.0      | 261.5           | 0.103         | 0.360        | 0.097       | 0.551           | 0.42          | 0.49         | 0.2404   | 4.2           | 4.2              |
| Salinas_G_D  | 25      | 188.9     | 0.787           | 240.1      | 304.6           | -0.204        | 0.460        | 0.019       | 0.797           | 0.62          | 0.79         | 0.3954   | 1.0           | 1.0              |
| San_Jose_Kal | 9       | 179.9     | 0.476           | 377.7      | 356.5           | -0.019        | 0.223        | 0.965       | 0.896           | 0.39          | 0.44         | 0.2343   | 4.4           | 4.4              |
| San_Martin   | 10      | 149.8     | 0.558           | 268.6      | 263.2           | -0.001        | 0.356        | 0.968       | 0.754           | 0.64          | 0.52         | 0.2784   | 3.1           | 3.1              |
| Sepulturas   | 3       | 151.3     | 0.495           | 305.6      | 284.1           | 0.259         | 0.380        | 0.824       |                 | 0.10          |              |          |               |                  |
| Todo_Santos_ | 9       | 109.9     | 0.401           | 274.0      | 230.4           | 0.111         | 0.208        | 0.282       | 0.930           | 0.35          | 0.12         | 0.0990   | 8.6           | 8.6              |
| Ucumasi_h    | 7       | 119.8     | 0.316           | 379.8      | 374.2           | 0.047         | 0.188        | 0.652       | 0.819           | 0.29          | 0.20         | 0.1821   | 6.1           | 6.1              |
| Vilacota     | 30      | 212.1     | 0.452           | 469.5      | 502.0           | -0.065        | 0.222        | 0.951       | 0.864           | 0.42          | 0.40         | 0.1951   | 5.7           | 5.7              |
| Visviri      | 10      | 178.3     | 0.511           | 349.0      | 308.3           | 0.080         | 0.219        | 0.509       | 0.939           | 0.41          | 0.27         | 0.0792   | 9.1           | 9.1              |

Fuente: Elaboración propia

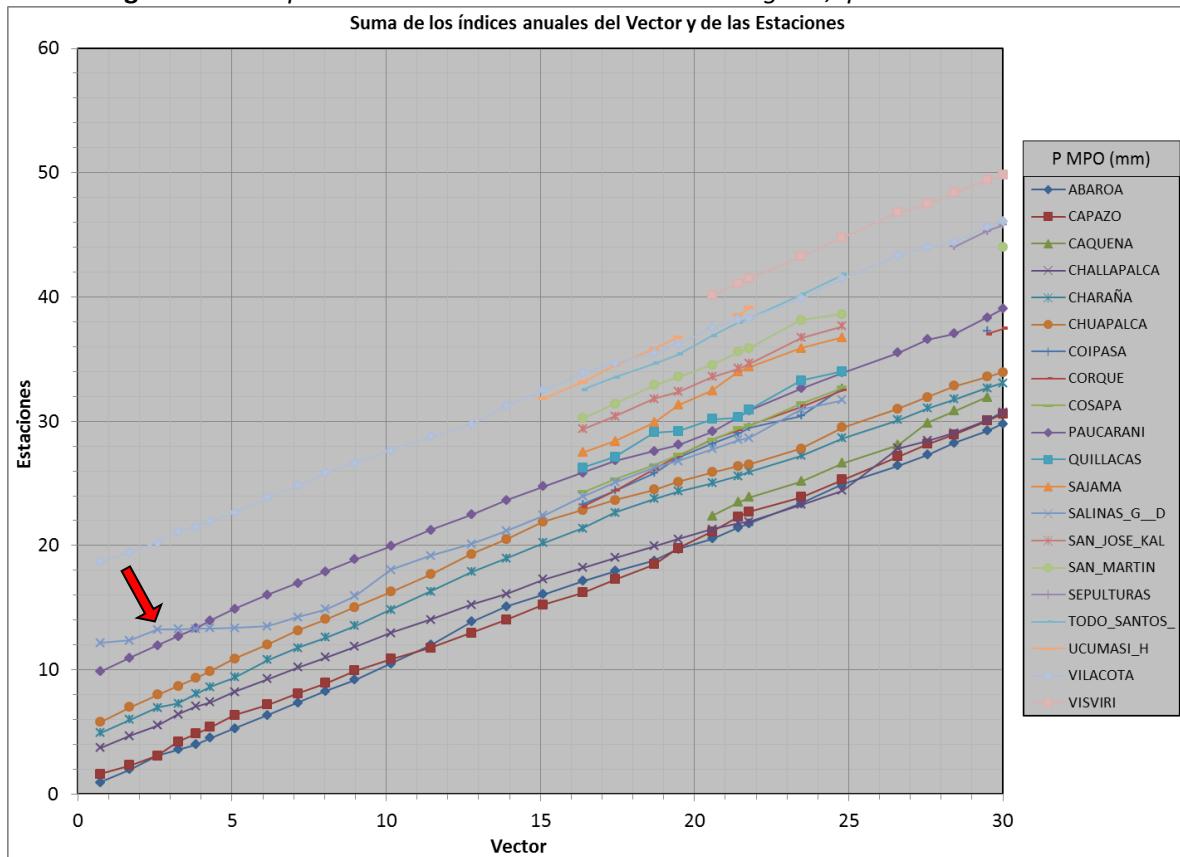
La tabla 3.9 confirma que tenemos una correlación del vector en general aceptable, pero existe problema con los desvíos altos lo que se puede evidenciar en la figura 3.12 con datos que salen de los límites del vector; en especial se debe analizar que sucede con la estación de Salinas\_G.\_Mendoza entre los años 1961 a 1968.

**Figura 3.12**  
**Grupo B,**  
**Vector con**  
**datos originales**  
**de estaciones**  
**seleccionadas,**  
**periodo**  
**1961-1990**  
  
**Fuente:**  
 Elaboración  
 propia



La figura 3.13 de las acumuladas de las estaciones con respecto al vector, confirma que los datos de la estación de Salinas\_G.\_Mendoza entre los años 1961 a 1968, son incorrectos.

**Figura 3.13 Grupo B – Acumuladas de las estaciones elegidas, periodo 1961 – 1990**



Fuente: Elaboración propia

Se revisaron los datos corregidos y completados de la ALT, y se encontró que para la estación de Salinas\_G.\_Mendoza tenía registrado el valor de 0 (cero) como precipitación en todos los meses del año lo que no es correcto, porque las estaciones cercanas como San\_Martín registran precipitaciones en esos años.

Entonces, para la estación de Salinas\_G.\_Mendoza, se decidió eliminar los registros de los años de 1961 a 1968 con excepción de 1963.

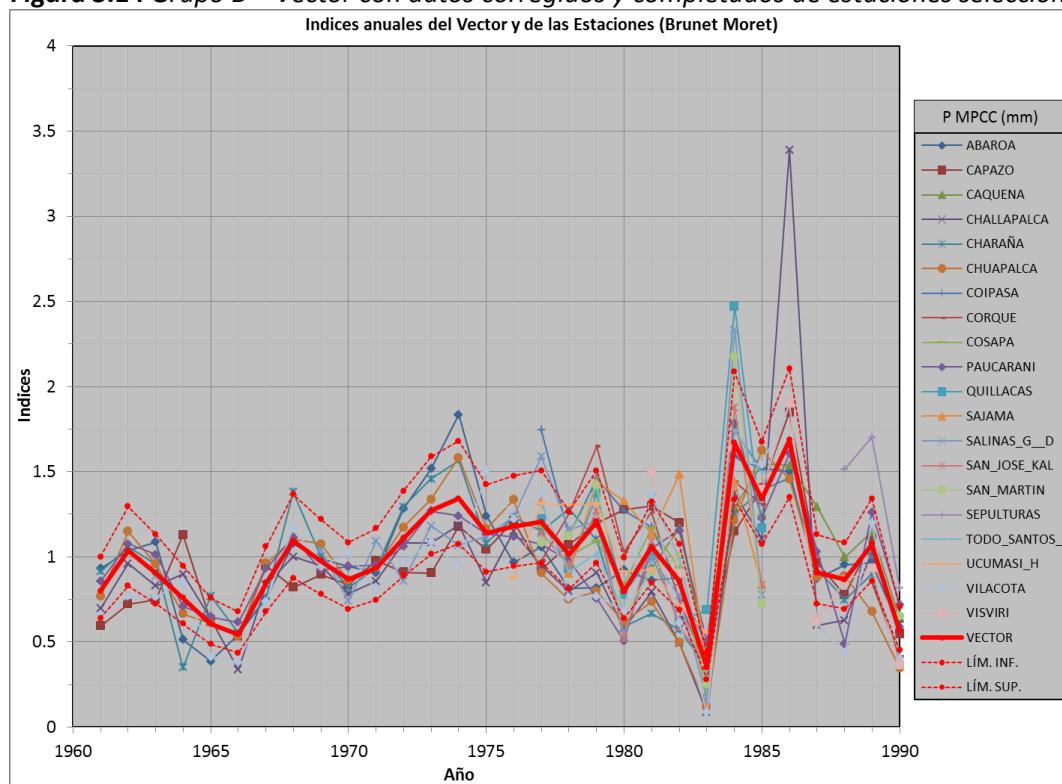
Las tablas 3.9 y 3.10 en la columna de Id Estación se muestran resaltadas (letras color azul) las estaciones que serán corregidas, porque son catalogadas con un nivel bajo de confiabilidad según la ALT.

**Tabla 3.10 Grupo B – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1961-1990**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |     |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|-----|
| Abaroa       | 30      | 108.8     | 0.356           | 305.3      | 308.5           | -0.011       | 0.176       | 0.323           | 0.863         | 0.30         | 0.18     | 0.0905        | 8.8              | 7.8 |
| Capazo       | 30      | 169.4     | 0.310           | 547.0      | 561.8           | -0.026       | 0.217       | 0.292           | 0.735         | 0.45         | 0.29     | 0.1293        | 7.8              | 7.7 |
| Caquena      | 10      | 116.8     | 0.334           | 349.8      | 319.3           | 0.058        | 0.224       | 0.759           | 0.851         | 0.33         | 0.30     | 0.1708        | 6.5              | 6.4 |
| Challapalca  | 30      | 227.2     | 0.586           | 387.8      | 423.5           | -0.084       | 0.364       | 0.463           | 0.771         | 0.41         | 0.23     | 0.1167        | 8.2              | 8.1 |
| Charaña      | 30      | 117.5     | 0.357           | 329.1      | 341.4           | -0.036       | 0.191       | 0.021           | 0.834         | 0.29         | 0.23     | 0.1162        | 8.2              | 8.2 |
| Chuapalca    | 30      | 146.2     | 0.381           | 383.2      | 414.6           | -0.076       | 0.211       | 0.004           | 0.824         | 0.34         | 0.21     | 0.1029        | 8.5              | 8.5 |
| Coipasa      | 10      | 65.7      | 0.324           | 202.6      | 163.9           | 0.179        | 0.258       | 0.413           | 0.872         | 0.33         | 0.29     | 0.1389        | 7.5              | 7.5 |
| Corque       | 11      | 164.0     | 0.403           | 407.2      | 397.6           | 0.012        | 0.222       | 0.014           | 0.828         | 0.36         | 0.15     | 0.0799        | 9.1              | 9.1 |
| Cosapa       | 9       | 147.6     | 0.400           | 369.2      | 353.0           | -0.009       | 0.094       | 0.690           | 0.975         | 0.40         | 0.23     | 0.0775        | 9.1              | 9.1 |
| Paucarani    | 30      | 117.4     | 0.302           | 388.2      | 391.6           | -0.009       | 0.156       | 0.184           | 0.861         | 0.35         | 0.15     | 0.0764        | 9.2              | 9.2 |
| Quillacas    | 9       | 146.6     | 0.490           | 299.1      | 262.5           | 0.084        | 0.312       | 0.488           | 0.839         | 0.35         | 0.28     | 0.1377        | 7.5              | 7.5 |
| Sajama       | 9       | 102.3     | 0.331           | 309.0      | 271.5           | 0.083        | 0.345       | 0.088           | 0.551         | 0.45         | 0.40     | 0.2153        | 5.0              | 5.0 |
| Salinas_G_D  | 18      | 132.8     | 0.429           | 309.7      | 297.2           | -0.026       | 0.262       | 0.878           | 0.823         | 0.33         | 0.34     | 0.1698        | 6.5              | 6.5 |
| San_Jose_Kal | 9       | 179.9     | 0.476           | 377.7      | 393.6           | -0.096       | 0.227       | 0.966           | 0.881         | 0.46         | 0.48     | 0.2582        | 3.7              | 3.7 |
| San_Martin   | 10      | 144.0     | 0.522           | 275.7      | 275.6           | -0.006       | 0.281       | 0.976           | 0.830         | 0.48         | 0.51     | 0.2700        | 3.4              | 3.4 |
| Sepulturas   | 3       | 87.9      | 0.346           | 254.1      | 188.9           | 0.511        | 0.542       |                 | 0.977         |              | 0.20     |               |                  |     |
| Todo_Santos_ | 9       | 109.9     | 0.401           | 274.0      | 251.0           | 0.036        | 0.152       | 0.331           | 0.938         | 0.36         | 0.22     | 0.0982        | 8.7              | 8.7 |
| Ucumasi_h    | 8       | 111.4     | 0.296           | 376.4      | 381.1           | 0.029        | 0.191       | 0.467           | 0.759         | 0.33         | 0.18     | 0.1699        | 6.5              | 6.5 |
| Vilacota     | 30      | 212.1     | 0.452           | 469.5      | 511.4           | -0.082       | 0.226       | 0.950           | 0.868         | 0.41         | 0.39     | 0.1950        | 5.7              | 5.7 |
| Visviri      | 10      | 178.3     | 0.511           | 349.0      | 333.0           | 0.011        | 0.196       | 0.587           | 0.931         | 0.40         | 0.32     | 0.0967        | 8.7              | 8.7 |

**Fuente:** Elaboración propia

Después del proceso de corrección de los datos mensuales, de aquellos datos muy malos de la figura 3.12, la serie mejoró bastante. Persiste el problema de los desvíos altos, esto debido a la ampliación del grupo realizado, que es entendible por la diferencia de la orografía de la zona (que pasa de una zona montañosa al norte a una zona llana al sur del grupo).

**Figura 3.14 Grupo B – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1961-1990**

**Fuente:**  
Elaboración propia

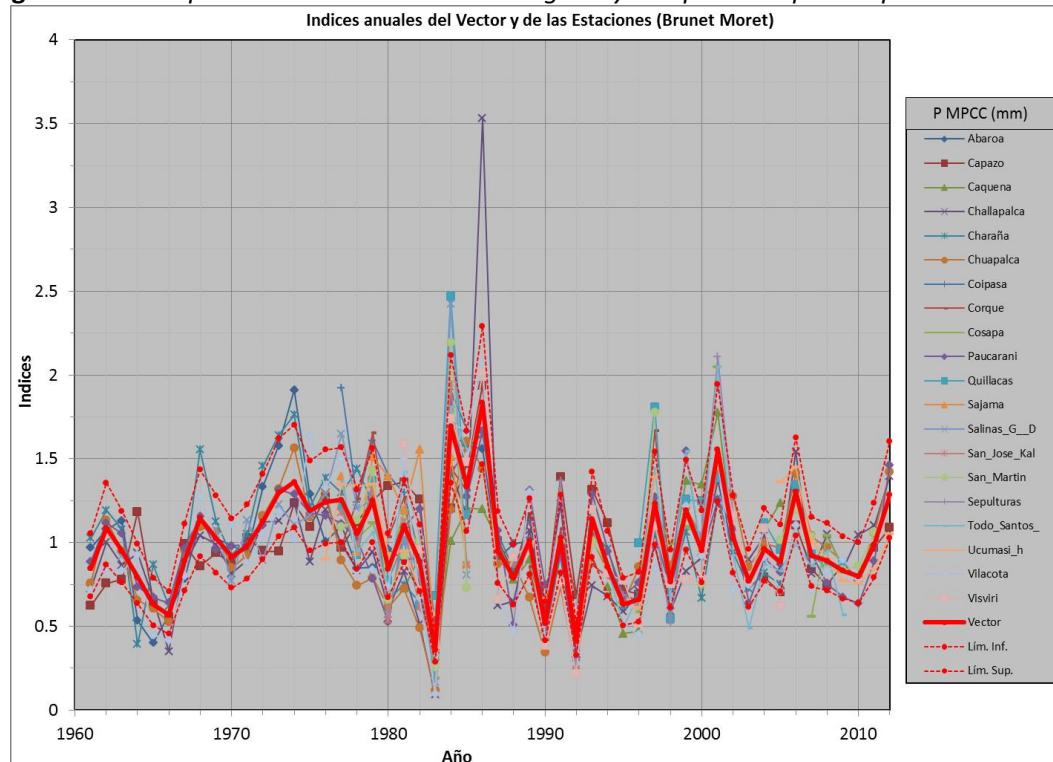
El VR final con los datos corregidos y completados considerando el periodo completo de 1961 a 2012 (*Tabla 3.11*), muestran un grupo con correlaciones aceptables y desvíos muy cerca del límite establecido. La *figura 3.15* establece que deben realizarse corrección para el periodo 1961-90 como Challapalca, Charaña.

**Tabla 3.11** Grupo B – Vector con datos corregidos y completados para el periodo 1961-2012

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Abaroa       | 30      | 108.8     | 0.356           | 305.3      | 296.6           | -0.001        | 0.195        | 0.388       | 0.841           | 0.30          | 0.22         | 0.1116   | 8.3           | 7.3              |
| Capazo       | 47      | 154.4     | 0.293           | 527.0      | 536.1           | -0.006        | 0.205        | 0.015       | 0.746           | 0.29          | 0.21         | 0.0987   | 8.6           | 8.6              |
| Caquena      | 22      | 143.7     | 0.370           | 388.0      | 409.0           | -0.049        | 0.261        | 0.024       | 0.732           | 0.30          | 0.23         | 0.1324   | 7.7           | 7.7              |
| Challapalca  | 52      | 187.0     | 0.487           | 383.9      | 406.3           | -0.055        | 0.299        | 0.398       | 0.777           | 0.38          | 0.22         | 0.1114   | 8.3           | 8.3              |
| Charaña      | 45      | 109.4     | 0.360           | 304.3      | 303.6           | 0.003         | 0.196        | 0.006       | 0.836           | 0.29          | 0.19         | 0.1025   | 8.5           | 8.5              |
| Chuupalca    | 52      | 133.4     | 0.338           | 395.2      | 419.5           | -0.058        | 0.193        | 0.000       | 0.817           | 0.41          | 0.19         | 0.0935   | 8.8           | 8.8              |
| Coipasa      | 10      | 65.7      | 0.324           | 202.6      | 148.8           | 0.283         | 0.341        | 0.398       | 0.897           | 0.33          | 0.25         | 0.1321   | 7.7           | 7.7              |
| Corque       | 19      | 150.3     | 0.389           | 386.1      | 396.3           | 0.026         | 0.206        | 0.261       | 0.836           | 0.45          | 0.24         | 0.1391   | 7.5           | 7.5              |
| Cosapa       | 18      | 145.0     | 0.397           | 365.5      | 346.1           | 0.013         | 0.176        | 0.873       | 0.914           | 0.42          | 0.29         | 0.1494   | 7.2           | 7.2              |
| Paucarani    | 52      | 116.4     | 0.311           | 374.7      | 377.1           | -0.006        | 0.154        | 0.458       | 0.868           | 0.34          | 0.21         | 0.1036   | 8.5           | 8.5              |
| Quillacas    | 21      | 112.4     | 0.381           | 294.9      | 263.0           | 0.077         | 0.267        | 0.317       | 0.795           | 0.46          | 0.33         | 0.1682   | 6.5           | 6.5              |
| Sajama       | 9       | 102.3     | 0.331           | 309.0      | 258.7           | 0.109         | 0.350        | 0.099       | 0.580           | 0.45          | 0.38         | 0.2039   | 5.4           | 5.4              |
| Salinas_G_D  | 19      | 129.3     | 0.415           | 311.6      | 286.1           | -0.016        | 0.261        | 0.938       | 0.840           | 0.36          | 0.39         | 0.1651   | 6.6           | 6.6              |
| San_Jose_Kal | 9       | 179.9     | 0.476           | 377.7      | 379.6           | -0.091        | 0.228        | 0.960       | 0.889           | 0.46          | 0.49         | 0.2669   | 3.4           | 3.4              |
| San_Martin   | 24      | 110.2     | 0.414           | 266.5      | 273.3           | 0.009         | 0.223        | 1.000       | 0.828           | 0.44          | 0.38         | 0.1783   | 6.2           | 6.2              |
| Sepulturas   | 15      | 146.1     | 0.465           | 314.1      | 329.4           | 0.036         | 0.193        | 0.246       | 0.931           | 0.32          | 0.29         | 0.1357   | 7.6           | 7.6              |
| Todo_Santos_ | 27      | 101.0     | 0.417           | 242.4      | 241.6           | 0.012         | 0.194        | 0.141       | 0.895           | 0.34          | 0.28         | 0.1445   | 7.3           | 7.3              |
| Ucumasi_h    | 18      | 106.9     | 0.284           | 376.5      | 371.2           | 0.026         | 0.194        | 0.105       | 0.739           | 0.36          | 0.25         | 0.1311   | 7.7           | 7.7              |
| Vilacota     | 47      | 184.9     | 0.415           | 446.0      | 469.8           | -0.057        | 0.208        | 0.594       | 0.868           | 0.42          | 0.31         | 0.1585   | 6.9           | 6.9              |
| Visviri      | 25      | 138.7     | 0.461           | 301.0      | 313.8           | -0.022        | 0.189        | 0.154       | 0.905           | 0.39          | 0.29         | 0.1377   | 7.5           | 7.5              |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.15** Grupo B – Vector con datos corregidos y completados para el periodo 1961 – 2012

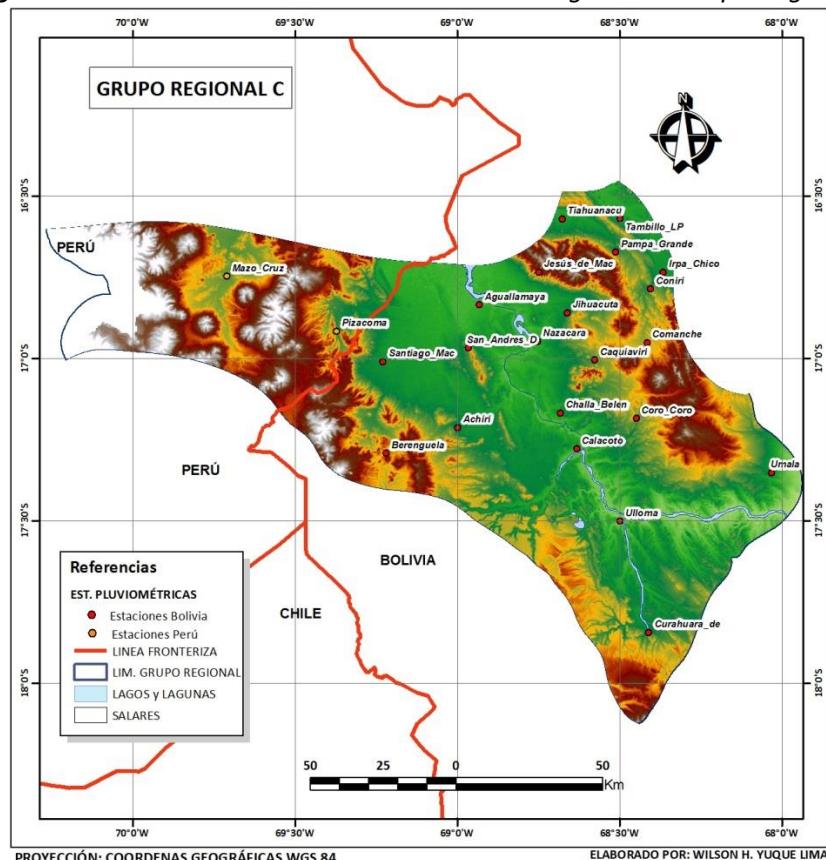


Fuente:  
Elaboración  
propia

### 3.2.4.3 GRUPO REGIONAL C

Geográficamente el grupo regional C, está ubicada al Oeste-central del sistema TDPS, ocupa parte del valle del río Desaguadero como se ve en la figura 3.16.

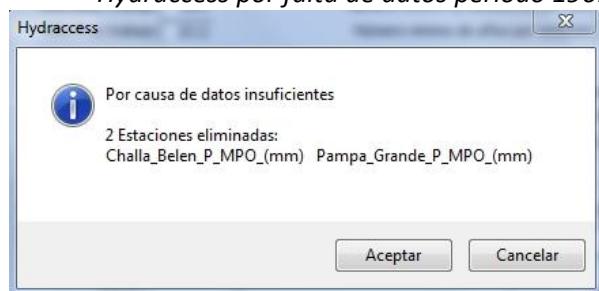
**Figura 3.16 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional C**



**Fuente:** Elaboración propia

Con un total de 21 estaciones se generó la primera corrida del VR (*tabla 3.12*), para el periodo 1961-2012 con datos originales. Se eliminó por falta de datos las siguientes estaciones: Challa\_Belen y Pampa\_Grande (*Figura 3.17*).

**Figura 3.17 Grupo C, Estaciones eliminadas por el programa Hydraccess por falta de datos periodo 1961-2012**

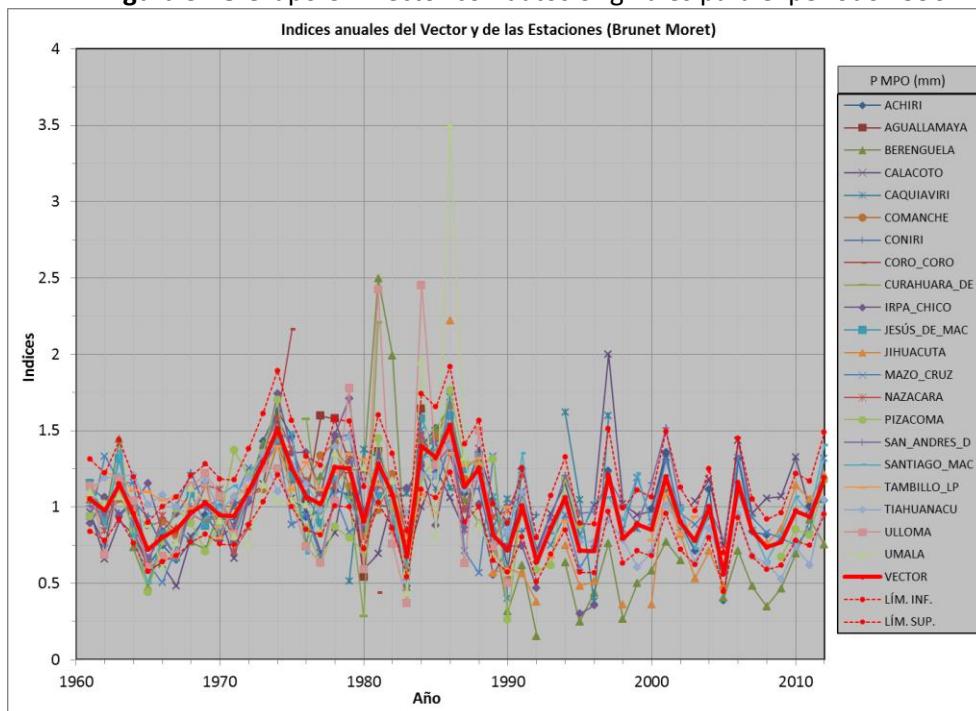


**Tabla 3.12 Grupo C – Vector con datos originales para el periodo 1990-2012**

| Id Estación         | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs.   | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|---------------------|---------|-----------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Achiri              | 44      | 139.3     | 0.278           | 500.6        | 494.1           | -0.020        | 0.136        | 0.056       | 0.879           | 0.30          | 0.18         | 0.0886   | 8.9           | 8.5              |
| Aguallamaya         | 9       | 158.5     | 0.335           | 473.6        | 394.5           | 0.097         | 0.267        | 0.206       | 0.792           | 0.44          | 0.41         | 0.1909   | 5.8           | 5.7              |
| Berenguela          | 49      | 200.3     | 0.523           | 383.2        | 429.7           | -0.116        | 0.349        | 0.000       | 0.742           | 0.51          | 0.36         | 0.1821   | 6.1           | 6.1              |
| Calacoto            | 50      | 115.3     | 0.285           | 403.9        | 412.3           | -0.019        | 0.251        | 0.000       | 0.520           | 0.32          | 0.23         | 0.1194   | 8.1           | 8.1              |
| <b>Caquiaviri</b>   | 23      | 150.0     | 0.296           | 507.5        | 479.3           | 0.039         | 0.290        | 0.630       | 0.482           | 0.38          | 0.33         | 0.1893   | 5.8           | 5.8              |
| Comanche            | 31      | 125.9     | 0.232           | 542.7        | 507.1           | -0.002        | 0.126        | 0.628       | 0.858           | 0.22          | 0.14         | 0.0694   | 9.3           | 9.3              |
| Coniri              | 32      | 111.2     | 0.198           | 562.8        | 519.0           | 0.026         | 0.139        | 0.261       | 0.810           | 0.32          | 0.21         | 0.1067   | 8.4           | 8.4              |
| <b>Coro_Coro</b>    | 3       | 397.3     | 0.629           | <b>631.2</b> | <b>452.8</b>    | 0.045         | <b>0.718</b> |             | <b>0.082</b>    |               | 0.88         |          |               |                  |
| <b>Curahuara_de</b> | 6       | 274.6     | 0.540           | <b>508.8</b> | <b>415.1</b>    | 0.096         | <b>0.515</b> | 0.453       | 0.747           | 0.44          | 0.82         | 0.4067   | 0.8           | 0.8              |
| Irpa_Chico          | 34      | 143.4     | 0.321           | 447.5        | 432.2           | -0.003        | 0.227        | 0.001       | 0.719           | 0.37          | 0.28         | 0.1243   | 7.9           | 7.9              |
| Jesús_de_Mac        | 30      | 153.6     | 0.247           | 621.9        | 581.7           | -0.005        | 0.106        | 0.052       | 0.914           | 0.37          | 0.19         | 0.0949   | 8.7           | 8.7              |
| <b>Jihuacuta</b>    | 20      | 387.6     | 0.559           | <b>693.7</b> | <b>892.6</b>    | -0.116        | <b>0.285</b> | 0.008       | 0.853           | 0.41          | 0.25         | 0.1279   | 7.8           | 7.8              |
| Mazo_Cruz           | 50      | 157.4     | 0.290           | 543.1        | 558.4           | -0.035        | 0.214        | 0.018       | <b>0.666</b>    | 0.40          | 0.26         | 0.1325   | 7.7           | 7.7              |
| Nazacara            | 31      | 108.8     | 0.232           | 470.0        | 438.7           | -0.001        | 0.129        | 0.549       | 0.851           | 0.30          | 0.15         | 0.0751   | 9.2           | 9.2              |
| Pizacoma            | 39      | 216.9     | 0.333           | 651.0        | 660.2           | -0.049        | 0.219        | 0.402       | 0.755           | 0.37          | 0.30         | 0.1520   | 7.1           | 7.1              |
| San_Andres_D        | 42      | 124.1     | 0.220           | 563.4        | 533.2           | 0.031         | 0.135        | 0.011       | 0.833           | 0.21          | 0.21         | 0.1039   | 8.5           | 8.5              |
| Santiago_Mac        | 52      | 109.3     | 0.242           | 452.0        | 446.3           | 0.013         | 0.143        | 0.095       | 0.817           | 0.27          | 0.20         | 0.0980   | 8.7           | 8.7              |
| Tambillo_LP         | 37      | 102.1     | 0.177           | 577.8        | 538.7           | 0.027         | 0.178        | 0.082       | <b>0.638</b>    | 0.30          | 0.21         | 0.1052   | 8.5           | 8.5              |
| Tiahuanacu          | 51      | 136.5     | 0.243           | 562.3        | 568.0           | -0.009        | 0.168        | 0.002       | 0.741           | 0.28          | 0.17         | 0.0859   | 9.0           | 9.0              |
| Ulloma              | 30      | 171.6     | 0.471           | 364.0        | 344.0           | -0.016        | <b>0.367</b> | 0.736       | 0.711           | 0.52          | 0.45         | 0.2312   | 4.5           | 4.5              |
| Umala               | 30      | 206.2     | 0.501           | 411.6        | 382.3           | 0.002         | <b>0.428</b> | 0.342       | <b>0.623</b>    | 0.35          | 0.35         | 0.1781   | 6.2           | 6.2              |

Fuente: Elaboración propia

Se eliminó 4 estaciones: Caquiaviri, Coro\_Coro por su correlación baja y desvíos altos demostrando su no homogeneidad con el grupo; luego por desvíos altos y la gran diferencia de los valores de su media observada y calculada las estaciones de Curahuara\_de (con 93.7 mm de diferencia) y Jihuacuta (198.9 mm de diferencia).

**Figura 3.18 Grupo C – Vector con datos originales para el periodo 1990-2012**


Fuente:  
Elaboración  
propria

Con la segunda corrida del VR para el periodo 1990-2012 con datos originales (*tabla 3.13*), se elimina las estaciones con los siguientes Id: Aguallamaya, Comanche, Jesús\_de\_Mac, Nazacara, Ulloma y Umala por falta de datos.

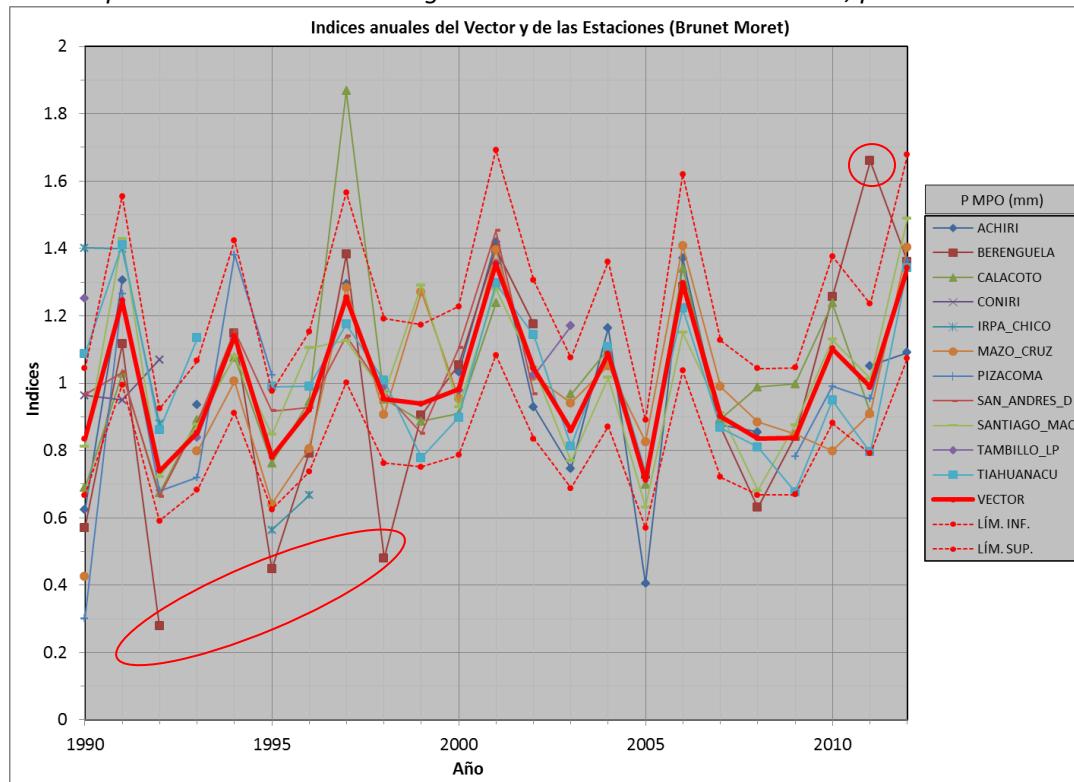
**Tabla 3.13 Grupo C – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Achiri       | 15      | 134.6     | 0.283           | 475.7      | 472.5           | -0.033        | 0.132        | 0.663       | 0.898           | 0.29          | 0.11         | 0.1215   | 8.0           | 5.1              |
| Berenguela   | 20      | 88.8      | 0.386           | 230.1      | 237.5           | -0.041        | 0.246        | 0.210       | 0.783           | 0.54          | 0.42         | 0.2156   | 5.0           | 4.6              |
| Calacoto     | 21      | 117.1     | 0.265           | 442.5      | 441.4           | 0.021         | 0.164        | 0.514       | 0.781           | 0.26          | 0.16         | 0.0608   | 9.5           | 9.3              |
| Coniri       | 3       | 30.1      | 0.066           | 456.1      | 458.7           | 0.055         | 0.266        | -0.721      |                 | 0.41          |              |          |               |                  |
| Irpa_Chico   | 5       | 91.4      | 0.406           | 225.4      | 229.5           | 0.078         | 0.308        | 0.547       | 0.61            | 0.23          | 0.1170       | 8.1      | 8.1           |                  |
| Mazo_Cruz    | 21      | 133.9     | 0.261           | 513.9      | 524.7           | -0.022        | 0.152        | 0.037       | 0.800           | 0.26          | 0.15         | 0.0781   | 9.1           | 9.1              |
| Pizacoma     | 10      | 192.4     | 0.359           | 536.2      | 566.7           | -0.040        | 0.210        | 0.257       | 0.787           | 0.31          | 0.09         | 0.1180   | 8.1           | 8.1              |
| San_Andres_D | 13      | 104.7     | 0.188           | 558.0      | 556.6           | -0.001        | 0.104        | 0.798       | 0.840           | 0.13          | 0.13         | 0.0652   | 9.4           | 9.4              |
| Santiago_Mac | 23      | 95.5      | 0.225           | 423.9      | 420.7           | 0.008         | 0.117        | 0.177       | 0.850           | 0.23          | 0.17         | 0.0790   | 9.1           | 9.1              |
| Tambillo_LP  | 8       | 71.6      | 0.153           | 469.4      | 430.0           | 0.089         | 0.184        | 0.167       | 0.498           | 0.09          | 0.05         | 0.0287   | 9.9           | 9.9              |
| Tiahuanacu   | 22      | 91.4      | 0.206           | 444.0      | 442.2           | 0.010         | 0.132        | 0.017       | 0.777           | 0.28          | 0.13         | 0.0625   | 9.4           | 9.4              |

Fuente: Elaboración propia

La correlación negativa de la estación de Coniri, nos indica que debemos eliminarla para este periodo, porque de sus 3 años de registro 2 perjudican al grupo (1991 y 1992). La *figura 3.19* muestra que la estación de Berenguela tiene varios años que salen de los límites del vector, y el año 2011 se comporta totalmente diferente al grupo. La *figura 3.20* de acumuladas nos muestra un desvío bastante fuerte a partir del año 1992 de la estación de Berenguela, por lo que se decidió separar estos datos (1992 a 2012) para un segundo análisis y averiguar el motivo que provoca este comportamiento.

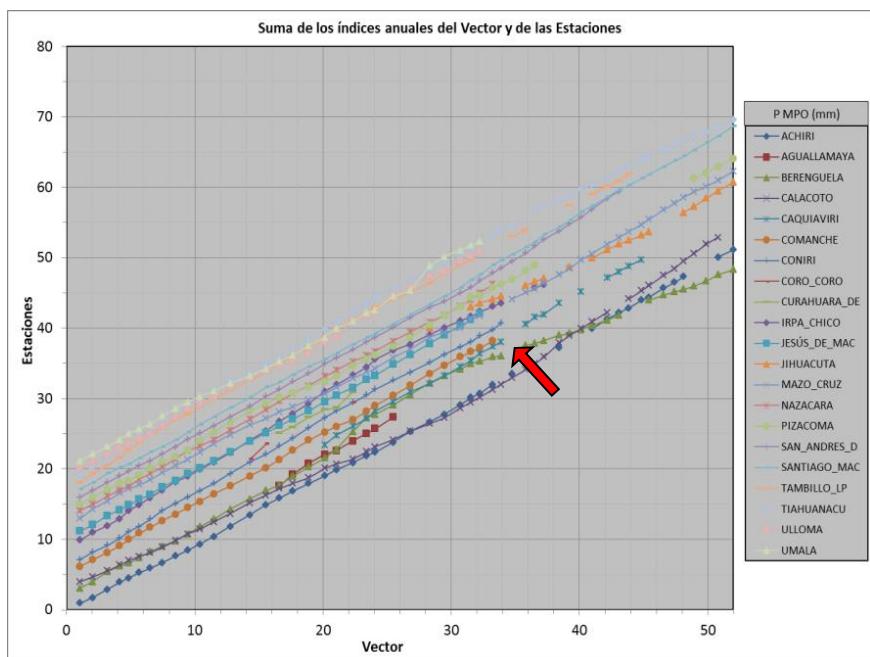
**Figura 3.19 Grupo C – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.20**  
**Grupo C,**  
**Acumuladas de**  
**las estaciones**  
**seleccionadas,**  
**periodo**  
**1961-2012**

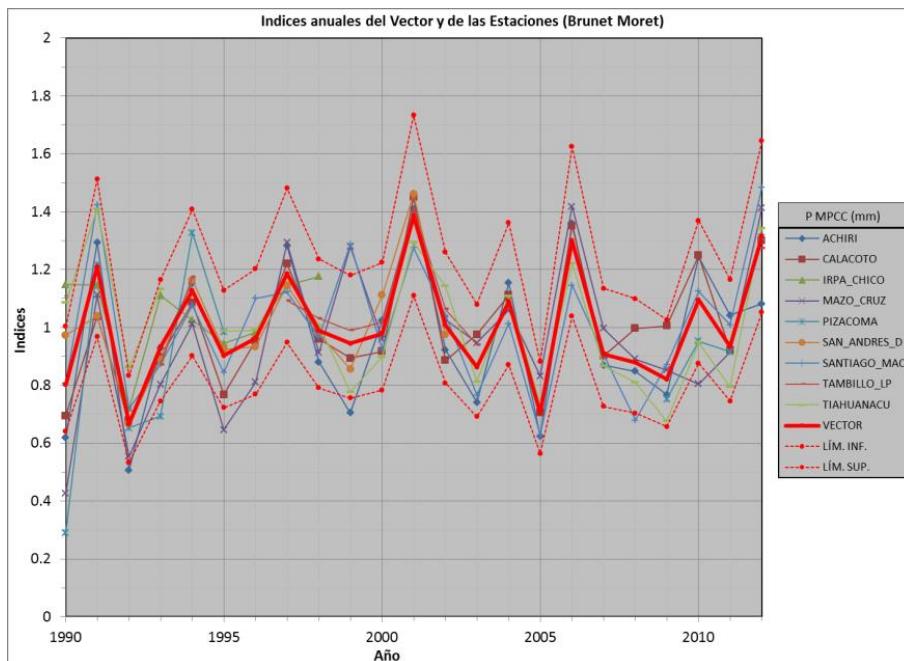
**Fuente:**  
 Elaboración  
 propia



**Tabla 3.14 Grupo C – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Achiri       | 21      | 124.6     | 0.268           | 464.1      | 476.4           | -0.032        | 0.115        | 0.892       | 0.917           | 0.25          | 0.17         | 0.1007   | 8.6           | 6.6              |
| Calacoto     | 23      | 90.7      | 0.208           | 436.8      | 437.7           | -0.002        | 0.088        | 0.029       | 0.902           | 0.27          | 0.11         | 0.0572   | 9.5           | 9.1              |
| Irpa_Chico   | 9       | 41.2      | 0.141           | 292.6      | 280.2           | 0.069         | 0.152        | 0.506       | 0.628           | 0.12          | 0.10         | 0.1134   | 8.2           | 8.1              |
| Mazo_Cruz    | 23      | 136.9     | 0.270           | 506.9      | 521.2           | -0.027        | 0.155        | 0.022       | 0.810           | 0.30          | 0.21         | 0.1067   | 8.4           | 8.4              |
| Pizacoma     | 10      | 192.4     | 0.359           | 536.2      | 589.6           | -0.071        | 0.198        | 0.519       | 0.829           | 0.34          | 0.14         | 0.1622   | 6.7           | 6.7              |
| San_Andres_D | 13      | 104.7     | 0.188           | 558.0      | 553.1           | 0.002         | 0.086        | 0.764       | 0.885           | 0.13          | 0.10         | 0.0519   | 9.6           | 9.6              |
| Santiago_Mac | 23      | 95.5      | 0.225           | 423.9      | 422.3           | 0.004         | 0.121        | 0.182       | 0.836           | 0.26          | 0.16         | 0.0807   | 9.1           | 9.1              |
| Tambillo_LP  | 11      | 63.0      | 0.140           | 449.9      | 413.5           | 0.040         | 0.106        | 0.791       | 0.828           | 0.18          | 0.10         | 0.0551   | 9.6           | 9.6              |
| Tiahuanacu   | 22      | 91.4      | 0.206           | 444.0      | 442.6           | 0.009         | 0.126        | 0.014       | 0.795           | 0.20          | 0.12         | 0.0543   | 9.6           | 9.6              |

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 3.21**  
**Grupo C,**  
**Vector con**  
**datos**  
**corregidos y**  
**completados**  
**de estaciones**  
**seleccionadas**  
**1990-2012**

**Fuente:**  
 Elaboración  
 propia

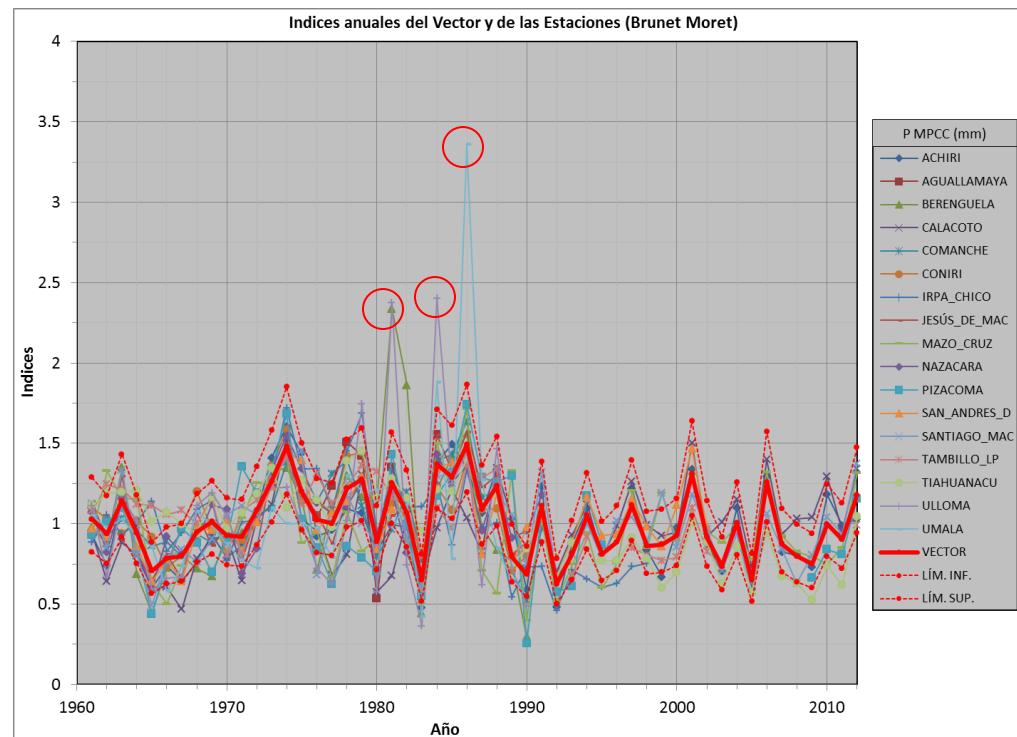
Los resultados finales de la corrida del VR mostrados en la *tabla 3.14* y la *figura 3.21*, evidencian que tenemos un grupo regional bastante homogéneo. Este grupo regional tiene 9 estaciones (2 clausuradas y 7 en funcionamiento).

El VR final con los datos corregidos y completados considerando el periodo completo de 1961 a 2012 (*Tabla 3.15*), muestran que la calidad del vector baja con respecto al vector final del periodo 1990-2012. La *figura 3.22* muestra varios errores que deben ser corregidos en el periodo 1961-90, los más evidentes son de las estaciones de Umala, Ulloma, Berenguela.

**Tabla 3.15** Grupo C – Vector con los datos corregidos y completados para el periodo 1961 – 2012

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Achiri       | 50      | 136.0     | 0.276           | 492.7      | 501.4           | -0.023        | 0.122        | 0.311       | 0.900           | 0.22          | 0.18         | 0.0883   | 8.9           | 8.6              |
| Aguallamaya  | 9       | 144.2     | 0.314           | 459.0      | 397.5           | 0.071         | 0.191        | 0.360       | 0.900           | 0.36          | 0.23         | 0.0819   | 9.0           | 8.9              |
| Berenguela   | 30      | 195.2     | 0.409           | 477.0      | 459.1           | -0.012        | 0.306        | 0.044       | 0.704           | 0.28          | 0.29         | 0.1450   | 7.3           | 7.3              |
| Calacoto     | 52      | 104.0     | 0.258           | 402.8      | 422.8           | -0.047        | 0.204        | 0.000       | 0.630           | 0.29          | 0.24         | 0.1206   | 8.0           | 8.0              |
| Comanche     | 31      | 125.9     | 0.232           | 542.7      | 515.8           | -0.001        | 0.129        | 0.606       | 0.846           | 0.21          | 0.13         | 0.0639   | 9.4           | 9.4              |
| Coniri       | 30      | 112.3     | 0.197           | 568.9      | 529.6           | 0.023         | 0.126        | 0.180       | 0.836           | 0.32          | 0.21         | 0.1063   | 8.4           | 8.4              |
| Irpa_Chico   | 38      | 130.1     | 0.296           | 440.0      | 437.3           | -0.015        | 0.226        | 0.000       | 0.647           | 0.35          | 0.25         | 0.1291   | 7.8           | 7.8              |
| Jesús_de_Mac | 30      | 153.6     | 0.247           | 621.9      | 591.5           | 0.000         | 0.102        | 0.035       | 0.917           | 0.32          | 0.18         | 0.0938   | 8.8           | 8.8              |
| Mazo_Cruz    | 52      | 158.4     | 0.294           | 538.9      | 560.0           | -0.038        | 0.207        | 0.093       | 0.692           | 0.39          | 0.26         | 0.1369   | 7.5           | 7.5              |
| Nazacara     | 31      | 108.8     | 0.232           | 470.0      | 449.0           | -0.006        | 0.122        | 0.597       | 0.861           | 0.29          | 0.16         | 0.0694   | 9.3           | 9.3              |
| Pizacoma     | 39      | 216.9     | 0.333           | 651.0      | 667.9           | -0.045        | 0.216        | 0.460       | 0.756           | 0.31          | 0.28         | 0.1433   | 7.3           | 7.3              |
| San_Andres_D | 42      | 124.1     | 0.220           | 563.4      | 551.2           | 0.002         | 0.104        | 0.066       | 0.887           | 0.20          | 0.15         | 0.0765   | 9.2           | 9.2              |
| Santiago_Mac | 52      | 109.3     | 0.242           | 452.0      | 455.8           | -0.008        | 0.133        | 0.466       | 0.833           | 0.30          | 0.18         | 0.0928   | 8.8           | 8.8              |
| Tambillo_LP  | 40      | 108.4     | 0.192           | 564.3      | 530.7           | 0.030         | 0.184        | 0.011       | 0.617           | 0.29          | 0.21         | 0.1082   | 8.4           | 8.4              |
| Tiahuanacu   | 51      | 136.5     | 0.243           | 562.3      | 569.0           | -0.011        | 0.178        | 0.000       | 0.698           | 0.30          | 0.18         | 0.0865   | 8.9           | 8.9              |
| Ulloma       | 30      | 171.6     | 0.471           | 364.0      | 350.8           | -0.013        | 0.354        | 0.735       | 0.728           | 0.49          | 0.43         | 0.2188   | 4.9           | 4.9              |
| Umala        | 30      | 206.2     | 0.501           | 411.6      | 398.0           | -0.017        | 0.412        | 0.341       | 0.617           | 0.35          | 0.37         | 0.1780   | 6.2           | 6.2              |

Fuente: Elaboración propia

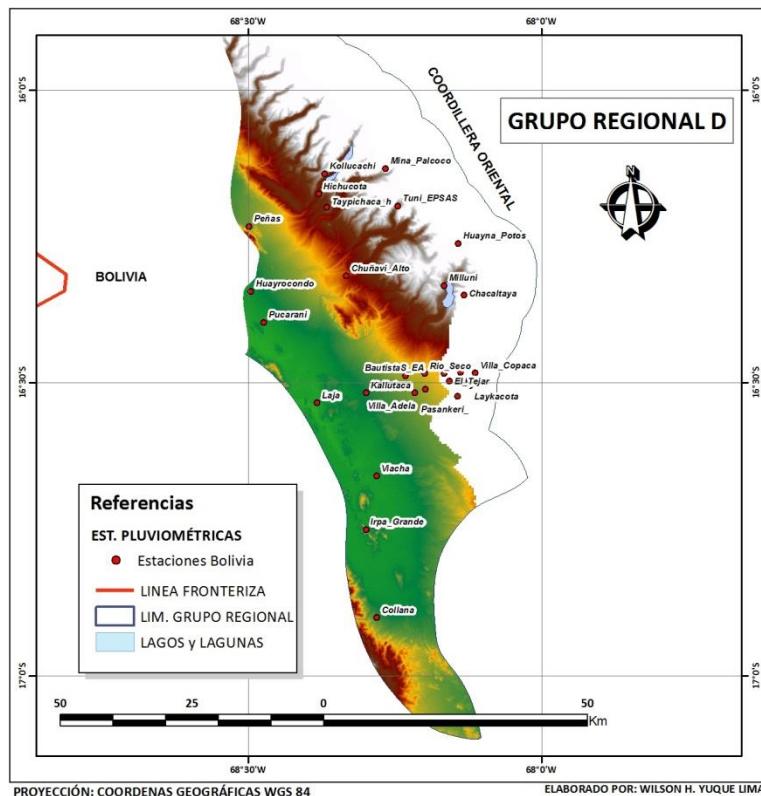


**Figura 3.22**  
Grupo C,  
Vector con  
datos  
corregidos y  
completados,  
periodo  
1961-2012

Fuente:  
Elaboración  
propia

### 3.2.4.4 GRUPO REGIONAL D

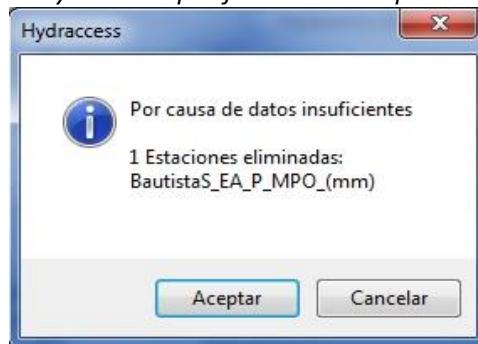
**Figura 3.23** Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional D



Fuente: Elaboración propia

Con un total de 31 estaciones se generó la primera corrida del VR (*tabla 3.16*), para el periodo 1961-2012 con datos originales. Se eliminó inicialmente por falta de datos la estacione de BautistaS\_EA (*Figura 3.24*).

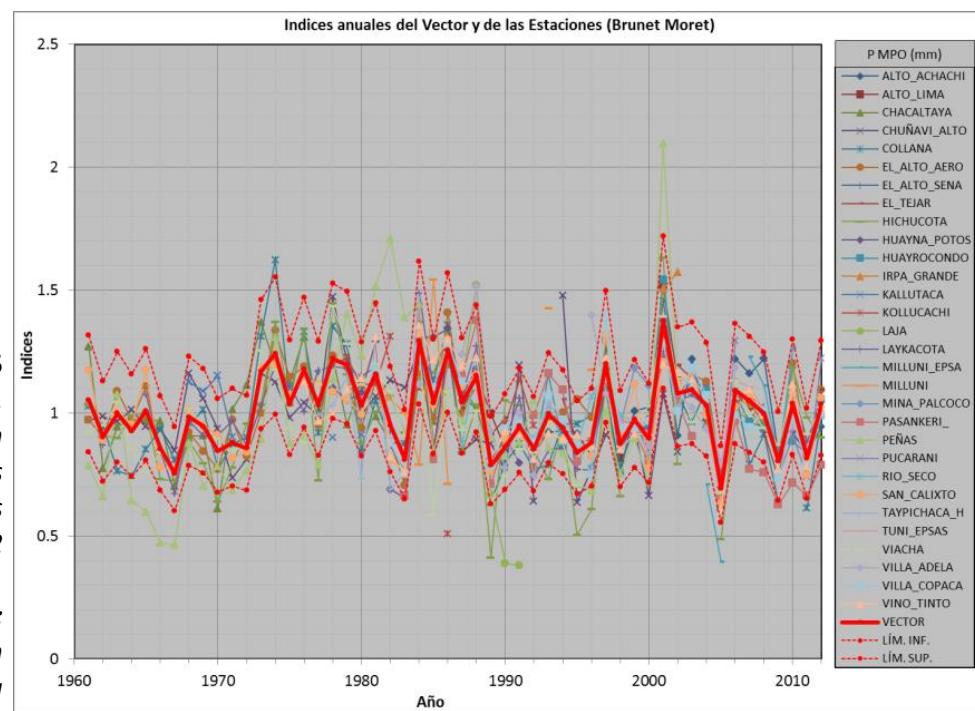
**Figura 3.24** Grupo D, Estaciones eliminadas por el programa Hydraccess por falta de datos periodo 1961-2012



De la *tabla 3.16* se elimino 5 estaciones: Kallutaca, Kallucachi y Milluni por correlaciones negativas demostrando su no homogeneidad con el grupo; luego se elimino, por su desvío alto y la gran diferencia de los valores de su media observada y calculada las estaciones de Irpa\_Grande (con 159.0 mm de diferencia) y Laja (con 149,7 mm de diferencia).

**Tabla 3.16 Grupo D – Vector con los datos originales, 1990 – 2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Alto_Achachi | 20      | 87.7      | 0.167           | 525.1      | 527.1           | 0.003         | 0.102        | 0.246       | 0.782           | 0.20          | 0.14         | 0.0738   | 9.2           | 6.9              |
| Alto_Lima    | 7       | 158.3     | 0.244           | 648.1      | 621.4           | 0.039         | 0.105        | 0.477       | 0.915           | 0.24          | 0.16         | 0.0901   | 8.9           | 7.5              |
| Chacaltaya   | 33      | 109.0     | 0.186           | 586.7      | 587.7           | -0.010        | 0.119        | 0.253       | 0.764           | 0.21          | 0.15         | 0.0813   | 9.1           | 8.9              |
| Chuñavi_Alto | 40      | 151.1     | 0.199           | 758.4      | 766.7           | -0.023        | 0.176        | 0.386       | 0.518           | 0.26          | 0.21         | 0.1050   | 8.5           | 8.5              |
| Collana      | 51      | 121.5     | 0.224           | 543.4      | 554.2           | -0.019        | 0.122        | 0.077       | 0.847           | 0.19          | 0.15         | 0.0728   | 9.2           | 9.2              |
| El_Alto_Aero | 51      | 96.3      | 0.156           | 615.9      | 610.9           | 0.003         | 0.079        | 0.115       | 0.865           | 0.18          | 0.09         | 0.0460   | 9.7           | 9.7              |
| El_Alto_Sena | 4       | 95.7      | 0.149           | 643.4      | 592.3           | 0.033         | 0.082        | 0.879       | 0.17            | 0.06          | 0.0352       | 9.8      | 9.8           |                  |
| El_Tejar     | 26      | 100.5     | 0.164           | 611.6      | 620.4           | 0.004         | 0.078        | 0.514       | 0.881           | 0.19          | 0.11         | 0.0563   | 9.5           | 9.5              |
| Hichucota    | 48      | 171.2     | 0.257           | 665.8      | 702.2           | -0.052        | 0.163        | 0.533       | 0.781           | 0.29          | 0.24         | 0.1209   | 8.0           | 8.0              |
| Huayna_Potos | 14      | 170.3     | 0.227           | 750.0      | 719.3           | -0.011        | 0.135        | 0.227       | 0.818           | 0.15          | 0.17         | 0.0900   | 8.9           | 8.9              |
| Huayocondo   | 16      | 115.6     | 0.206           | 560.1      | 566.8           | 0.001         | 0.087        | 0.325       | 0.909           | 0.19          | 0.16         | 0.0855   | 9.0           | 9.0              |
| Irpa_Grande  | 3       | 241.6     | 0.339           | 712.5      | 553.5           | 0.170         | 0.301        | 0.742       | 0.14            |               |              |          |               |                  |
| Kallutaca    | 6       | 72.6      | 0.119           | 610.8      | 602.6           | 0.028         | 0.205        | 0.067       | -0.520          | 0.18          | 0.32         | 0.2011   | 5.5           | 5.5              |
| Kollucachi   | 10      | 132.4     | 0.211           | 627.9      | 590.8           | -0.014        | 0.281        | 0.513       | -0.126          | 0.40          | 0.40         | 0.2132   | 5.1           | 5.1              |
| Laja         | 6       | 621.5     | 0.535           | 1161.3     | 1311.0          | -0.122        | 0.342        | 0.026       | 0.798           | 0.35          | 0.31         | 0.2435   | 4.1           | 4.1              |
| Laykacota    | 49      | 91.3      | 0.173           | 527.9      | 528.4           | -0.001        | 0.077        | 0.323       | 0.892           | 0.15          | 0.10         | 0.0487   | 9.7           | 9.7              |
| Milluni_EPSA | 6       | 181.9     | 0.372           | 489.0      | 532.6           | -0.018        | 0.219        | 0.365       | 0.801           | 0.19          | 0.22         | 0.1374   | 7.5           | 7.5              |
| Milluni      | 8       | 116.8     | 0.258           | 453.1      | 408.9           | 0.060         | 0.374        | 0.900       | -0.445          | 0.84          | 0.88         | 0.4890   | 0.3           | 0.3              |
| Mina_Palcoco | 5       | 96.5      | 0.170           | 567.5      | 544.7           | 0.077         | 0.145        | 0.642       | 0.19            | 0.08          | 0.0203       | 9.9      | 9.9           |                  |
| Pasankeri_   | 27      | 146.6     | 0.253           | 579.9      | 615.9           | -0.055        | 0.158        | 0.000       | 0.777           | 0.19          | 0.14         | 0.0758   | 9.2           | 9.2              |
| Peñas        | 42      | 237.5     | 0.344           | 690.8      | 716.1           | -0.043        | 0.265        | 0.010       | 0.625           | 0.27          | 0.25         | 0.1290   | 7.8           | 7.8              |
| Pucarani     | 8       | 141.9     | 0.270           | 525.3      | 524.0           | 0.010         | 0.116        | 0.687       | 0.896           | 0.21          | 0.15         | 0.0722   | 9.2           | 9.2              |
| Rio_Seco     | 15      | 98.9      | 0.163           | 608.1      | 613.0           | 0.008         | 0.079        | 0.335       | 0.872           | 0.17          | 0.10         | 0.0577   | 9.5           | 9.5              |
| San_Calixto  | 49      | 97.9      | 0.167           | 587.3      | 585.3           | -0.001        | 0.071        | 0.458       | 0.903           | 0.15          | 0.10         | 0.0493   | 9.6           | 9.6              |
| Taypichaca_h | 8       | 273.0     | 0.280           | 973.4      | 956.3           | -0.070        | 0.180        | 0.761       | 0.829           | 0.31          | 0.31         | 0.1727   | 6.4           | 6.4              |
| Tuni_EPSAS   | 8       | 79.0      | 0.141           | 561.6      | 561.8           | 0.024         | 0.060        | 0.291       | 0.916           | 0.14          | 0.07         | 0.0294   | 9.9           | 9.9              |
| Viacha       | 52      | 98.6      | 0.190           | 518.6      | 529.4           | -0.020        | 0.119        | 0.247       | 0.774           | 0.18          | 0.12         | 0.0607   | 9.5           | 9.5              |
| Villa_Adela  | 20      | 129.0     | 0.198           | 652.9      | 622.7           | 0.045         | 0.169        | 0.622       | 0.623           | 0.18          | 0.17         | 0.0935   | 8.8           | 8.8              |
| Villa_Copaca | 32      | 107.9     | 0.173           | 624.4      | 626.7           | 0.000         | 0.071        | 0.096       | 0.909           | 0.14          | 0.11         | 0.0476   | 9.7           | 9.7              |
| Vino_Tinto   | 36      | 112.6     | 0.179           | 627.8      | 620.5           | -0.002        | 0.087        | 0.230       | 0.874           | 0.20          | 0.11         | 0.0534   | 9.6           | 9.6              |

**Fuente:** Elaboración propia


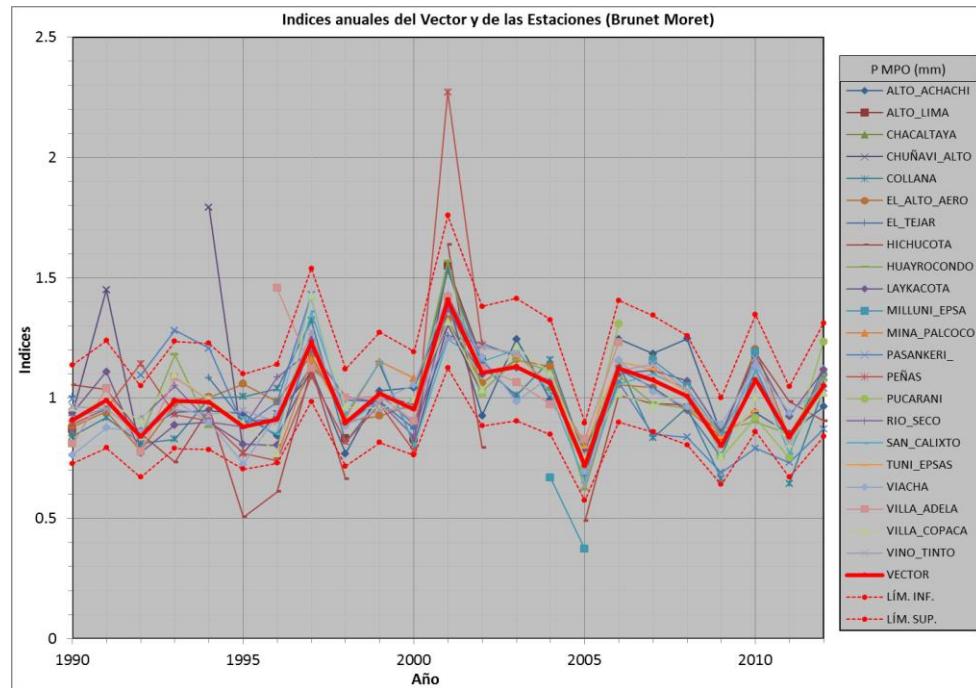
Con la segunda corrida del VR para el periodo 1990-2012 con datos originales (*tabla 3.17*), se eliminaron por falta de datos las siguientes estaciones: El\_Alto\_Sena, Huayna\_Potos y Taypichaca\_h.

**Tabla 3.17 Grupo D – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Alto_Achachi | 20      | 87.7      | 0.167 | 525.1      | 516.4           | -0.002        | 0.103        | 0.192       | 0.787           | 0.20          | 0.14         | 0.0727   | 9.2           | 6.9              |
| Alto_Lima    | 5       | 189.9     | 0.297 | 639.9      | 610.0           | -0.006        | 0.093        |             | 0.990           | 0.09          | 0.05         | 0.0621   | 9.4           | 7.8              |
| Chacaltaya   | 4       | 88.9      | 0.171 | 520.8      | 537.0           | 0.029         | 0.071        |             | 0.897           | 0.15          | 0.09         | 0.0451   | 9.7           | 8.4              |
| Chuñavi_Alto | 11      | 200.2     | 0.289 | 691.9      | 632.2           | 0.073         | 0.294        | 0.324       | 0.368           | 0.44          | 0.34         | 0.1927   | 5.7           | 5.4              |
| Collana      | 22      | 109.2     | 0.213 | 513.8      | 527.2           | -0.022        | 0.105        | 0.029       | 0.873           | 0.17          | 0.14         | 0.0719   | 9.3           | 9.1              |
| El_Alto_Aero | 23      | 87.3      | 0.143 | 611.6      | 609.7           | 0.003         | 0.066        | 0.623       | 0.896           | 0.17          | 0.08         | 0.0432   | 9.7           | 9.7              |
| El_Tejar     | 20      | 95.2      | 0.157 | 604.7      | 604.3           | 0.003         | 0.071        | 0.304       | 0.895           | 0.19          | 0.08         | 0.0413   | 9.7           | 9.7              |
| Hichucota    | 19      | 185.0     | 0.290 | 638.3      | 699.2           | -0.079        | 0.188        | 0.063       | 0.764           | 0.30          | 0.26         | 0.1350   | 7.6           | 7.6              |
| Huayrocondo  | 16      | 115.6     | 0.206 | 560.1      | 557.2           | -0.005        | 0.094        | 0.457       | 0.890           | 0.19          | 0.16         | 0.0843   | 9.0           | 9.0              |
| Laykacota    | 23      | 76.8      | 0.152 | 506.7      | 504.9           | 0.004         | 0.066        | 0.002       | 0.901           | 0.12          | 0.07         | 0.0365   | 9.8           | 9.8              |
| Milluni_EPSA | 6       | 181.9     | 0.372 | 489.0      | 564.8           | -0.091        | 0.223        | 0.287       | 0.779           | 0.19          | 0.18         | 0.1128   | 8.3           | 8.3              |
| Mina_Palcoco | 5       | 96.5      | 0.170 | 567.5      | 559.7           | 0.011         | 0.113        |             | 0.690           | 0.19          | 0.08         | 0.0258   | 9.9           | 9.9              |
| Pasankeri_   | 20      | 121.6     | 0.219 | 555.9      | 558.1           | -0.007        | 0.157        | 0.001       | 0.674           | 0.18          | 0.13         | 0.0664   | 9.4           | 9.4              |
| Peñas        | 13      | 263.2     | 0.384 | 685.4      | 660.5           | 0.029         | 0.272        | 0.248       | 0.829           | 0.26          | 0.30         | 0.1536   | 7.0           | 7.0              |
| Pucarani     | 8       | 141.9     | 0.270 | 525.3      | 518.3           | -0.002        | 0.118        | 0.691       | 0.892           | 0.21          | 0.19         | 0.0787   | 9.1           | 9.1              |
| Rio_Seco     | 12      | 94.6      | 0.154 | 612.5      | 602.6           | 0.006         | 0.080        | 0.479       | 0.867           | 0.17          | 0.12         | 0.0652   | 9.4           | 9.4              |
| San_Calixto  | 20      | 99.9      | 0.174 | 573.3      | 568.2           | 0.000         | 0.078        | 0.713       | 0.891           | 0.20          | 0.10         | 0.0530   | 9.6           | 9.6              |
| Tuni_EPSAS   | 8       | 79.0      | 0.141 | 561.6      | 554.1           | 0.014         | 0.060        | 0.428       | 0.914           | 0.14          | 0.06         | 0.0321   | 9.8           | 9.8              |
| Viacha       | 23      | 94.9      | 0.185 | 514.2      | 515.8           | -0.003        | 0.084        | 0.555       | 0.886           | 0.16          | 0.11         | 0.0544   | 9.6           | 9.6              |
| Villa_Adela  | 16      | 115.7     | 0.184 | 629.3      | 597.7           | 0.036         | 0.155        | 0.532       | 0.631           | 0.20          | 0.16         | 0.0824   | 9.0           | 9.0              |
| Villa_Copaca | 23      | 100.1     | 0.164 | 610.5      | 611.1           | -0.001        | 0.079        | 0.373       | 0.871           | 0.14          | 0.11         | 0.0550   | 9.6           | 9.6              |
| Vino_Tinto   | 22      | 96.2      | 0.162 | 595.4      | 595.8           | 0.002         | 0.060        | 0.727       | 0.925           | 0.11          | 0.09         | 0.0463   | 9.7           | 9.7              |

Fuente: Elaboración propia

La peor correlación que presenta la *tabla 3.17*, es de la estación de Chuñavi\_Alto, antes de eliminarla se revisó la curva acumulada (*figura 3.27*) que nos muestra que la estación no tiene ningún tipo de quiebre lo cual es aceptable; entonces, se decidió dejar la estación para su respectiva corrección en función de la *figura 3.26*.

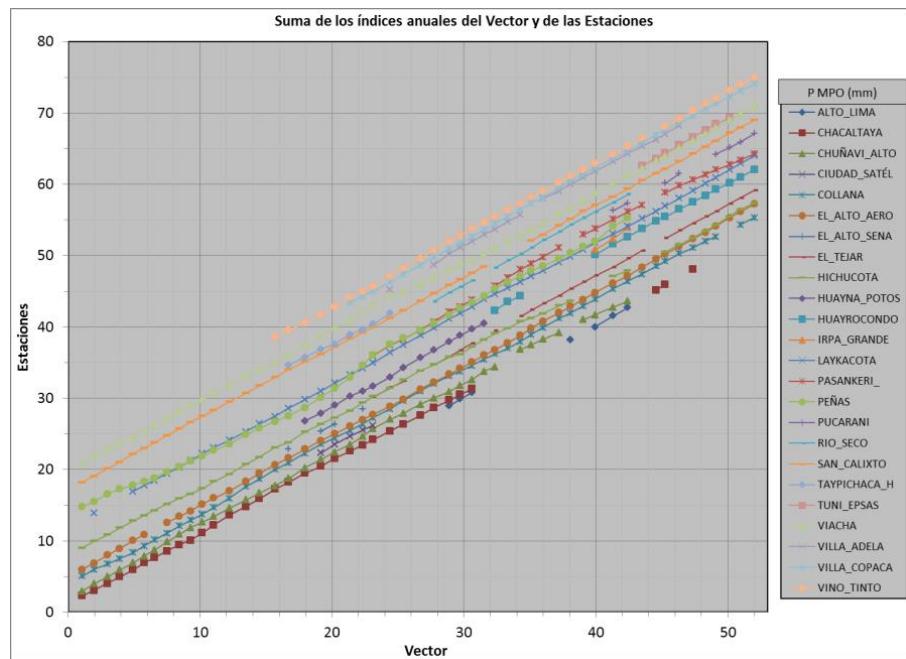


**Figura 3.26**  
Grupo D,  
Vector con  
datos  
originales de  
estaciones  
seleccionadas,  
periodo  
1990-2012

Fuente:  
Elaboración  
propria

**Figura 3.27**  
**Grupo D,**  
**Acumuladas**  
**de datos**  
**originales de**  
**estaciones**  
**seleccionadas,**  
**periodo**  
**1961-2012**

**Fuente:**  
 Elaboración  
 propia

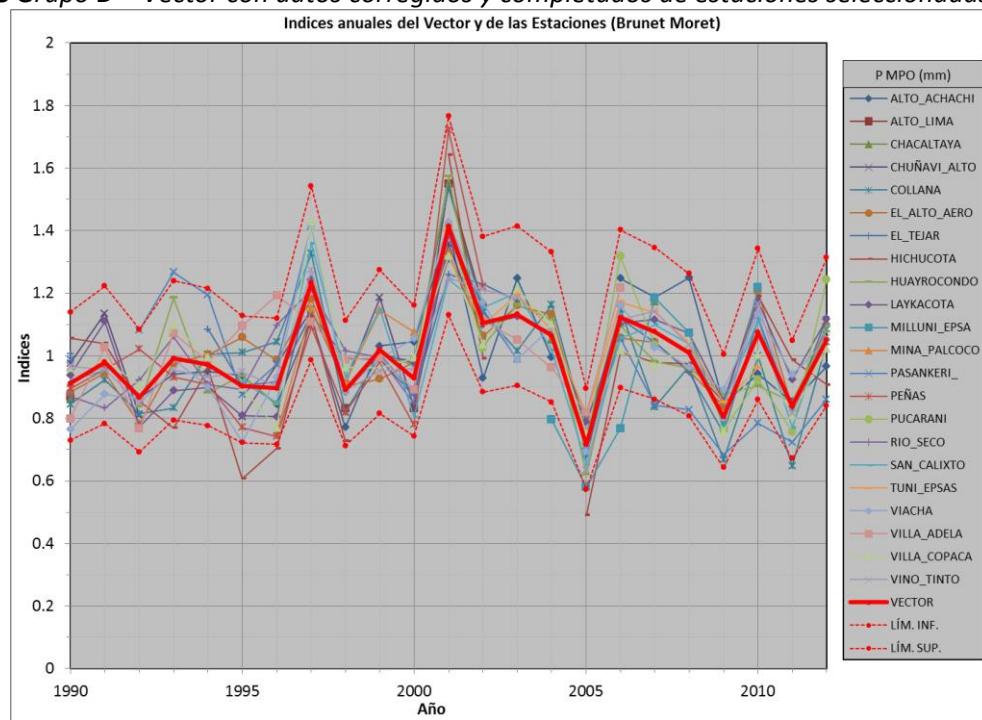


Al analizar la estación de Chuñavi\_Alto se encontró valores incoherentes para la época seca de 1994, siendo estos los meses de junio (con 36.5 mm), julio (37.3mm) y octubre (31.5 mm); se eliminó estos registros. Los resultados que se obtuvieron después del proceso de corrección y completado se muestran en la *tabla 3.18* y *figura 3.28*. Este grupo regional tiene 22 estaciones (8 clausuradas y 14 en funcionamiento).

**Tabla 3.18 Grupo D – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Alto_Achachi | 20      | 87.7      | 0.167           | 525.1      | 515.7           | -0.001        | 0.102        | 0.194       | 0.789           | 0.21          | 0.14         | 0.0715   | 9.3           | 6.9              |
| Alto_Lima    | 5       | 189.9     | 0.297           | 639.9      | 610.5           | -0.002        | 0.084        |             | 0.995           | 0.09          | 0.05         | 0.0519   | 9.6           | 7.9              |
| Chacaltaya   | 4       | 88.9      | 0.171           | 520.8      | 534.1           | 0.033         | 0.075        |             | 0.893           | 0.15          | 0.09         | 0.0477   | 9.7           | 8.4              |
| Chuñavi_Alto | 11      | 107.7     | 0.174           | 618.6      | 607.8           | 0.005         | 0.093        | 0.868       | 0.844           | 0.21          | 0.16         | 0.0829   | 9.0           | 8.5              |
| Collana      | 23      | 106.7     | 0.207           | 514.2      | 525.1           | -0.021        | 0.104        | 0.016       | 0.868           | 0.17          | 0.15         | 0.0746   | 9.2           | 9.1              |
| El_Alto_Aero | 23      | 87.3      | 0.143           | 611.6      | 609.5           | 0.003         | 0.066        | 0.691       | 0.895           | 0.11          | 0.09         | 0.0444   | 9.7           | 9.7              |
| El_Tejar     | 20      | 95.2      | 0.157           | 604.7      | 603.8           | 0.003         | 0.072        | 0.445       | 0.893           | 0.19          | 0.10         | 0.0506   | 9.6           | 9.6              |
| Hichucota    | 19      | 171.5     | 0.261           | 656.0      | 697.6           | -0.052        | 0.151        | 0.123       | 0.821           | 0.24          | 0.23         | 0.1172   | 8.1           | 8.1              |
| Huayrocondo  | 19      | 107.9     | 0.195           | 553.0      | 555.5           | -0.004        | 0.087        | 0.575       | 0.896           | 0.17          | 0.14         | 0.0740   | 9.2           | 9.2              |
| Laykacota    | 23      | 76.8      | 0.152           | 506.7      | 504.6           | 0.004         | 0.069        | 0.005       | 0.893           | 0.12          | 0.08         | 0.0415   | 9.7           | 9.7              |
| Milluni_EPSA | 7       | 134.6     | 0.267           | 504.3      | 551.9           | -0.067        | 0.190        | 0.292       | 0.617           | 0.11          | 0.20         | 0.0915   | 8.8           | 8.8              |
| Mina_Palcoco | 5       | 96.5      | 0.170           | 567.5      | 562.9           | 0.015         | 0.114        |             | 0.690           | 0.19          | 0.08         | 0.0155   | 10.0          | 10.0             |
| Pasankeri_   | 20      | 121.6     | 0.219           | 555.9      | 564.2           | -0.018        | 0.155        | 0.001       | 0.681           | 0.18          | 0.12         | 0.0672   | 9.3           | 9.3              |
| Peñas        | 13      | 170.5     | 0.262           | 651.0      | 659.5           | -0.021        | 0.133        | 0.063       | 0.894           | 0.17          | 0.13         | 0.0679   | 9.3           | 9.3              |
| Pucarani     | 9       | 132.8     | 0.252           | 526.1      | 514.6           | 0.000         | 0.113        | 0.584       | 0.889           | 0.14          | 0.17         | 0.0694   | 9.3           | 9.3              |
| Rio_Seco     | 13      | 96.1      | 0.159           | 603.6      | 596.0           | 0.004         | 0.088        | 0.356       | 0.838           | 0.17          | 0.18         | 0.0799   | 9.1           | 9.1              |
| San_Calixto  | 20      | 99.9      | 0.174           | 573.3      | 568.1           | 0.001         | 0.074        | 0.678       | 0.901           | 0.19          | 0.10         | 0.0514   | 9.6           | 9.6              |
| Tuni_EPSAS   | 10      | 85.1      | 0.147           | 580.7      | 544.2           | 0.015         | 0.067        | 0.033       | 0.938           | 0.15          | 0.07         | 0.0370   | 9.8           | 9.8              |
| Viacha       | 23      | 94.9      | 0.185           | 514.2      | 515.5           | -0.003        | 0.087        | 0.504       | 0.878           | 0.15          | 0.12         | 0.0610   | 9.5           | 9.5              |
| Villa_Adela  | 17      | 97.3      | 0.156           | 622.6      | 605.8           | 0.019         | 0.114        | 0.338       | 0.742           | 0.20          | 0.16         | 0.0808   | 9.1           | 9.1              |
| Villa_Copaca | 23      | 100.1     | 0.164           | 610.5      | 610.7           | 0.000         | 0.078        | 0.356       | 0.876           | 0.12          | 0.11         | 0.0562   | 9.5           | 9.5              |
| Vino_Tinto   | 22      | 96.2      | 0.162           | 595.4      | 595.5           | 0.003         | 0.059        | 0.798       | 0.927           | 0.11          | 0.09         | 0.0443   | 9.7           | 9.7              |

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.28 Grupo D – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**

**Fuente:** Elaboración propia

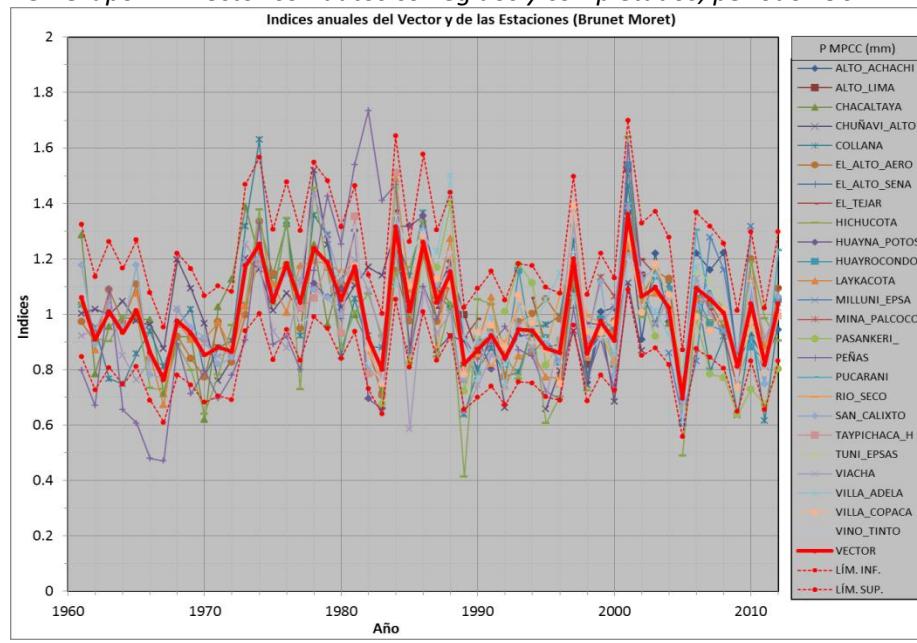
El VR con los datos corregidos y completados considerando el periodo completo de 1961 a 2012 (*Tabla 3.19*), muestran que la calidad del vector baja, con respecto al vector final del periodo 1990-2012.

**Tabla 3.19 Grupo D – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961 – 2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Alto_Achachi | 20      | 87.7      | 0.167           | 525.1      | 527.3           | 0.006         | 0.094        | 0.237       | 0.814           | 0.21          | 0.14         | 0.0697   | 9.3           | 7.0              |
| Alto_Lima    | 7       | 158.3     | 0.244           | 648.1      | 620.5           | 0.040         | 0.102        | 0.484       | 0.931           | 0.24          | 0.16         | 0.0872   | 8.9           | 7.6              |
| Chacaltaya   | 33      | 109.0     | 0.186           | 586.7      | 580.5           | 0.000         | 0.117        | 0.283       | 0.775           | 0.20          | 0.14         | 0.0717   | 9.3           | 9.1              |
| Chuñavi_Alto | 40      | 139.2     | 0.189           | 738.2      | 742.7           | -0.017        | 0.148        | 0.006       | 0.640           | 0.23          | 0.16         | 0.0820   | 9.0           | 9.0              |
| Collana      | 52      | 120.3     | 0.222           | 543.0      | 552.0           | -0.016        | 0.122        | 0.069       | 0.843           | 0.20          | 0.16         | 0.0783   | 9.1           | 9.1              |
| El_Alto_Aero | 52      | 92.9      | 0.152           | 612.4      | 611.6           | 0.001         | 0.073        | 0.046       | 0.881           | 0.15          | 0.08         | 0.0423   | 9.7           | 9.7              |
| El_Alto_Sena | 4       | 95.7      | 0.149           | 643.4      | 589.1           | 0.044         | 0.088        |             | 0.860           | 0.16          | 0.10         | 0.0563   | 9.5           | 9.5              |
| El_Tejar     | 26      | 100.5     | 0.164           | 611.6      | 619.2           | 0.005         | 0.074        | 0.546       | 0.892           | 0.19          | 0.11         | 0.0582   | 9.5           | 9.5              |
| Hichucota    | 48      | 164.8     | 0.245           | 672.8      | 699.3           | -0.038        | 0.152        | 0.937       | 0.785           | 0.28          | 0.23         | 0.1153   | 8.2           | 8.2              |
| Huayna_Potos | 14      | 170.3     | 0.227           | 750.0      | 713.7           | -0.003        | 0.131        | 0.194       | 0.830           | 0.13          | 0.16         | 0.0810   | 9.1           | 9.1              |
| Huayrocondo  | 19      | 107.9     | 0.195           | 553.0      | 568.5           | 0.002         | 0.087        | 0.349       | 0.890           | 0.17          | 0.15         | 0.0752   | 9.2           | 9.2              |
| Laykacota    | 49      | 91.3      | 0.173           | 527.9      | 527.8           | 0.000         | 0.074        | 0.386       | 0.901           | 0.12          | 0.09         | 0.0457   | 9.7           | 9.7              |
| Milluni_EPSA | 7       | 134.6     | 0.267           | 504.3      | 511.1           | 0.027         | 0.190        | 0.341       | 0.639           | 0.11          | 0.21         | 0.1108   | 8.3           | 8.3              |
| Mina_Palcoco | 5       | 96.5      | 0.170           | 567.5      | 568.7           | 0.039         | 0.118        |             | 0.692           | 0.19          | 0.09         | 0.0196   | 9.9           | 9.9              |
| Pasankeri_   | 27      | 146.6     | 0.253           | 579.9      | 605.6           | -0.038        | 0.158        | 0.000       | 0.767           | 0.18          | 0.14         | 0.0783   | 9.1           | 9.1              |
| Peñas        | 42      | 212.2     | 0.312           | 680.2      | 705.1           | -0.043        | 0.245        | 0.001       | 0.589           | 0.23          | 0.21         | 0.1070   | 8.4           | 8.4              |
| Pucarani     | 9       | 132.8     | 0.252           | 526.1      | 520.1           | 0.015         | 0.111        | 0.484       | 0.900           | 0.14          | 0.14         | 0.0640   | 9.4           | 9.4              |
| Rio_Seco     | 16      | 99.6      | 0.166           | 601.2      | 610.3           | 0.008         | 0.090        | 0.383       | 0.830           | 0.17          | 0.15         | 0.0883   | 8.9           | 8.9              |
| San_Calixto  | 49      | 97.9      | 0.167           | 587.3      | 583.9           | 0.000         | 0.069        | 0.435       | 0.908           | 0.18          | 0.10         | 0.0491   | 9.6           | 9.6              |
| Taypichaca_h | 8       | 242.4     | 0.242           | 1003.2     | 931.5           | -0.012        | 0.131        | 0.748       | 0.872           | 0.17          | 0.19         | 0.0924   | 8.8           | 8.8              |
| Tuni_EPSAS   | 10      | 85.1      | 0.147           | 580.7      | 552.8           | 0.026         | 0.064        | 0.014       | 0.941           | 0.15          | 0.08         | 0.0379   | 9.8           | 9.8              |
| Viacha       | 52      | 98.6      | 0.190           | 518.6      | 529.8           | -0.021        | 0.120        | 0.286       | 0.769           | 0.18          | 0.12         | 0.0645   | 9.4           | 9.4              |
| Villa_Adela  | 21      | 116.8     | 0.181           | 646.4      | 629.6           | 0.033         | 0.140        | 0.545       | 0.691           | 0.15          | 0.18         | 0.0906   | 8.8           | 8.8              |
| Villa_Copaca | 32      | 107.9     | 0.173           | 624.4      | 627.7           | 0.002         | 0.072        | 0.070       | 0.905           | 0.17          | 0.10         | 0.0502   | 9.6           | 9.6              |
| Vino_Tinto   | 36      | 112.6     | 0.179           | 627.8      | 620.3           | 0.000         | 0.085        | 0.165       | 0.881           | 0.11          | 0.12         | 0.0595   | 9.5           | 9.5              |

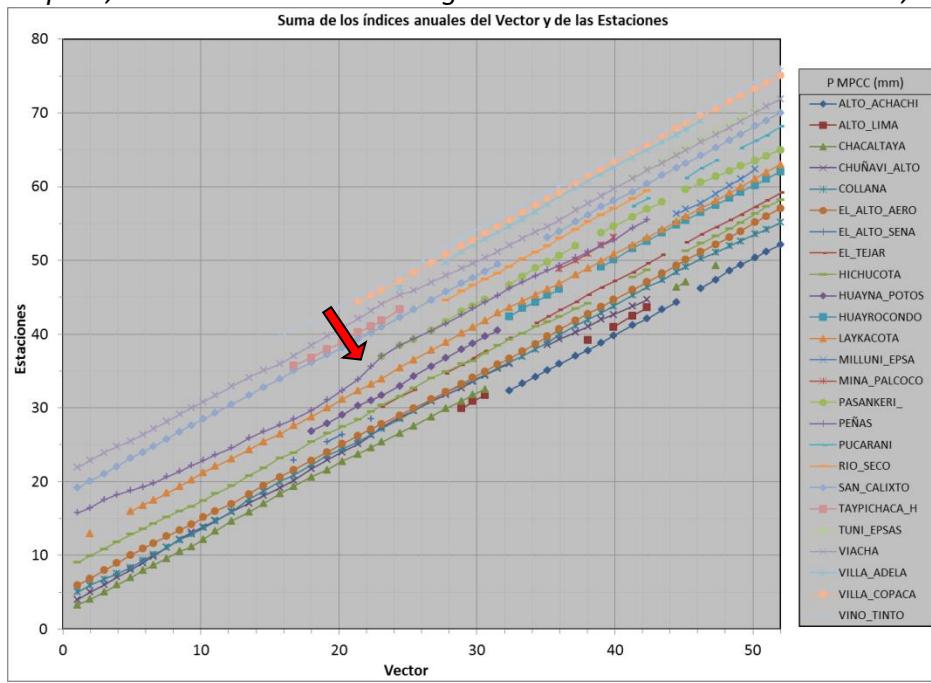
La figura 3.29 muestra varios errores que deben ser corregidos en el periodo 1961-90, los más evidentes son de las estaciones de Peñas, Hichucota. La figura 3.30 confirma que la estación de Peñas tiene problemas entre los años de 1961 a 1983.

**Figura 3.29 Grupo D – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961 – 2012**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.30 Grupo D, Acumuladas de datos originales de estaciones seleccionadas, 1961-2012**

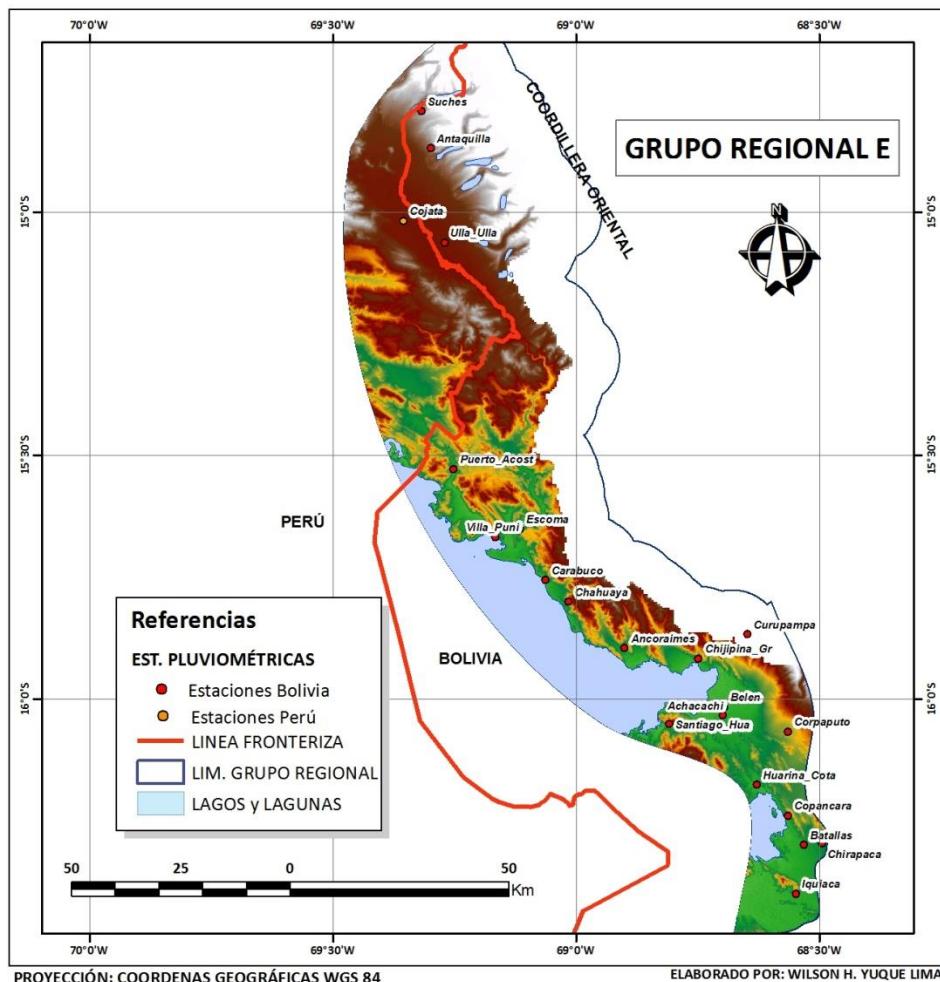


Fuente: Elaboración propia

### 3.2.4.5 GRUPO REGIONAL E

Este grupo está ubicado al Este cordillera Oriental y el Lago Titicaca (*figura 3.31*).

**Figura 3.31** Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional E



**Fuente:** Elaboración propia

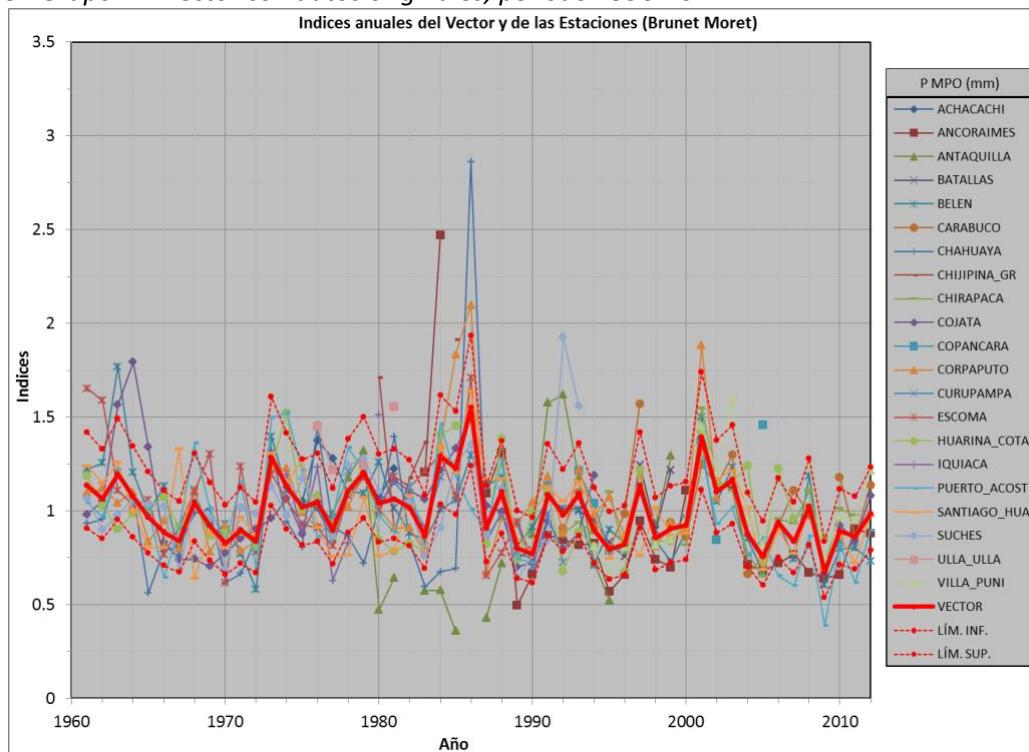
La configuración de este grupo se inició con 21 estaciones. Los resultados de la primera corrida del VR, para el periodo de 1961 a 2012 con los datos originales, se muestran en la *tabla 3.20* y *figura 3.32*.

**Tabla 3.20 Grupo E – Vector con datos originales, periodo 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Achacachi    | 6       | 54.7      | 0.111           | 494.5      | 417.9           | 0.154         | 0.218        | 0.336       | -0.331          | 0.12          | 0.08         | 0.0338   | 9.8           | 3.0              |
| Ancoraimes   | 28      | 244.8     | 0.413           | 593.4      | 655.1           | -0.047        | 0.288        | 0.053       | 0.673           | 0.34          | 0.27         | 0.1395   | 7.5           | 6.8              |
| Antaquia     | 18      | 210.0     | 0.444           | 472.7      | 532.2           | -0.116        | 0.420        | 0.006       | 0.048           | 0.51          | 0.41         | 0.2112   | 5.1           | 5.0              |
| Batallas     | 11      | 101.9     | 0.184           | 554.3      | 581.5           | 0.038         | 0.109        | 0.293       | 0.791           | 0.16          | 0.14         | 0.0669   | 9.4           | 9.2              |
| Belen        | 52      | 108.1     | 0.230           | 470.3      | 471.9           | -0.003        | 0.148        | 0.270       | 0.759           | 0.31          | 0.18         | 0.0913   | 8.8           | 8.8              |
| Carabuco     | 19      | 103.7     | 0.213           | 488.1      | 479.3           | 0.051         | 0.161        | 0.604       | 0.689           | 0.32          | 0.26         | 0.1290   | 7.8           | 7.8              |
| Chahuaya     | 31      | 291.5     | 0.433           | 673.5      | 700.1           | -0.073        | 0.339        | 1.000       | 0.629           | 0.38          | 0.33         | 0.1686   | 6.5           | 6.5              |
| Chijipina_Gr | 5       | 118.5     | 0.291           | 407.2      | 288.9           | 0.367         | 0.494        | 0.451       | 0.451           | 0.43          | 0.28         | 0.2122   | 5.1           | 5.1              |
| Chirapaca    | 18      | 117.6     | 0.218           | 540.0      | 566.5           | 0.015         | 0.114        | 0.750       | 0.828           | 0.18          | 0.12         | 0.0620   | 9.4           | 9.4              |
| Cojata       | 38      | 180.9     | 0.246           | 734.8      | 722.5           | 0.005         | 0.193        | 0.257       | 0.628           | 0.26          | 0.18         | 0.0908   | 8.8           | 8.8              |
| Copancara    | 11      | 106.2     | 0.234           | 454.6      | 443.4           | 0.060         | 0.234        | 0.788       | 0.401           | 0.25          | 0.14         | 0.0747   | 9.2           | 9.2              |
| Corpaputo    | 42      | 179.3     | 0.274           | 653.6      | 618.0           | 0.034         | 0.182        | 0.151       | 0.811           | 0.34          | 0.18         | 0.0914   | 8.8           | 8.8              |
| Curupampa    | 11      | 184.9     | 0.169           | 1091.3     | 1106.8          | -0.025        | 0.115        | 0.466       | 0.731           | 0.24          | 0.13         | 0.0663   | 9.4           | 9.4              |
| Escoma       | 30      | 141.4     | 0.254           | 556.8      | 521.4           | 0.034         | 0.210        | 0.482       | 0.628           | 0.35          | 0.28         | 0.1309   | 7.7           | 7.7              |
| Huarina_Cota | 48      | 127.5     | 0.219           | 580.8      | 569.7           | 0.010         | 0.152        | 0.356       | 0.730           | 0.25          | 0.21         | 0.1065   | 8.4           | 8.4              |
| Iquiaca      | 6       | 220.5     | 0.308           | 715.2      | 682.8           | 0.007         | 0.267        | 0.621       | 0.487           | 0.39          | 0.49         | 0.2246   | 4.7           | 4.7              |
| Puerto_Acost | 42      | 191.6     | 0.265           | 722.2      | 734.6           | -0.029        | 0.184        | 0.003       | 0.710           | 0.30          | 0.28         | 0.1381   | 7.5           | 7.5              |
| Santiago_Hua | 52      | 127.1     | 0.222           | 572.6      | 580.1           | -0.013        | 0.153        | 0.517       | 0.713           | 0.31          | 0.16         | 0.0813   | 9.1           | 9.1              |
| Suchez       | 33      | 146.3     | 0.243           | 602.0      | 578.0           | 0.006         | 0.226        | 0.646       | 0.463           | 0.31          | 0.21         | 0.1085   | 8.4           | 8.4              |
| Ulla_Ulla    | 4       | 64.6      | 0.119           | 542.8      | 397.4           | 0.314         | 0.357        | 0.099       | 0.32            | 0.26          | 0.1546       | 7.0      | 7.0           |                  |
| Villa_Puni   | 18      | 136.4     | 0.250           | 546.7      | 536.7           | 0.074         | 0.153        | 0.013       | 0.862           | 0.16          | 0.11         | 0.0552   | 9.6           | 9.6              |

Fuente: Elaboración propia

Se eliminó 6 estaciones: por correlación del vector bajo las estaciones Achacachi, Antaquia, Copancara, Iquiaca, Chijipina\_Gr y Ulla\_Ulla; las dos últimas estaciones tienen una gran diferencia entre sus valores de media observada y calculada de 118.3 mm y 145.4 mm de diferencia respectivamente.

**Figura 3.32 Grupo E – Vector con datos originales, periodo 1990-2012**


Fuente: Elaboración propia

Con la segunda corrida del VR para el periodo 1990-2012 con datos originales (*tabla 3.21*), se eliminaron por falta de datos las siguientes estaciones: Chahuaya y Escoma.

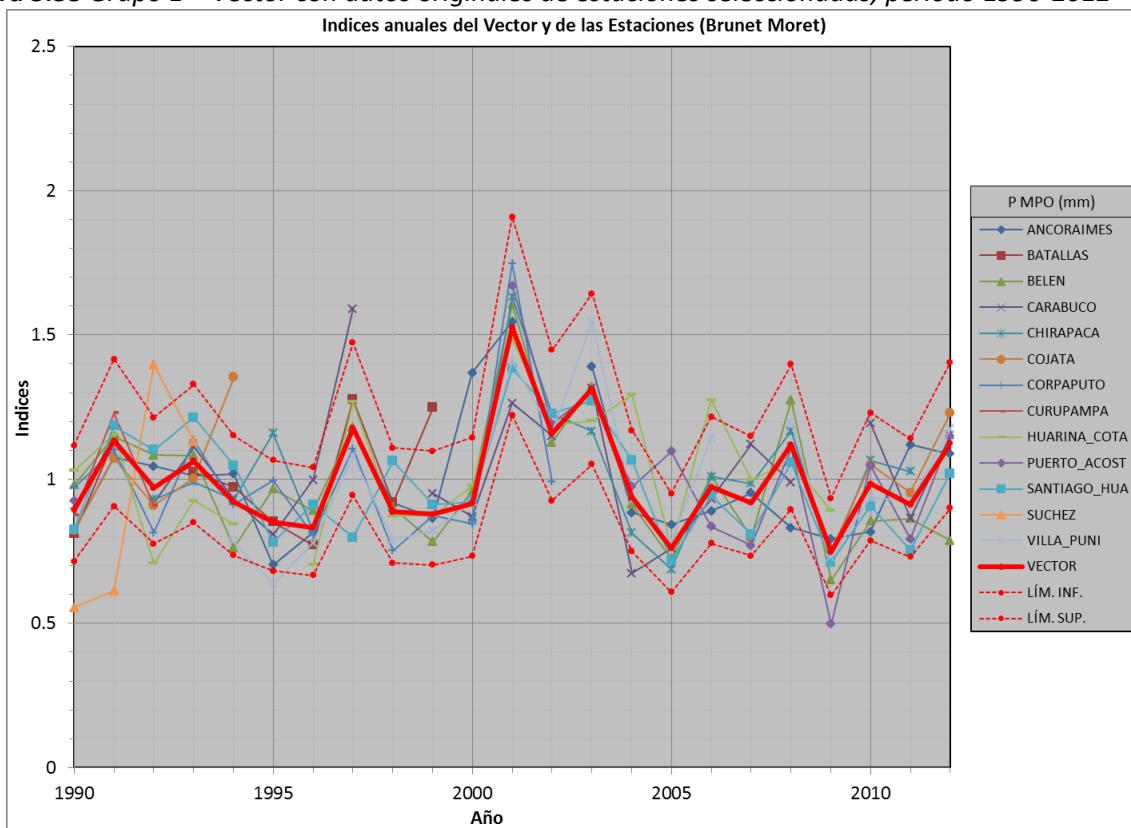
**Tabla 3.21 Grupo E – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**

| Id Estación   | No Años | D.E. Obs. | Coef. | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|---------------|---------|-----------|-------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Ancoraimes    | 22      | 114.6     | 0.217 | 528.7      | 529.7           | 0.005         | 0.141        | 0.428       | 0.752           | 0.31          | 0.27         | 0.1373   | 7.5           | 5.9              |
| Batallas      | 9       | 105.0     | 0.185 | 568.2      | 568.0           | 0.041         | 0.134        | 0.526       | 0.679           | 0.17          | 0.11         | 0.0582   | 9.5           | 8.4              |
| Belen         | 23      | 97.8      | 0.225 | 433.7      | 439.9           | -0.014        | 0.107        | 0.530       | 0.874           | 0.19          | 0.17         | 0.0755   | 9.2           | 9.0              |
| Carabuco      | 19      | 103.7     | 0.213 | 488.1      | 473.3           | 0.013         | 0.155        | 0.347       | 0.703           | 0.32          | 0.25         | 0.1119   | 8.3           | 8.2              |
| Chirapaca     | 18      | 117.6     | 0.218 | 540.0      | 537.7           | 0.016         | 0.103        | 0.435       | 0.879           | 0.18          | 0.10         | 0.0450   | 9.7           | 9.7              |
| Cojata        | 9       | 120.1     | 0.186 | 645.7      | 635.4           | 0.044         | 0.156        | 0.425       | 0.549           | 0.09          | 0.12         | 0.0220   | 9.9           | 9.9              |
| Corpaputo     | 13      | 169.9     | 0.254 | 668.4      | 665.9           | -0.012        | 0.112        | 0.916       | 0.902           | 0.15          | 0.17         | 0.0872   | 8.9           | 8.9              |
| Curupampa     | 3       | 173.8     | 0.195 | 889.4      | 886.1           | 0.005         | 0.067        |             | 0.973           |               | 0.19         |          |               |                  |
| Huarina_Cota  | 19      | 120.0     | 0.214 | 561.7      | 546.9           | 0.020         | 0.146        | 0.082       | 0.749           | 0.22          | 0.19         | 0.0987   | 8.6           | 8.6              |
| Puerto_Acost  | 13      | 165.2     | 0.280 | 589.6      | 573.6           | -0.001        | 0.141        | 0.267       | 0.867           | 0.28          | 0.30         | 0.1557   | 7.0           | 7.0              |
| Santiago_Hua  | 23      | 104.4     | 0.192 | 544.2      | 553.3           | -0.016        | 0.125        | 0.515       | 0.768           | 0.34          | 0.14         | 0.0720   | 9.3           | 9.3              |
| <b>Suchez</b> | 4       | 324.8     | 0.441 | 736.3      | 797.0           | -0.091        | 0.378        |             | -0.025          | 0.48          | 0.63         | 0.3192   | 2.2           | 2.2              |
| Villa_Puni    | 18      | 136.4     | 0.250 | 546.7      | 554.6           | -0.015        | 0.106        | 0.011       | 0.903           | 0.16          | 0.10         | 0.0530   | 9.6           | 9.6              |

Fuente: Elaboración propia

Despues de varios análisis la estación de Suchez no fue eliminado del grupo, porque comprobamos que los 4 ultimos años de registro daban una correlacion muy baja, la *tabla 3.21* lo confirma. Como se puede observar en la *figura 3.33* este grupo no requiere muchas correcciones.

**Figura 3.33 Grupo E – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**



Fuente: Elaboración propia

Después del proceso de relleno y corrección de los datos, empleando el método de correlación lineal múltiple, se generó la *tabla 3.22* que muestra el resultado final de la corregida del VR.

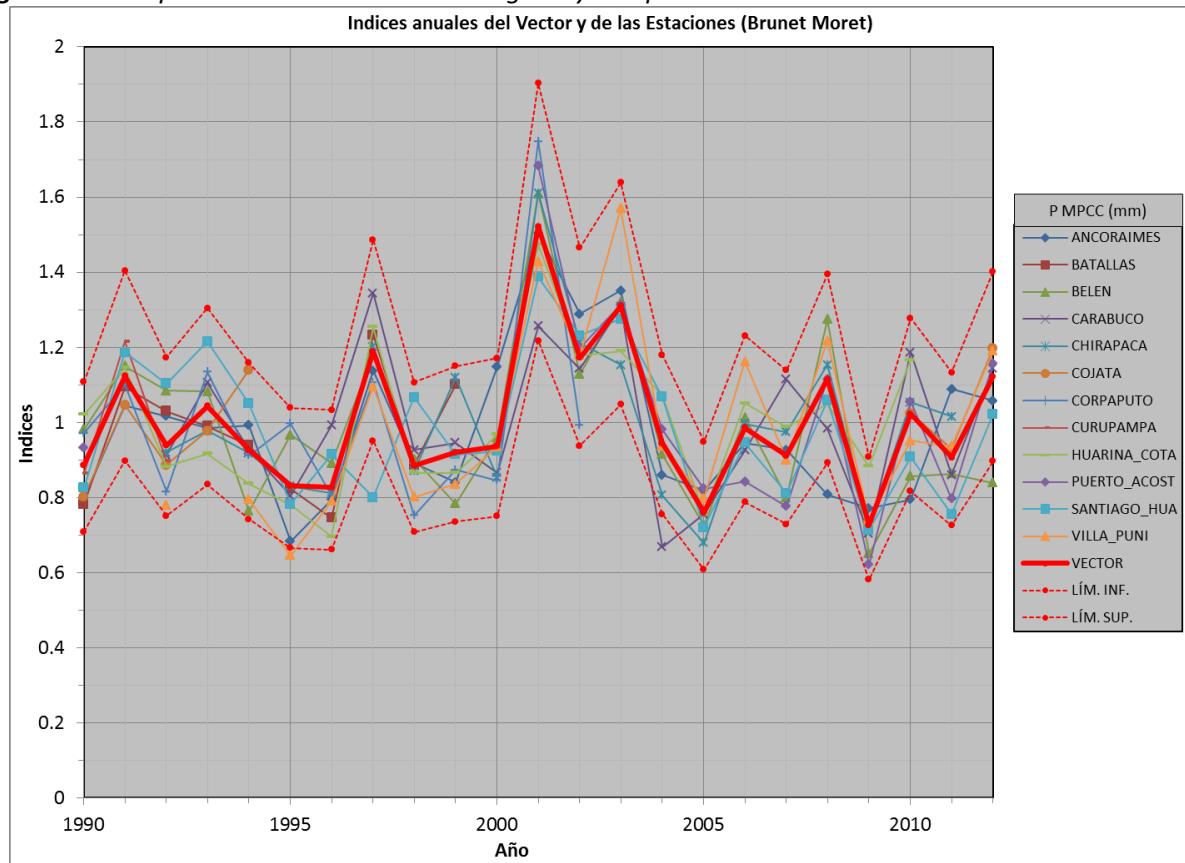
**Tabla 3.22 Grupo E – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**

| <b>Id Estación</b> | <b>No Años</b> | <b>D.E. Obs.</b> | <b>Coef.</b> | <b>Media Obs.</b> | <b>Media Calculada</b> | <b>Media Desvíos</b> | <b>D.E. Desvíos</b> | <b>Homog. B.M.</b> | <b>Correl. /Vector</b> | <b>Lin. a priori</b> | <b>Lin. a post.</b> | <b>Proporc.</b> | <b>Calidad (/10)</b> | <b>Evaluación (/10)</b> |
|--------------------|----------------|------------------|--------------|-------------------|------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| Ancoraimes         | 23             | 111.4            | 0.209        | 533.7             | 544.5                  | -0.020               | 0.118               | 0.575              | 0.819                  | 0.22                 | 0.23                | 0.1150          | 8.2                  | 6.6                     |
| Batallas           | 10             | 91.9             | 0.162        | 565.8             | 587.9                  | 0.006                | 0.080               | 0.851              | 0.844                  | 0.17                 | 0.11                | 0.0595          | 9.5                  | 8.6                     |
| Belen              | 23             | 97.0             | 0.223        | 434.7             | 439.7                  | -0.011               | 0.108               | 0.636              | 0.869                  | 0.22                 | 0.17                | 0.0858          | 9.0                  | 8.8                     |
| Carabuco           | 21             | 91.5             | 0.193        | 473.2             | 476.2                  | -0.006               | 0.120               | 0.185              | 0.790                  | 0.21                 | 0.20                | 0.0903          | 8.8                  | 8.8                     |
| Chirapaca          | 20             | 115.6            | 0.214        | 540.5             | 544.0                  | 0.000                | 0.081               | 0.501              | 0.921                  | 0.19                 | 0.09                | 0.0371          | 9.8                  | 9.8                     |
| Cojata             | 9              | 98.4             | 0.156        | 632.7             | 651.8                  | 0.005                | 0.089               | 0.345              | 0.781                  | 0.10                 | 0.11                | 0.0131          | 10.0                 | 10.0                    |
| Corpaputo          | 13             | 169.9            | 0.254        | 668.4             | 665.8                  | -0.011               | 0.117               | 0.822              | 0.889                  | 0.21                 | 0.18                | 0.0928          | 8.8                  | 8.8                     |
| Curupampa          | 3              | 173.8            | 0.195        | 889.4             | 896.6                  | 0.009                | 0.060               |                    | 0.992                  |                      | 0.18                |                 |                      |                         |
| Huarina_Cota       | 21             | 104.5            | 0.189        | 553.1             | 552.2                  | 0.003                | 0.089               | 0.044              | 0.883                  | 0.20                 | 0.14                | 0.0745          | 9.2                  | 9.2                     |
| Puerto_Acost       | 13             | 158.9            | 0.273        | 582.6             | 569.5                  | -0.006               | 0.087               | 0.065              | 0.962                  | 0.27                 | 0.13                | 0.0689          | 9.3                  | 9.3                     |
| Santiago_Hua       | 23             | 104.4            | 0.192        | 544.2             | 552.0                  | -0.014               | 0.127               | 0.456              | 0.758                  | 0.19                 | 0.14                | 0.0691          | 9.3                  | 9.3                     |
| Villa_Puni         | 20             | 132.3            | 0.246        | 537.9             | 546.5                  | -0.013               | 0.108               | 0.006              | 0.897                  | 0.20                 | 0.09                | 0.0476          | 9.7                  | 9.7                     |

Fuente: Elaboración propia

Se observa un grupo regional bastante homogéneo, que tiene 12 estaciones de las cuales 9 están en funcionamiento y 3 se clausuraron.

**Figura 3.34 Grupo E – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**



Fuente: Elaboración propia

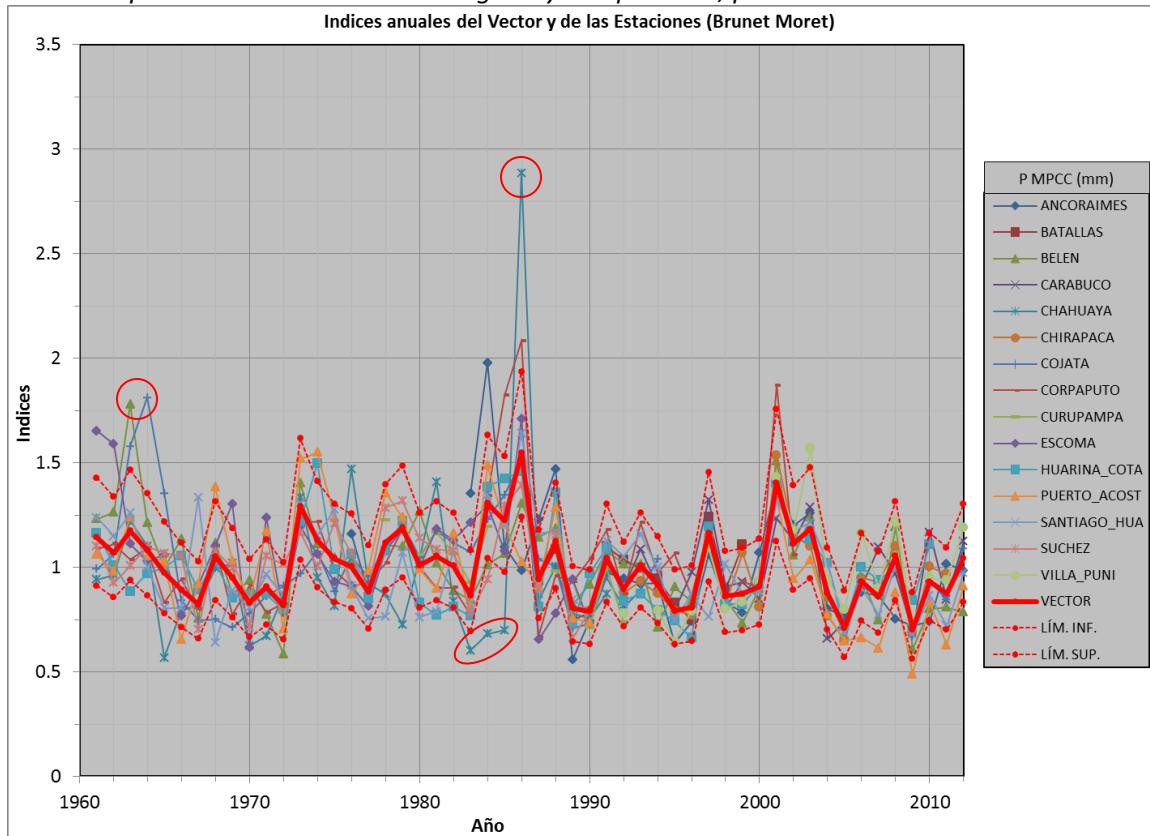
El VR con los datos corregidos y completados considerando el periodo completo de 1961 a 2012 (*Tabla 3.23*), muestran que la calidad del vector baja considerablemente, a causa de los datos de 1961-90. Es muy importante realizar correcciones bastante evidentes mostradas en la *figura 3.35*.

**Tabla 3.23 Grupo E – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Ancoraimes   | 32      | 168.1     | 0.290           | 579.0      | 583.7           | 0.009         | 0.222        | 0.508       | 0.625           | 0.23          | 0.28         | 0.1432   | 7.4           | 6.6              |
| Batallas     | 13      | 90.0      | 0.161           | 559.6      | 584.5           | 0.032         | 0.085        | 0.686       | 0.846           | 0.23          | 0.11         | 0.0550   | 9.6           | 9.2              |
| Belen        | 52      | 107.6     | 0.229           | 470.8      | 469.1           | 0.004         | 0.149        | 0.388       | 0.754           | 0.27          | 0.20         | 0.1015   | 8.6           | 8.6              |
| Carabuco     | 21      | 91.5      | 0.193           | 473.2      | 484.0           | 0.029         | 0.116        | 0.453       | 0.797           | 0.21          | 0.22         | 0.1089   | 8.4           | 8.4              |
| Chahuaya     | 31      | 291.5     | 0.433           | 673.5      | 694.2           | -0.065        | 0.343        | 1.000       | 0.613           | 0.37          | 0.32         | 0.1637   | 6.7           | 6.7              |
| Chirapaca    | 20      | 115.6     | 0.214           | 540.5      | 570.3           | 0.004         | 0.078        | 0.727       | 0.923           | 0.19          | 0.08         | 0.0393   | 9.8           | 9.8              |
| Cojata       | 38      | 179.7     | 0.246           | 731.7      | 715.5           | 0.010         | 0.189        | 0.281       | 0.650           | 0.26          | 0.18         | 0.0903   | 8.8           | 8.8              |
| Corpaputo    | 42      | 179.3     | 0.274           | 653.6      | 622.6           | 0.030         | 0.181        | 0.117       | 0.804           | 0.23          | 0.19         | 0.0947   | 8.7           | 8.7              |
| Curupampa    | 11      | 184.9     | 0.169           | 1091.3     | 1091.4          | -0.001        | 0.104        | 0.361       | 0.778           | 0.22          | 0.11         | 0.0527   | 9.6           | 9.6              |
| Escoma       | 30      | 141.4     | 0.254           | 556.8      | 521.1           | 0.034         | 0.210        | 0.545       | 0.629           | 0.36          | 0.26         | 0.1291   | 7.8           | 7.8              |
| Huarina_Cota | 50      | 122.2     | 0.212           | 576.4      | 580.3           | -0.008        | 0.125        | 0.577       | 0.803           | 0.25          | 0.15         | 0.0732   | 9.2           | 9.2              |
| Puerto_Acost | 42      | 191.6     | 0.266           | 720.0      | 722.2           | -0.020        | 0.183        | 0.000       | 0.723           | 0.29          | 0.21         | 0.1010   | 8.6           | 8.6              |
| Santiago_Hua | 52      | 127.1     | 0.222           | 572.6      | 579.6           | -0.012        | 0.156        | 0.491       | 0.704           | 0.27          | 0.15         | 0.0722   | 9.2           | 9.2              |
| Suchez       | 30      | 102.6     | 0.177           | 578.7      | 560.4           | -0.002        | 0.129        | 0.104       | 0.730           | 0.23          | 0.17         | 0.0884   | 8.9           | 8.9              |
| Villa_Puni   | 20      | 132.3     | 0.246           | 537.9      | 546.1           | 0.040         | 0.130        | 0.003       | 0.867           | 0.20          | 0.11         | 0.0445   | 9.7           | 9.7              |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.35 Grupo E – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012**

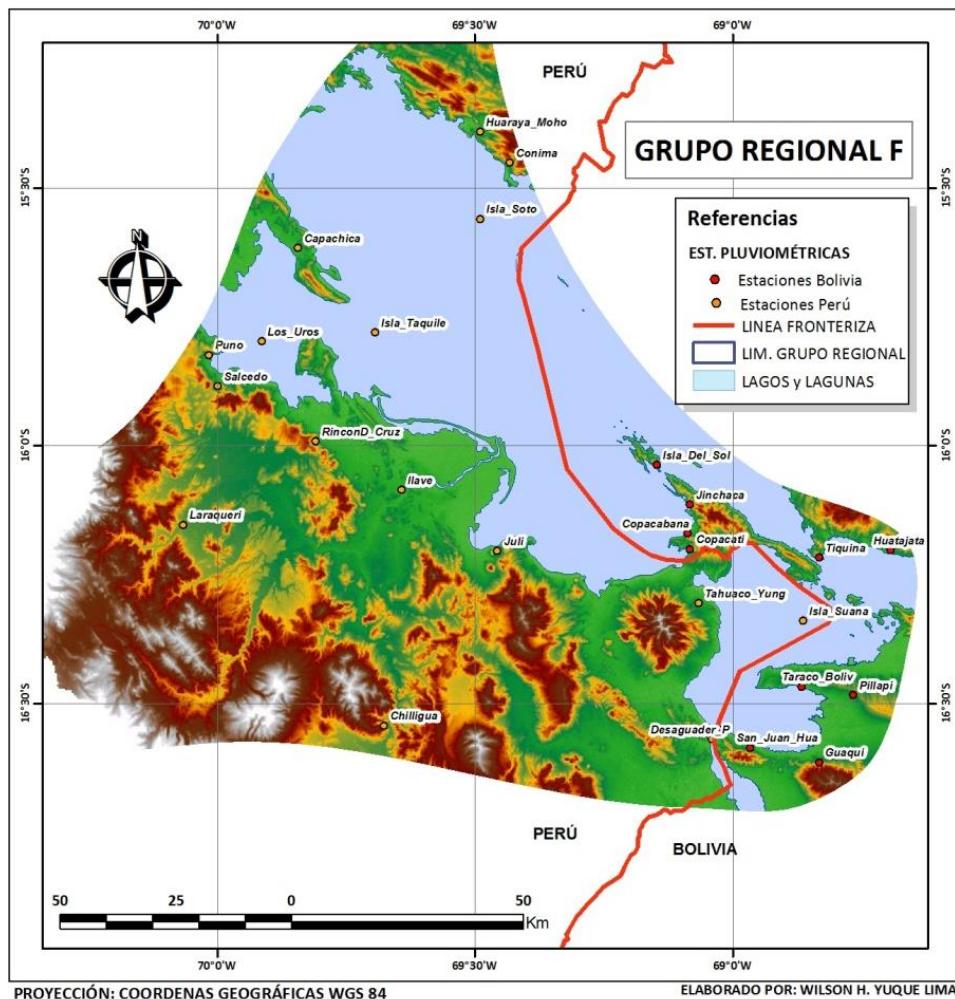


Fuente: Elaboración propia

### 3.2.4.6 GRUPO REGIONAL F

El grupo está abarcando gran parte del Lago Titicaca, ubicado en la parte oeste del lago, mostrado en la figura 3.36.

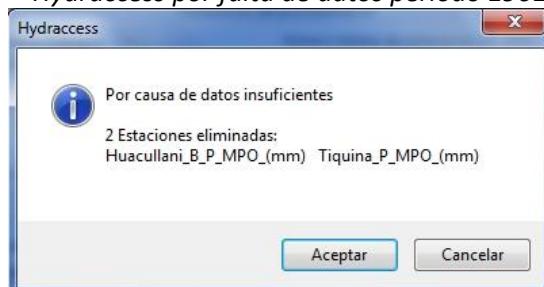
**Figura 3.36** Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional F



**Fuente:** Elaboración propia

Con un total de 26 estaciones se generó la primera corrida del VR (*tabla 3.24*), para el periodo 1961-2012 con datos originales. Se eliminó inicialmente por falta de datos las estaciones de Huacullani\_B y Tiquina (*Figura 3.24*).

**Figura 3.37** Grupo F, Estaciones eliminadas por el programa Hydraccess por falta de datos periodo 1961-2012

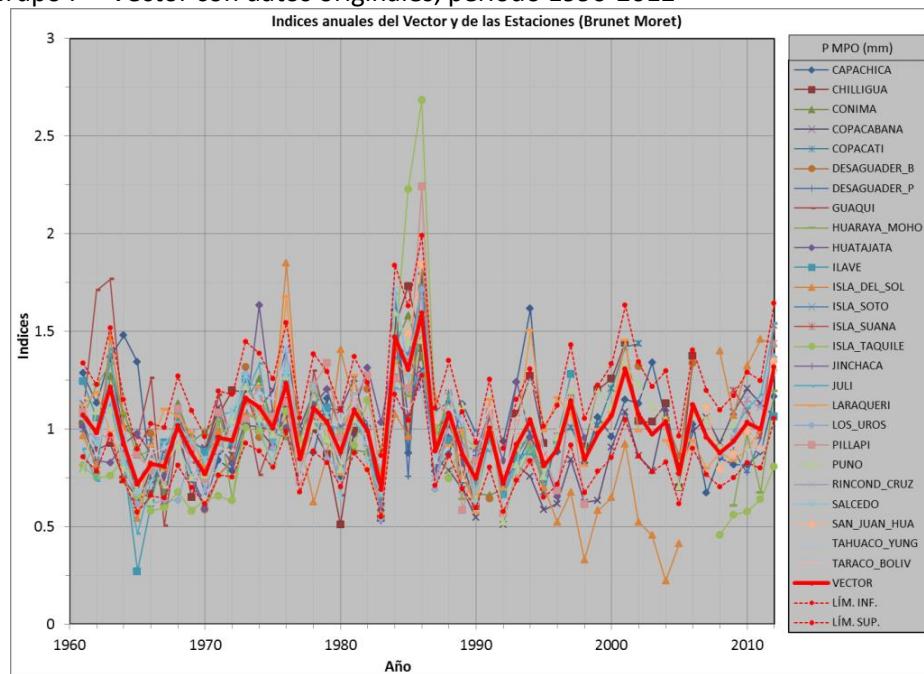


**Tabla 3.24 Grupo F – Vector con datos originales, periodo 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Capachica    | 51      | 198.6     | 0.249           | 797.7      | 781.7           | 0.021         | 0.211        | 0.199       | 0.575           | 0.30          | 0.21         | 0.1072   | 8.4           | 8.2              |
| Chilligua    | 43      | 174.3     | 0.273           | 639.6      | 646.8           | -0.008        | 0.158        | 0.055       | 0.809           | 0.28          | 0.19         | 0.0985   | 8.6           | 8.6              |
| Conima       | 32      | 221.2     | 0.246           | 900.3      | 911.6           | -0.009        | 0.144        | 0.231       | 0.802           | 0.24          | 0.22         | 0.1064   | 8.4           | 8.4              |
| Copacabana   | 51      | 200.3     | 0.246           | 815.3      | 851.7           | -0.043        | 0.168        | 0.000       | 0.720           | 0.22          | 0.15         | 0.0748   | 9.2           | 9.2              |
| Copacati     | 13      | 200.6     | 0.228           | 878.5      | 878.2           | 0.035         | 0.139        | 0.027       | 0.792           | 0.22          | 0.14         | 0.0877   | 8.9           | 8.9              |
| Desaguader_B | 21      | 182.1     | 0.245           | 744.3      | 774.1           | -0.017        | 0.158        | 0.626       | 0.753           | 0.31          | 0.25         | 0.1299   | 7.8           | 7.8              |
| Desaguader_P | 39      | 195.7     | 0.269           | 726.3      | 754.8           | -0.037        | 0.147        | 0.971       | 0.832           | 0.27          | 0.21         | 0.1050   | 8.5           | 8.5              |
| Guaqui       | 30      | 214.9     | 0.284           | 757.7      | 735.0           | 0.025         | 0.236        | 0.019       | 0.594           | 0.28          | 0.25         | 0.1252   | 7.9           | 7.9              |
| Huaraya_Moho | 39      | 193.5     | 0.216           | 894.5      | 915.9           | -0.022        | 0.142        | 0.278       | 0.763           | 0.26          | 0.21         | 0.1082   | 8.4           | 8.4              |
| Huatajata    | 38      | 168.9     | 0.216           | 780.8      | 783.1           | 0.009         | 0.187        | 0.363       | 0.587           | 0.33          | 0.26         | 0.1318   | 7.7           | 7.7              |
| Ilave        | 38      | 179.4     | 0.254           | 705.8      | 715.7           | -0.014        | 0.123        | 0.464       | 0.871           | 0.25          | 0.14         | 0.0685   | 9.3           | 9.3              |
| Isla_Del_Sol | 47      | 283.9     | 0.381           | 744.7      | 799.3           | -0.074        | 0.314        | 0.004       | 0.496           | 0.37          | 0.33         | 0.1644   | 6.7           | 6.7              |
| Isla_Soto    | 4       | 176.1     | 0.154           | 1142.0     | 1111.0          | 0.037         | 0.062        |             | 0.956           | 0.16          | 0.08         | 0.0413   | 9.7           | 9.7              |
| Isla_Suana   | 4       | 176.6     | 0.202           | 873.5      | 730.4           | 0.125         | 0.172        |             | 0.837           | 0.18          | 0.12         | 0.0933   | 8.8           | 8.8              |
| Isla_Taquile | 38      | 606.6     | 0.465           | 1303.3     | 1429.2          | -0.096        | 0.334        | 0.000       | 0.680           | 0.30          | 0.23         | 0.1175   | 8.1           | 8.1              |
| Jinchaca     | 4       | 121.6     | 0.142           | 858.0      | 840.4           | 0.097         | 0.104        |             | 0.959           | 0.25          | 0.27         | 0.0560   | 9.5           | 9.5              |
| Juli         | 39      | 211.0     | 0.244           | 866.0      | 884.3           | -0.019        | 0.137        | 0.216       | 0.817           | 0.26          | 0.18         | 0.0835   | 9.0           | 9.0              |
| Laraqueri    | 50      | 180.3     | 0.240           | 751.7      | 748.6           | 0.010         | 0.151        | 0.409       | 0.775           | 0.23          | 0.22         | 0.1129   | 8.3           | 8.3              |
| Los_Uros     | 34      | 215.3     | 0.302           | 714.0      | 737.8           | -0.041        | 0.130        | 0.153       | 0.930           | 0.28          | 0.16         | 0.0842   | 9.0           | 9.0              |
| Pillapi      | 38      | 199.0     | 0.295           | 673.9      | 682.5           | -0.001        | 0.173        | 0.147       | 0.810           | 0.30          | 0.24         | 0.1234   | 8.0           | 8.0              |
| Puno         | 50      | 170.3     | 0.233           | 732.1      | 736.0           | -0.005        | 0.111        | 0.071       | 0.877           | 0.22          | 0.16         | 0.0809   | 9.1           | 9.1              |
| Rincond_Cruz | 9       | 238.8     | 0.298           | 802.6      | 740.1           | 0.034         | 0.116        | 0.530       | 0.941           | 0.34          | 0.20         | 0.1229   | 8.0           | 8.0              |
| Salcedo      | 30      | 195.2     | 0.260           | 751.5      | 754.4           | -0.010        | 0.101        | 0.706       | 0.925           | 0.31          | 0.16         | 0.0829   | 9.0           | 9.0              |
| San_Juan_Hua | 8       | 224.9     | 0.312           | 721.9      | 619.0           | 0.039         | 0.134        | 0.011       | 0.968           | 0.23          | 0.11         | 0.0292   | 9.9           | 9.9              |
| Tahuaco_Yung | 39      | 150.4     | 0.179           | 840.8      | 856.8           | -0.018        | 0.141        | 0.628       | 0.724           | 0.26          | 0.15         | 0.0743   | 9.2           | 9.2              |
| Taraco_Boliv | 42      | 156.4     | 0.202           | 774.8      | 764.5           | 0.014         | 0.098        | 0.001       | 0.881           | 0.21          | 0.12         | 0.0604   | 9.5           | 9.5              |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3.24 muestra que estaciones muy importantes como Isla\_Taquile y Isla\_Del\_Sol no son homogeneas al grupo, tanto por su registro grande de datos y sus ubicación geográfica (en Islas) no se las elimino. Entonces, se mantuvo todo el grupo sin ninguna eliminación.

**Figura 3.38 Grupo F – Vector con datos originales, periodo 1990-2012**


Fuente:  
Elaboración  
propia

Con la segunda corrida del VR para el periodo 1990-2012 con datos originales (*tabla 3.25*), se eliminaron por falta de datos las siguientes estaciones: Guaqui, Isla\_Soto, Jinchaca y Salcedo.

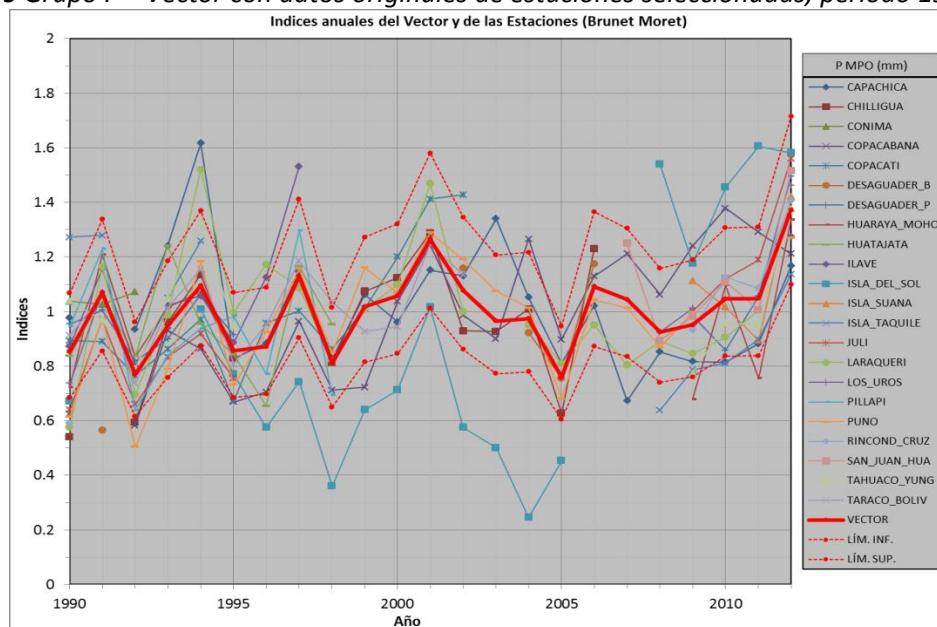
**Tabla 3.25 Grupo F – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**

| <b>Id Estación</b> | <b>No Años</b> | <b>D.E. Obs.</b> | <b>Coef. Variación</b> | <b>Media Obs.</b> | <b>Media Calculada</b> | <b>Media Desvíos</b> | <b>D.E. Desvíos</b> | <b>Homog. B.M.</b> | <b>Correl. /Vector</b> | <b>Lin. a priori</b> | <b>Lin. a post.</b> | <b>Proporc.</b> | <b>Calidad (/10)</b> | <b>Evaluación (/10)</b> |
|--------------------|----------------|------------------|------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| Capachica          | 22             | 168.4            | 0.214                  | 788.1             | 781.2                  | 0.012                | 0.199               | 0.060              | 0.431                  | 0.16                 | 0.18                | 0.0829          | 9.0                  | 7.1                     |
| Chilligua          | 14             | 168.7            | 0.250                  | 675.8             | 723.4                  | -0.033               | 0.120               | 0.429              | 0.902                  | 0.24                 | 0.18                | 0.0911          | 8.8                  | 8.1                     |
| Conima             | 3              | 14.0             | 0.023                  | 613.9             | 587.3                  | 0.147                | 0.206               | 0.206              | -0.862                 |                      | 0.27                |                 |                      |                         |
| Copacabana         | 22             | 180.9            | 0.247                  | 732.9             | 745.3                  | -0.013               | 0.187               | 0.000              | 0.615                  | 0.21                 | 0.20                | 0.0993          | 8.6                  | 8.5                     |
| Copacati           | 13             | 200.6            | 0.228                  | 878.5             | 883.4                  | 0.008                | 0.147               | 0.038              | 0.745                  | 0.22                 | 0.12                | 0.0852          | 9.0                  | 8.9                     |
| Desaguader_B       | 5              | 231.5            | 0.287                  | 806.7             | 881.3                  | -0.079               | 0.234               | 0.382              | 0.28                   | 0.16                 | 0.1787              | 6.2             | 6.2                  |                         |
| Desaguader_P       | 10             | 129.8            | 0.189                  | 685.6             | 682.2                  | 0.004                | 0.087               | 0.660              | 0.877                  | 0.18                 | 0.12                | 0.0757          | 9.2                  | 9.2                     |
| Huaraya_Moho       | 10             | 181.7            | 0.233                  | 780.8             | 817.1                  | -0.046               | 0.145               | 0.212              | 0.758                  | 0.34                 | 0.29                | 0.1569          | 6.9                  | 6.9                     |
| Huatajata          | 9              | 143.4            | 0.193                  | 743.0             | 783.2                  | 0.015                | 0.141               | 0.511              | 0.597                  | 0.33                 | 0.23                | 0.1262          | 7.9                  | 7.9                     |
| Ilave              | 9              | 135.8            | 0.210                  | 646.2             | 597.9                  | 0.085                | 0.168               | 0.417              | 0.741                  | 0.20                 | 0.09                | 0.0496          | 9.6                  | 9.6                     |
| Isla_Del_Sol       | 18             | 317.7            | 0.503                  | 631.1             | 726.6                  | -0.136               | 0.398               | 0.001              | 0.493                  | 0.41                 | 0.34                | 0.1754          | 6.3                  | 6.3                     |
| Isla_Suana         | 4              | 176.6            | 0.202                  | 873.5             | 785.9                  | 0.007                | 0.115               |                    | 0.809                  | 0.18                 | 0.15                | 0.0940          | 8.8                  | 8.8                     |
| Isla_Taquile       | 9              | 243.4            | 0.236                  | 1030.8            | 1015.9                 | -0.020               | 0.235               | 0.051              | 0.252                  | 0.15                 | 0.11                | 0.0879          | 8.9                  | 8.9                     |
| Juli               | 10             | 241.5            | 0.287                  | 840.9             | 871.4                  | -0.036               | 0.136               | 0.035              | 0.921                  | 0.14                 | 0.07                | 0.0565          | 9.5                  | 9.5                     |
| Laraqueri          | 21             | 165.0            | 0.226                  | 731.8             | 740.4                  | 0.004                | 0.162               | 0.014              | 0.673                  | 0.26                 | 0.15                | 0.0920          | 8.8                  | 8.8                     |
| Los_Uros           | 5              | 184.3            | 0.257                  | 718.4             | 689.7                  | 0.007                | 0.072               |                    | 0.978                  | 0.32                 | 0.04                | 0.0317          | 9.9                  | 9.9                     |
| Pillapi            | 9              | 135.1            | 0.242                  | 559.1             | 603.6                  | -0.008               | 0.131               | 0.626              | 0.814                  | 0.31                 | 0.28                | 0.1536          | 7.0                  | 7.0                     |
| Puno               | 21             | 164.3            | 0.222                  | 739.5             | 761.3                  | -0.024               | 0.112               | 0.002              | 0.868                  | 0.20                 | 0.15                | 0.0829          | 9.0                  | 9.0                     |
| RinconD_Cruz       | 5              | 225.3            | 0.290                  | 777.4             | 756.1                  | -0.026               | 0.125               |                    | 0.930                  | 0.09                 | 0.06                | 0.0817          | 9.0                  | 9.0                     |
| San_Juan_Hua       | 6              | 124.4            | 0.201                  | 619.3             | 550.2                  | 0.061                | 0.108               | 0.509              | 0.929                  | 0.11                 | 0.09                | 0.0756          | 9.2                  | 9.2                     |
| Tahuaco_Yung       | 10             | 158.0            | 0.194                  | 815.5             | 800.6                  | 0.018                | 0.129               | 0.258              | 0.742                  | 0.18                 | 0.15                | 0.1048          | 8.5                  | 8.5                     |
| Taraco_Boliv       | 13             | 118.8            | 0.148                  | 805.0             | 798.1                  | 0.022                | 0.087               | 0.625              | 0.824                  | 0.14                 | 0.11                | 0.0561          | 9.5                  | 9.5                     |

Fuente: Elaboración propia

En un análisis de la correlación del vector, se encontró que los años de registro influyen bastante en su valor, esto es lo que ocurre con las estaciones de Conima con 3 años y Desaguadero\_B con 5 años, que con solo corregir 2 datos mensuales de Conima y 3 datos mensuales de Desaguadero su correlación mejoró bastante que se muestra en la *tabla 3.26*.

**Figura 3.39 Grupo F – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**



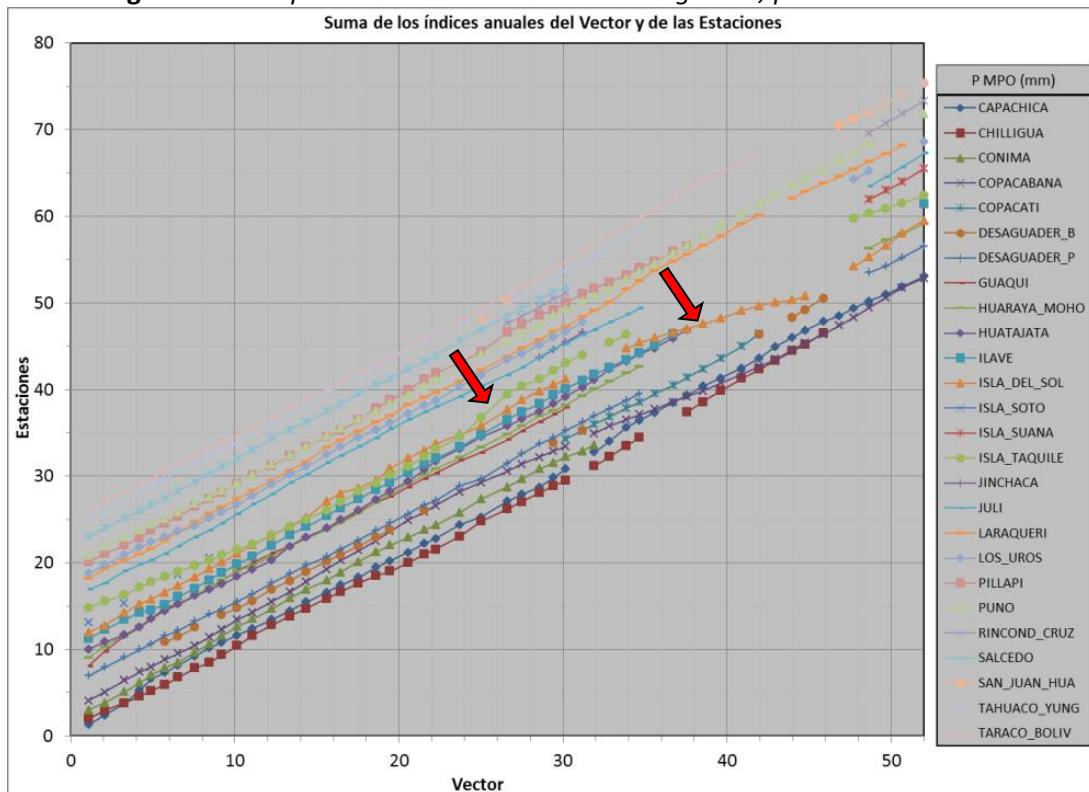
Fuente:  
Elaboración  
propia

La figura 3.39 nos muestra la doble acumulada del grupo, para poder distinguir mejor el comportamiento de los datos se analizo el grupo completo (1960 a 2012), donde podemos ver claramente que dos estaciones tienen problemas en sus registros originales, estas estaciones son:

- Isla Taquile: Este observatorio ha sido considerado tradicionalmente como un punto muy singular en el altiplano, tanto por la magnitud total de su precipitación como por las intensidades de las mismas, estas características han hecho incluso dudar de la fiabilidad de sus datos. Al buscar información sobre el porque de su cambio de comportamiento, se encontro que la estación fué trasladada al otro lado de la isla. Sabiendo esto lo que se hizo es separar los datos y tratarlos como una nueva estación, la que se denominó Taquile.

- Isla del Sol: se observa (figura 3.39) que esta estación es la que presenta mayor problema, no se pudo encontrar la explicación del porque ocurría este cambio; por lo tanto, se separó la información a partir del año 1994 hasta el 2012 para que no perjudique a la serie inicial. Los datos apartados serán utilizados para un futuro análisis.

**Figura 3.40 Grupo F – Acumuladas con datos originales, periodo 1961-2012**



Fuente: Elaboración propia

Algo que es preciso comentar es que, los datos ALT presentan una sola estación de Desaguadero que esta integrada por 2 estaciones Desaguadero de Bolivia y Desaguadero de Perú.

Para la base conformada de este informe, se incluyó la estación boliviana de Desaguadero con el record de datos originales que contaba la estación que se analizaron y se incluyeron en la base. Los datos peruanos compilados fueron añadidos a la única estación de Desaguadero que presentaban los datos ALT.

Con todas las observaciones comentadas, y correcciones comunes que se hizo para las demás estaciones se obtuvo los resultados del VR mostrados en la *tabla 3.26* y *figura 3.41*.

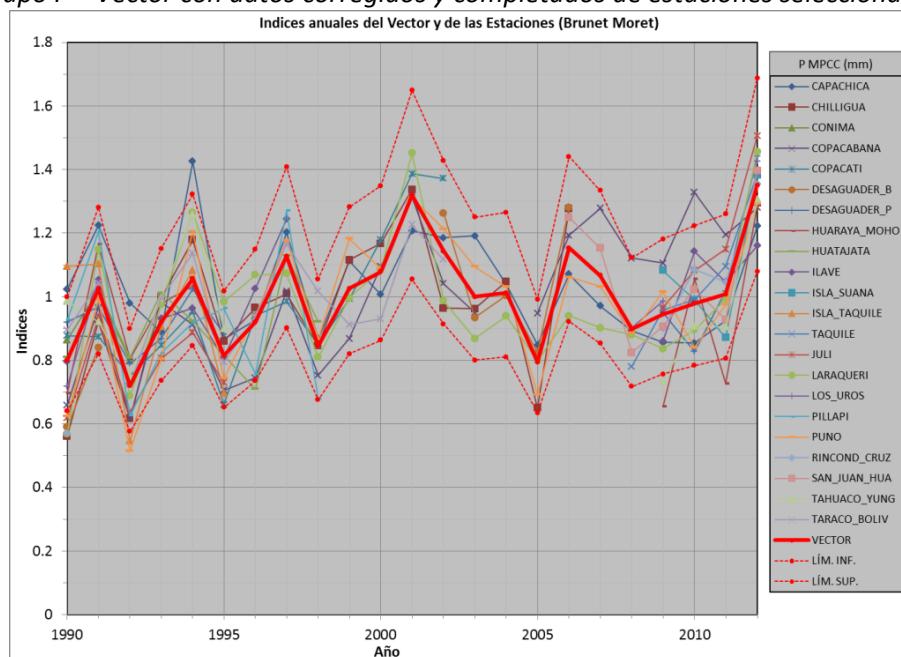
**Tabla 3.26 Grupo F – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Capachica    | 23      | 119.5     | 0.155           | 771.2      | 745.8           | 0.034         | 0.137        | 0.063       | 0.635           | 0.21          | 0.12         | 0.0579   | 9.5           | 7.6              |
| Chilligua    | 17      | 152.4     | 0.226           | 675.3      | 696.9           | -0.017        | 0.110        | 0.386       | 0.873           | 0.21          | 0.14         | 0.0974   | 8.7           | 8.2              |
| Conima       | 3       | 81.4      | 0.129           | 630.3      | 704.9           | 0.046         | 0.058        | 0.999       |                 | 0.10          |              |          |               |                  |
| Copacabana   | 22      | 152.6     | 0.215           | 708.4      | 706.1           | 0.004         | 0.146        | 0.000       | 0.724           | 0.17          | 0.14         | 0.0687   | 9.3           | 9.2              |
| Copacati     | 13      | 196.4     | 0.224           | 876.5      | 899.4           | -0.010        | 0.110        | 0.039       | 0.856           | 0.24          | 0.14         | 0.0774   | 9.1           | 9.1              |
| Desaguader_B | 7       | 200.2     | 0.257           | 778.3      | 809.1           | -0.028        | 0.128        | 0.591       | 0.892           | 0.29          | 0.15         | 0.0215   | 9.9           | 9.9              |
| Desaguader_P | 10      | 129.8     | 0.189           | 685.6      | 707.4           | 0.007         | 0.079        | 0.587       | 0.894           | 0.19          | 0.15         | 0.0816   | 9.0           | 9.0              |
| Huaraya_Moho | 10      | 181.7     | 0.233           | 780.8      | 848.0           | -0.041        | 0.146        | 0.228       | 0.728           | 0.35          | 0.30         | 0.1619   | 6.7           | 6.7              |
| Huatajata    | 9       | 107.3     | 0.146           | 732.9      | 809.5           | -0.009        | 0.097        | 0.282       | 0.706           | 0.19          | 0.19         | 0.1009   | 8.6           | 8.6              |
| Ilave        | 12      | 105.6     | 0.164           | 643.2      | 656.4           | 0.008         | 0.094        | 0.603       | 0.820           | 0.21          | 0.13         | 0.0696   | 9.3           | 9.3              |
| Isla_Suana   | 4       | 176.6     | 0.202           | 873.5      | 807.5           | 0.011         | 0.099        |             | 0.856           | 0.18          | 0.14         | 0.0816   | 9.0           | 9.0              |
| Isla_Taquile | 6       | 279.0     | 0.261           | 1066.8     | 1178.3          | 0.016         | 0.152        | 0.535       | 0.733           | 0.22          | 0.16         | 0.1273   | 7.8           | 7.8              |
| Taquile      | 5       | 186.4     | 0.215           | 868.2      | 832.7           | 0.007         | 0.068        |             | 0.952           | 0.12          | 0.07         | 0.0447   | 9.7           | 9.7              |
| Juli         | 10      | 241.5     | 0.287           | 840.9      | 902.3           | -0.030        | 0.123        | 0.022       | 0.922           | 0.15          | 0.06         | 0.0418   | 9.7           | 9.7              |
| Laraqueri    | 23      | 157.0     | 0.213           | 736.8      | 749.5           | -0.017        | 0.122        | 0.016       | 0.811           | 0.19          | 0.12         | 0.0662   | 9.4           | 9.4              |
| Los_Uros     | 5       | 184.3     | 0.257           | 718.4      | 707.6           | 0.012         | 0.054        |             | 0.992           | 0.05          | 0.02         | 0.0295   | 9.9           | 9.9              |
| Pillapi      | 9       | 135.1     | 0.242           | 559.1      | 616.3           | -0.007        | 0.142        | 0.798       | 0.736           | 0.32          | 0.33         | 0.1789   | 6.2           | 6.2              |
| Puno         | 23      | 158.3     | 0.216           | 734.2      | 747.6           | -0.018        | 0.094        | 0.026       | 0.909           | 0.20          | 0.16         | 0.0866   | 8.9           | 8.9              |
| Rincond_Cruz | 5       | 225.3     | 0.290           | 777.4      | 784.2           | -0.025        | 0.117        |             | 0.922           | 0.05          | 0.03         | 0.0752   | 9.2           | 9.2              |
| San_Juan_Hua | 7       | 123.0     | 0.193           | 637.2      | 596.4           | 0.012         | 0.070        | 0.374       | 0.957           | 0.18          | 0.13         | 0.0760   | 9.2           | 9.2              |
| Tahuaco_Yung | 10      | 158.0     | 0.194           | 815.5      | 843.7           | 0.005         | 0.127        | 0.289       | 0.728           | 0.20          | 0.14         | 0.1188   | 8.1           | 8.1              |
| Taraco_Boliv | 13      | 118.8     | 0.148           | 805.0      | 811.8           | 0.007         | 0.087        | 0.207       | 0.843           | 0.14          | 0.07         | 0.0373   | 9.8           | 9.8              |

Fuente: Elaboración propia

El grupo regional final presentado, tiene 22 estaciones de las cuales 7 están clausuradas y 15 se encuentran en funcionamiento.

**Figura 3.41 Grupo F – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**



Fuente: Elaboración propia

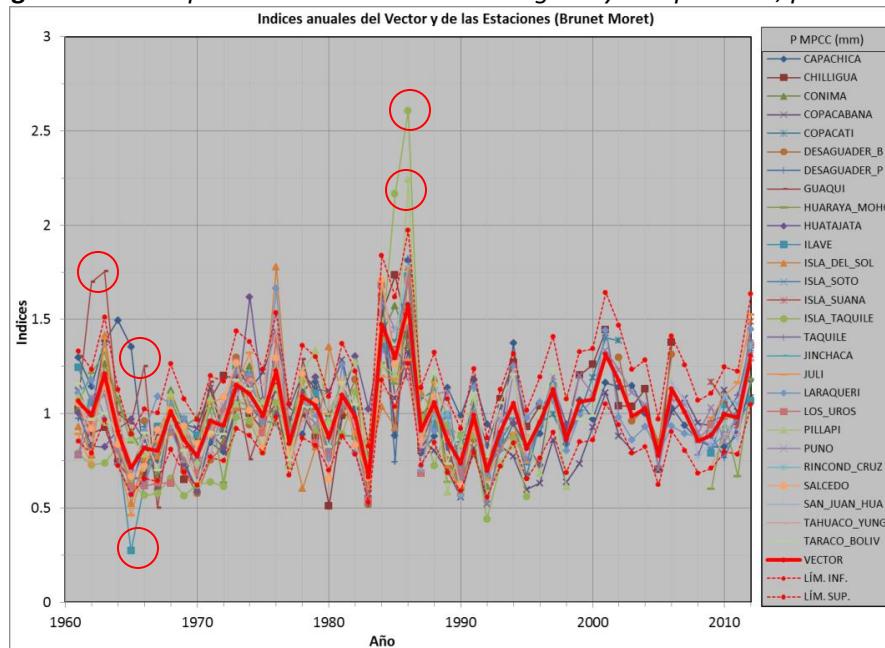
El VR con los datos corregidos y completados considerando el periodo completo de 1961 a 2012 (*Tabla 3.27*), muestran que se deben realizar correcciones bastante evidentes mostradas en la *figura 3.42*.

**Tabla 3.27 Grupo F – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Capachica    | 52      | 182.7     | 0.231           | 790.0      | 773.8           | 0.021         | 0.187        | 0.253       | 0.628           | 0.29          | 0.18         | 0.0929   | 8.8           | 8.6              |
| Chilligua    | 46      | 168.7     | 0.263           | 641.7      | 645.4           | -0.005        | 0.150        | 0.105       | 0.819           | 0.25          | 0.18         | 0.0925   | 8.8           | 8.8              |
| Conima       | 32      | 220.1     | 0.244           | 901.8      | 916.6           | -0.007        | 0.136        | 0.248       | 0.820           | 0.26          | 0.20         | 0.0948   | 8.7           | 8.7              |
| Copacabana   | 51      | 195.2     | 0.243           | 804.7      | 834.4           | -0.035        | 0.169        | 0.000       | 0.709           | 0.28          | 0.16         | 0.0788   | 9.1           | 9.1              |
| Copacati     | 13      | 196.4     | 0.224           | 876.5      | 889.3           | 0.004         | 0.110        | 0.016       | 0.857           | 0.24          | 0.13         | 0.0715   | 9.3           | 9.3              |
| Desaguader_B | 27      | 207.9     | 0.280           | 743.8      | 786.9           | -0.032        | 0.131        | 0.438       | 0.905           | 0.26          | 0.22         | 0.1140   | 8.2           | 8.2              |
| Desaguader_P | 39      | 195.7     | 0.269           | 726.3      | 764.6           | -0.041        | 0.144        | 0.974       | 0.838           | 0.26          | 0.21         | 0.1073   | 8.4           | 8.4              |
| Guaqui       | 30      | 214.9     | 0.284           | 757.7      | 739.9           | 0.023         | 0.232        | 0.018       | 0.604           | 0.28          | 0.24         | 0.1244   | 7.9           | 7.9              |
| Huaraya_Moho | 39      | 193.5     | 0.216           | 894.5      | 923.3           | -0.022        | 0.138        | 0.315       | 0.775           | 0.33          | 0.21         | 0.1101   | 8.3           | 8.3              |
| Huatajata    | 38      | 163.6     | 0.210           | 778.4      | 789.2           | 0.002         | 0.181        | 0.297       | 0.591           | 0.33          | 0.25         | 0.1245   | 7.9           | 7.9              |
| Ilave        | 41      | 171.7     | 0.245           | 700.6      | 714.5           | -0.013        | 0.116        | 0.277       | 0.875           | 0.27          | 0.13         | 0.0646   | 9.4           | 9.4              |
| Isla_Del_Sol | 30      | 243.4     | 0.303           | 804.3      | 830.3           | -0.032        | 0.221        | 0.878       | 0.654           | 0.38          | 0.31         | 0.1600   | 6.8           | 6.8              |
| Isla_Soto    | 4       | 176.1     | 0.154           | 1142.0     | 1117.1          | 0.037         | 0.065        |             | 0.951           | 0.16          | 0.08         | 0.0439   | 9.7           | 9.7              |
| Isla_Suana   | 4       | 176.6     | 0.202           | 873.5      | 749.9           | 0.122         | 0.171        |             | 0.807           | 0.18          | 0.12         | 0.0952   | 8.7           | 8.7              |
| Isla_Taquile | 35      | 622.3     | 0.467           | 1332.9     | 1470.1          | -0.078        | 0.310        | 0.001       | 0.742           | 0.31          | 0.25         | 0.1272   | 7.8           | 7.8              |
| Taquile      | 5       | 186.4     | 0.215           | 868.2      | 831.8           | 0.038         | 0.079        |             | 0.951           | 0.12          | 0.15         | 0.0542   | 9.6           | 9.6              |
| Jinchaca     | 4       | 121.6     | 0.142           | 858.0      | 886.5           | 0.056         | 0.068        |             | 0.953           | 0.26          | 0.09         | 0.0557   | 9.5           | 9.5              |
| Juli         | 39      | 211.0     | 0.244           | 866.0      | 891.2           | -0.019        | 0.138        | 0.245       | 0.811           | 0.27          | 0.18         | 0.0844   | 9.0           | 9.0              |
| Laraqueri    | 52      | 176.4     | 0.234           | 753.1      | 754.8           | -0.002        | 0.133        | 0.451       | 0.819           | 0.24          | 0.19         | 0.0940   | 8.8           | 8.8              |
| Los_Uros     | 34      | 215.3     | 0.302           | 714.0      | 741.4           | -0.039        | 0.131        | 0.162       | 0.924           | 0.27          | 0.15         | 0.0855   | 9.0           | 9.0              |
| Pillapi      | 38      | 199.0     | 0.295           | 673.9      | 682.2           | 0.003         | 0.177        | 0.123       | 0.798           | 0.30          | 0.24         | 0.1204   | 8.0           | 8.0              |
| Puno         | 52      | 167.6     | 0.230           | 730.0      | 736.2           | -0.008        | 0.104        | 0.121       | 0.890           | 0.21          | 0.15         | 0.0770   | 9.1           | 9.1              |
| RinconD_Cruz | 9       | 238.8     | 0.298           | 802.6      | 781.7           | -0.009        | 0.110        | 0.455       | 0.928           | 0.12          | 0.24         | 0.1307   | 7.7           | 7.7              |
| Salcedo      | 30      | 195.2     | 0.260           | 751.5      | 758.2           | -0.009        | 0.100        | 0.700       | 0.926           | 0.30          | 0.17         | 0.0844   | 9.0           | 9.0              |
| San_Juan_Hua | 9       | 210.5     | 0.291           | 724.5      | 639.8           | 0.017         | 0.101        | 0.024       | 0.983           | 0.20          | 0.11         | 0.0420   | 9.7           | 9.7              |
| Tahuaco_Yung | 39      | 150.4     | 0.179           | 840.8      | 859.7           | -0.013        | 0.140        | 0.620       | 0.728           | 0.25          | 0.14         | 0.0719   | 9.3           | 9.3              |
| Taraco_Boliv | 42      | 156.4     | 0.202           | 774.8      | 763.7           | 0.014         | 0.097        | 0.003       | 0.885           | 0.21          | 0.11         | 0.0563   | 9.5           | 9.5              |

Fuente: Elaboración propia

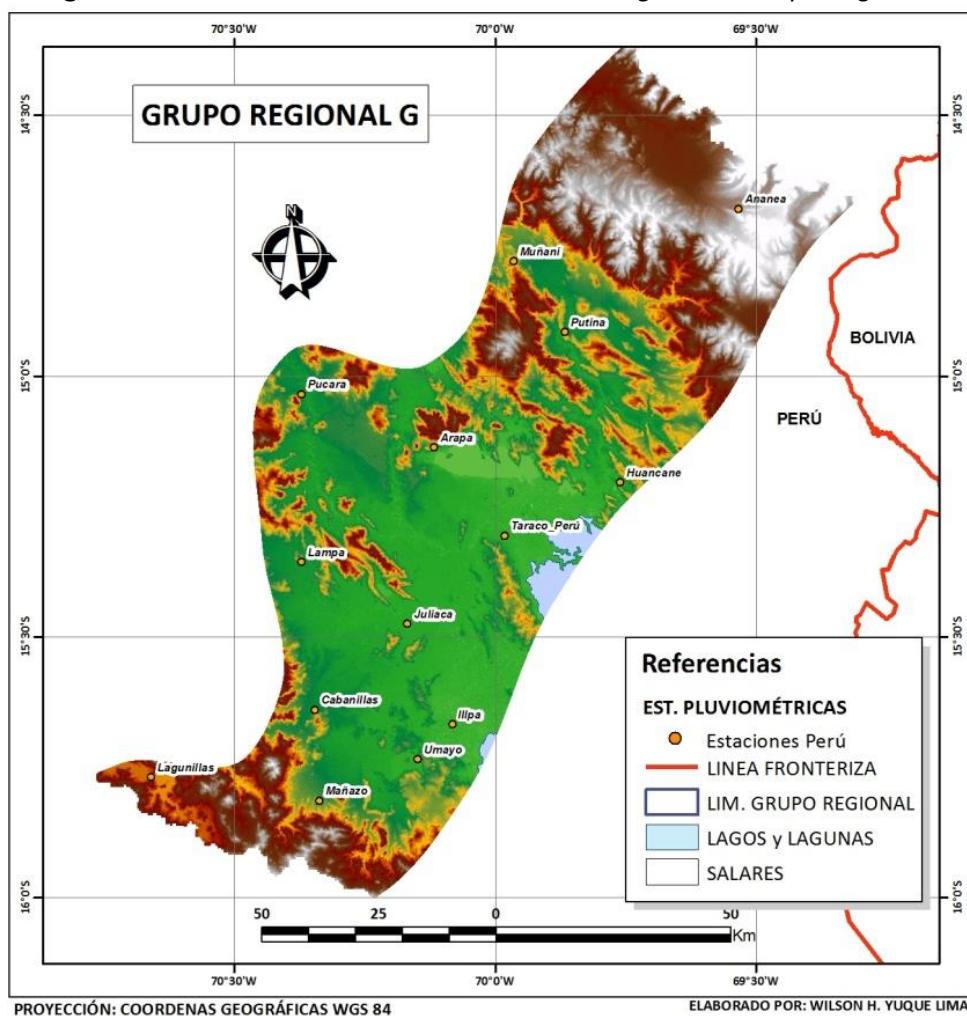
**Figura 3.42 Grupo F – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012**



Fuente:  
Elaboración  
propria

### 3.2.4.7 GRUPO REGIONAL G

**Figura 3.43** Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional G



**Fuente:** Elaboración propia

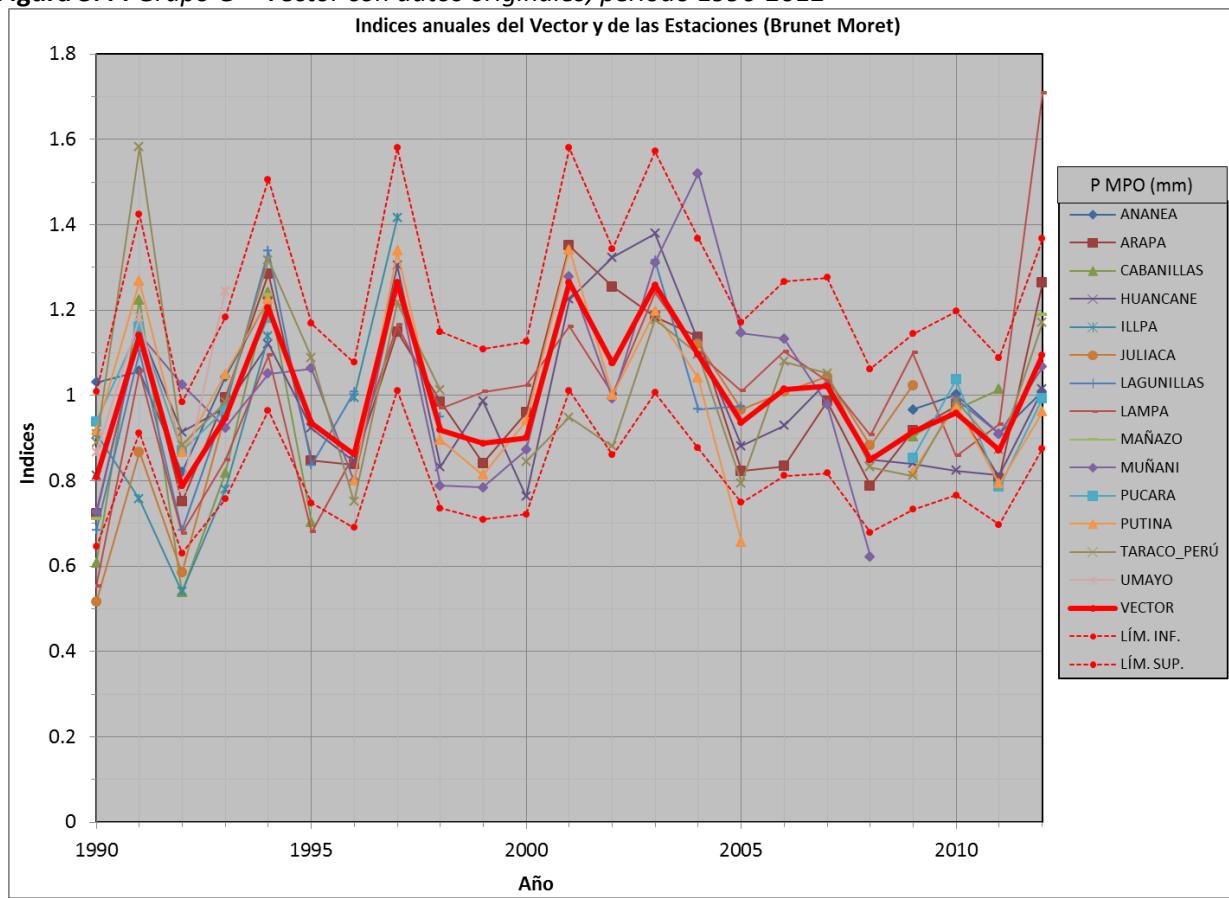
La configuración de este grupo se inició con 14 estaciones (*figura 3.43*). Los resultados de la primera corrida del VR, para el periodo de 1961 a 2012 con los datos originales, se muestran en la *tabla 3.28* y *figura 3.44*.

**Tabla 3.28** Grupo G – Vector con datos originales, periodo 1990-2012

| Id Estación | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|-------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Ananea      | 9       | 68.0      | 0.110           | 615.5      | 611.2           | 0.038         | 0.095        | 1.000       | 0.778           | 0.19          | 0.07         | 0.0506   | 9.6           | 4.3              |
| Arapa       | 23      | 123.4     | 0.192           | 642.8      | 647.3           | -0.007        | 0.088        | 0.550       | 0.889           | 0.18          | 0.13         | 0.0667   | 9.4           | 8.4              |
| Cabanillas  | 9       | 168.2     | 0.281           | 598.7      | 672.3           | -0.061        | 0.150        | 0.681       | 0.874           | 0.20          | 0.28         | 0.1634   | 6.7           | 6.3              |
| Huancane    | 23      | 119.5     | 0.184           | 649.0      | 652.7           | -0.006        | 0.090        | 0.373       | 0.868           | 0.22          | 0.11         | 0.0530   | 9.6           | 9.5              |
| Illpa       | 7       | 165.3     | 0.306           | 540.5      | 578.8           | -0.068        | 0.204        | 0.037       | 0.685           | 0.22          | 0.13         | 0.0759   | 9.2           | 9.1              |
| Juliaca     | 10      | 124.5     | 0.221           | 563.4      | 628.4           | -0.055        | 0.147        | 0.059       | 0.695           | 0.10          | 0.05         | 0.0515   | 9.6           | 9.6              |
| Lagunillas  | 11      | 132.4     | 0.216           | 612.2      | 621.5           | -0.005        | 0.095        | 0.359       | 0.898           | 0.13          | 0.15         | 0.0804   | 9.1           | 9.1              |
| Lampa       | 23      | 152.4     | 0.226           | 672.9      | 670.4           | 0.004         | 0.170        | 0.311       | 0.643           | 0.21          | 0.16         | 0.1062   | 8.4           | 8.4              |
| Mañazo      | 3       | 193.5     | 0.277           | 697.6      | 667.7           | 0.010         | 0.079        | 0.981       |                 | 0.24          |              |          |               |                  |
| Muñani      | 22      | 131.4     | 0.210           | 626.8      | 616.0           | 0.014         | 0.142        | 0.335       | 0.737           | 0.27          | 0.19         | 0.0992   | 8.6           | 8.6              |
| Pucara      | 9       | 97.2      | 0.138           | 706.9      | 724.5           | 0.007         | 0.077        | 0.503       | 0.837           | 0.16          | 0.08         | 0.0598   | 9.5           | 9.5              |
| Putina      | 19      | 127.0     | 0.199           | 637.5      | 640.8           | -0.015        | 0.101        | 0.035       | 0.858           | 0.19          | 0.11         | 0.0560   | 9.5           | 9.5              |
| Taraco_Perú | 22      | 104.4     | 0.196           | 533.9      | 527.6           | 0.007         | 0.145        | 0.007       | 0.667           | 0.22          | 0.15         | 0.0769   | 9.2           | 9.2              |
| Umayo       | 4       | 136.3     | 0.225           | 606.8      | 595.9           | 0.098         | 0.153        |             | 0.810           | 0.24          | 0.14         | 0.0813   | 9.1           | 9.1              |

*Fuente:* Elaboración propia

Este es uno de los grupos más sólido en la región, la *tabla 3.28* y la *figura 3.44* muestran que no hay razón de eliminar ninguna estación.

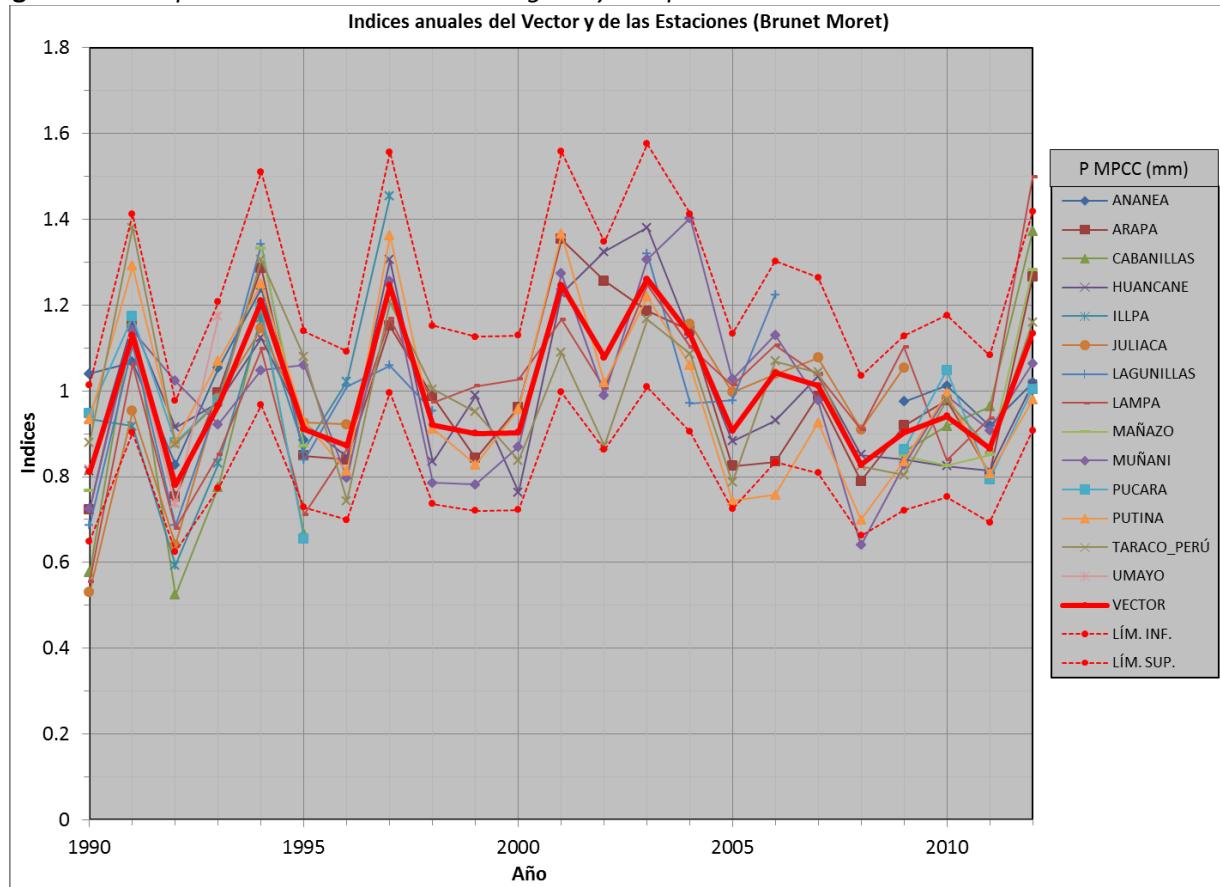
**Figura 3.44** Grupo G – Vector con datos originales, periodo 1990-2012

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 3.29** Grupo G – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012

| <b>Id Estación</b> | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Ananea             | 10      | 68.8      | 0.113           | 607.5      | 605.3           | 0.038         | 0.097        | 1.000       | 0.763           | 0.19          | 0.08         | 0.0694   | 9.3           | 4.5              |
| Arapa              | 23      | 123.4     | 0.192           | 642.8      | 645.9           | -0.005        | 0.084        | 0.541       | 0.900           | 0.18          | 0.11         | 0.0580   | 9.5           | 8.6              |
| Cabanillas         | 10      | 196.3     | 0.308           | 636.9      | 708.1           | -0.066        | 0.170        | 0.221       | 0.879           | 0.31          | 0.23         | 0.1401   | 7.5           | 7.1              |
| Huancane           | 23      | 119.5     | 0.184           | 649.0      | 651.6           | -0.004        | 0.091        | 0.430       | 0.864           | 0.24          | 0.12         | 0.0614   | 9.4           | 9.4              |
| Illpa              | 8       | 143.4     | 0.261           | 548.7      | 563.8           | -0.018        | 0.151        | 0.018       | 0.779           | 0.09          | 0.11         | 0.0597   | 9.5           | 9.4              |
| Juliacá            | 13      | 110.3     | 0.191           | 578.3      | 609.5           | -0.013        | 0.117        | 0.081       | 0.742           | 0.12          | 0.07         | 0.0625   | 9.4           | 9.4              |
| Lagunillas         | 13      | 127.8     | 0.204           | 626.8      | 619.7           | -0.003        | 0.114        | 0.992       | 0.816           | 0.21          | 0.18         | 0.0917   | 8.8           | 8.8              |
| Lampa              | 23      | 133.3     | 0.200           | 666.8      | 668.0           | -0.002        | 0.133        | 0.158       | 0.733           | 0.26          | 0.16         | 0.0728   | 9.2           | 9.2              |
| Mañazo             | 7       | 145.0     | 0.242           | 599.2      | 618.5           | 0.001         | 0.090        | 0.362       | 0.974           | 0.10          | 0.16         | 0.0753   | 9.2           | 9.2              |
| Muñani             | 23      | 121.2     | 0.197           | 616.1      | 617.5           | -0.002        | 0.117        | 0.567       | 0.794           | 0.24          | 0.16         | 0.0828   | 9.0           | 9.0              |
| Pucara             | 10      | 118.7     | 0.174           | 683.1      | 716.4           | -0.012        | 0.115        | 0.384       | 0.706           | 0.21          | 0.17         | 0.0889   | 8.9           | 8.9              |
| Putina             | 23      | 123.4     | 0.199           | 619.3      | 629.2           | -0.016        | 0.111        | 0.005       | 0.824           | 0.14          | 0.12         | 0.0558   | 9.5           | 9.5              |
| Taraco_Perú        | 23      | 90.5      | 0.170           | 531.8      | 532.1           | -0.001        | 0.105        | 0.004       | 0.783           | 0.19          | 0.11         | 0.0510   | 9.6           | 9.6              |
| Umayo              | 4       | 136.3     | 0.225           | 606.8      | 631.6           | 0.039         | 0.106        |             |                 | 0.855         | 0.13         | 0.0746   | 9.2           | 9.2              |

*Fuente:* Elaboración propia

El grupo regional final presentado, tiene 14 estaciones de las cuales 2 están clausuradas y 12 se encuentran en funcionamiento.

**Figura 3.45** Grupo G – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012

*Fuente:* Elaboración propia

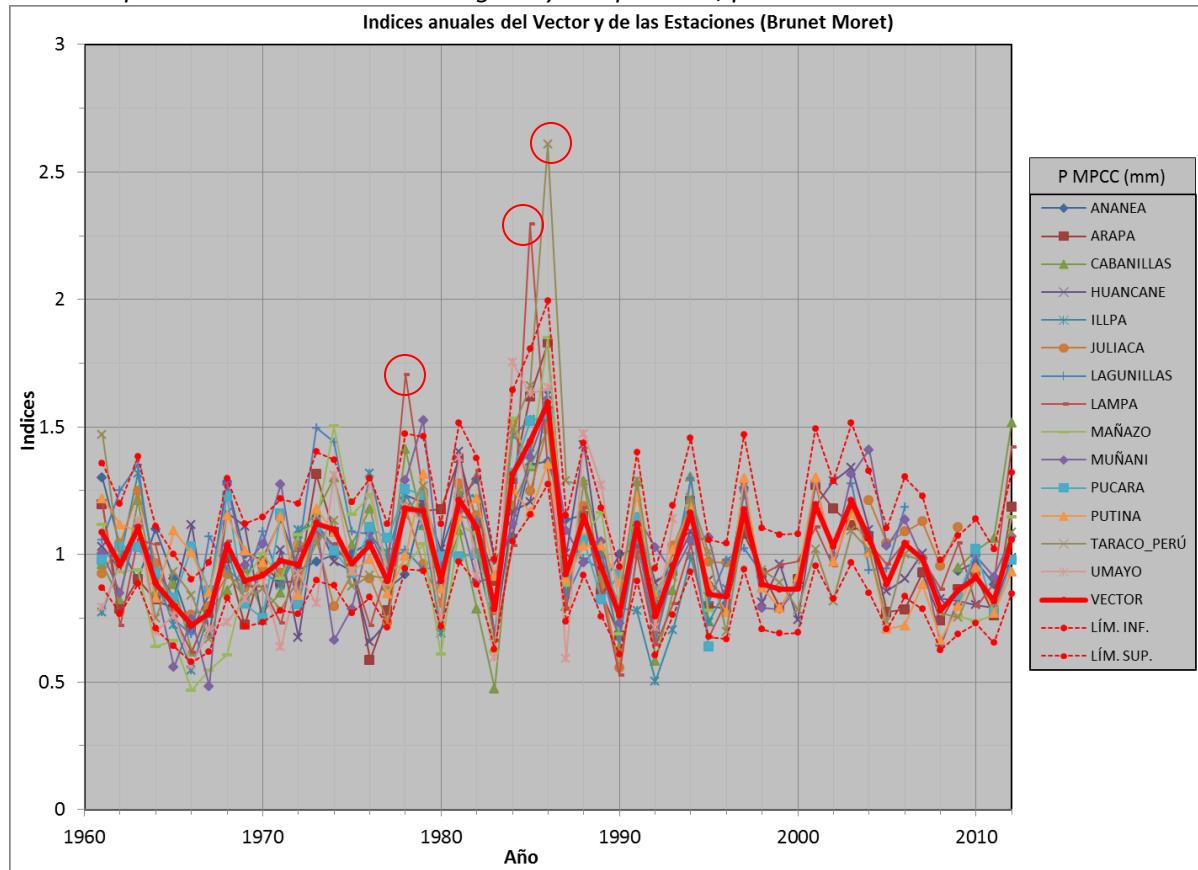
El VR con los datos corregidos y completados considerando el periodo completo de 1961 a 2012 (*Tabla 3.30*), muestran un grupo regional bastante homogéneo, pero la *figura 3.46* nos evidencia que se debe hacer unas cuantas correcciones para el periodo 1960-90, que podrían mejorar aún más el vector.

**Tabla 3.30** Grupo G – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012

| Id Estación | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|-------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Ananea      | 39      | 99.3      | 0.153           | 650.2      | 630.4           | 0.027         | 0.135        | 0.477       | 0.716           | 0.31          | 0.15         | 0.0742   | 9.2           | 8.6              |
| Arapa       | 52      | 166.8     | 0.246           | 678.4      | 688.5           | -0.015        | 0.122        | 0.222       | 0.873           | 0.22          | 0.14         | 0.0696   | 9.3           | 9.3              |
| Cabanillas  | 39      | 163.3     | 0.255           | 640.6      | 640.4           | -0.005        | 0.157        | 0.134       | 0.782           | 0.26          | 0.20         | 0.1012   | 8.6           | 8.6              |
| Huancane    | 52      | 142.8     | 0.213           | 670.0      | 671.0           | -0.002        | 0.137        | 0.427       | 0.765           | 0.26          | 0.20         | 0.0974   | 8.7           | 8.7              |
| Illpa       | 37      | 171.1     | 0.260           | 658.3      | 665.3           | -0.026        | 0.139        | 0.051       | 0.849           | 0.24          | 0.13         | 0.0810   | 9.1           | 9.1              |
| Juliaca     | 42      | 117.4     | 0.202           | 581.2      | 581.4           | 0.000         | 0.124        | 0.002       | 0.794           | 0.26          | 0.12         | 0.0702   | 9.3           | 9.3              |
| Lagunillas  | 42      | 145.9     | 0.219           | 666.0      | 640.6           | 0.024         | 0.141        | 0.032       | 0.788           | 0.26          | 0.16         | 0.0824   | 9.0           | 9.0              |
| Lampa       | 52      | 200.7     | 0.287           | 700.2      | 704.7           | -0.006        | 0.192        | 0.676       | 0.741           | 0.27          | 0.22         | 0.1121   | 8.3           | 8.3              |
| Mañazo      | 36      | 207.7     | 0.308           | 674.5      | 692.8           | -0.037        | 0.175        | 0.124       | 0.838           | 0.23          | 0.23         | 0.1100   | 8.3           | 8.3              |
| Muñani      | 52      | 141.6     | 0.228           | 621.1      | 614.3           | 0.011         | 0.155        | 0.633       | 0.737           | 0.29          | 0.25         | 0.1250   | 7.9           | 7.9              |
| Pucara      | 39      | 144.3     | 0.194           | 743.8      | 736.5           | 0.005         | 0.115        | 0.696       | 0.819           | 0.25          | 0.17         | 0.0903   | 8.8           | 8.8              |
| Putina      | 52      | 115.3     | 0.174           | 662.4      | 661.2           | 0.002         | 0.126        | 0.096       | 0.741           | 0.22          | 0.14         | 0.0689   | 9.3           | 9.3              |
| Taraco_Perú | 52      | 177.0     | 0.306           | 578.3      | 568.8           | 0.017         | 0.188        | 0.021       | 0.837           | 0.25          | 0.12         | 0.0640   | 9.4           | 9.4              |
| Umayo       | 33      | 212.2     | 0.327           | 649.4      | 650.7           | -0.018        | 0.197        | 0.128       | 0.820           | 0.42          | 0.27         | 0.1384   | 7.5           | 7.5              |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.46** Grupo G – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012

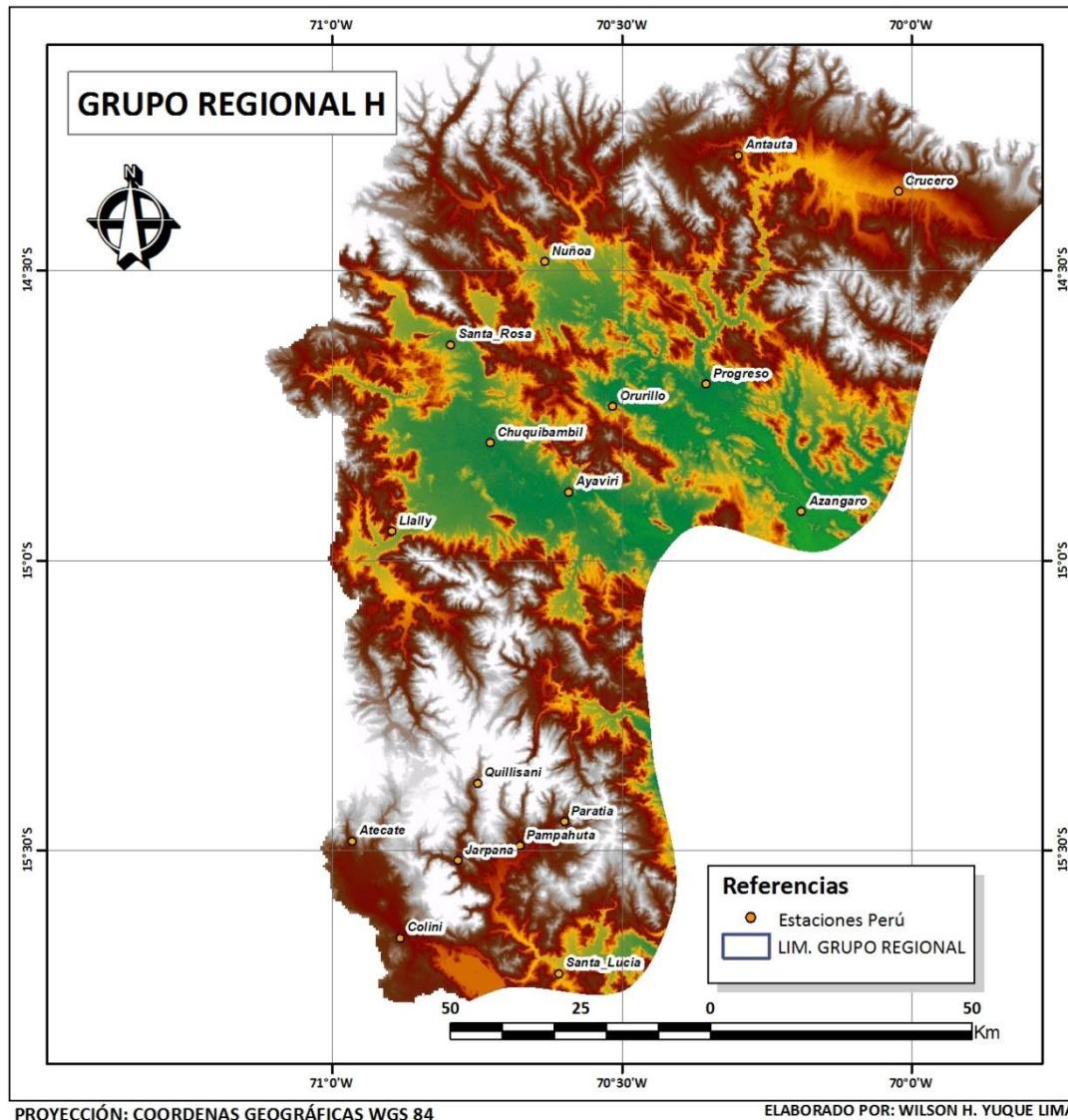


Fuente: Elaboración propia

### 3.2.4.8 GRUPO REGIONAL H

El grupo está ubicado en el extremo Noroeste del sistema TDPS, como se observa en la figura 3.47.

**Figura 3.47** Ubicación de las estaciones meteorológicas del Grupo Regional H



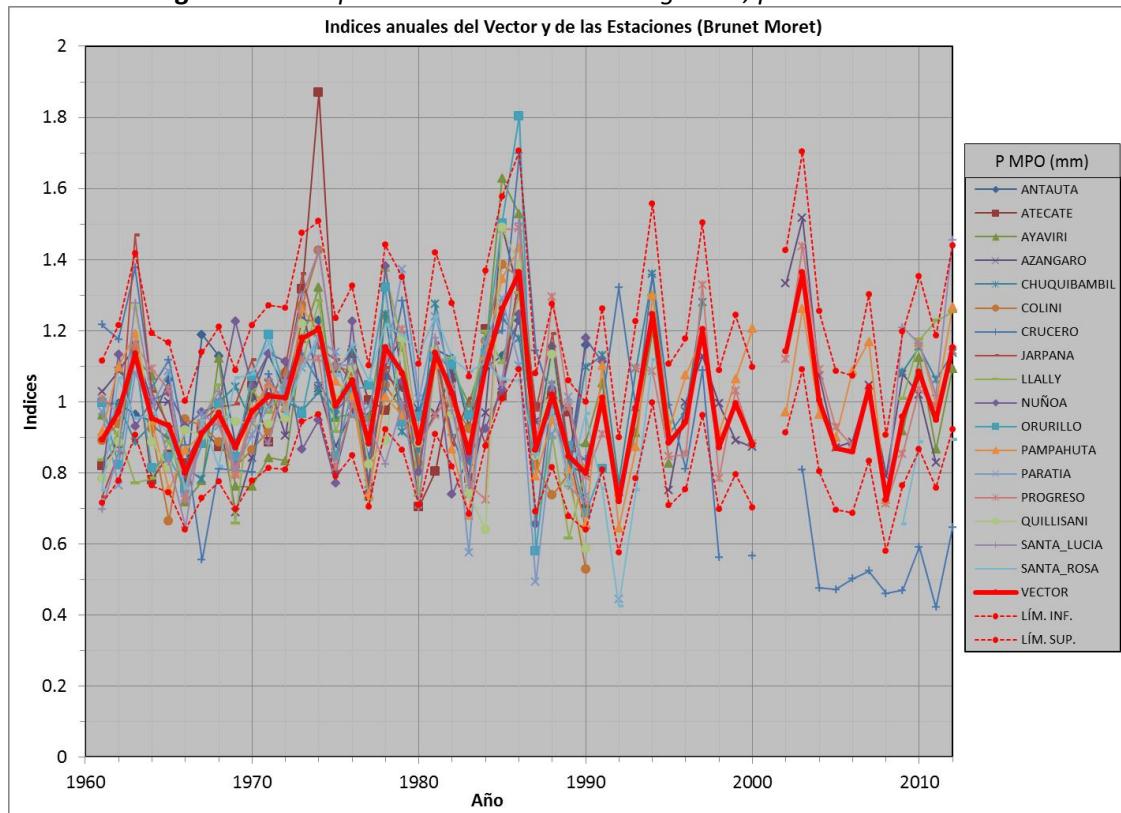
La configuración de este grupo se inició con 17 estaciones (figura 3.47). Los resultados de la primera corrida del VR, para el periodo de 1961 a 2012 con los datos originales, se muestran en la tabla 3.31 y figura 3.48.

**Tabla 3.31 Grupo H – Vector con datos originales, periodo 1960-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Antauta      | 30      | 81.2      | 0.122           | 662.9      | 639.8           | 0.032         | 0.121        | 0.307       | 0.607           | 0.22          | 0.13         | 0.0656   | 9.4           | 8.2              |
| Atecate      | 30      | 188.4     | 0.232           | 811.1      | 811.4           | -0.005        | 0.170        | 0.168       | 0.669           | 0.25          | 0.20         | 0.0974   | 8.7           | 8.6              |
| Ayaviri      | 39      | 136.6     | 0.201           | 680.3      | 675.5           | 0.004         | 0.109        | 0.007       | 0.854           | 0.19          | 0.11         | 0.0559   | 9.5           | 9.5              |
| Azangaro     | 46      | 106.2     | 0.182           | 583.2      | 586.3           | -0.003        | 0.100        | 0.076       | 0.830           | 0.24          | 0.15         | 0.0766   | 9.2           | 9.2              |
| Chuquibambil | 41      | 101.6     | 0.150           | 679.1      | 671.7           | 0.005         | 0.108        | 0.032       | 0.725           | 0.23          | 0.15         | 0.0726   | 9.2           | 9.2              |
| Colini       | 30      | 154.5     | 0.211           | 731.1      | 745.5           | -0.024        | 0.117        | 0.197       | 0.842           | 0.21          | 0.10         | 0.0530   | 9.6           | 9.6              |
| Crucero      | 49      | 260.3     | 0.314           | 829.3      | 904.8           | -0.081        | 0.271        | 0.000       | 0.431           | 0.27          | 0.21         | 0.1021   | 8.6           | 8.6              |
| Jarpana      | 30      | 139.3     | 0.183           | 760.3      | 751.1           | 0.008         | 0.126        | 0.231       | 0.723           | 0.21          | 0.15         | 0.0748   | 9.2           | 9.2              |
| Llally       | 36      | 161.2     | 0.206           | 782.3      | 788.5           | -0.019        | 0.131        | 0.567       | 0.770           | 0.24          | 0.17         | 0.0871   | 8.9           | 8.9              |
| Nuñoa        | 31      | 126.4     | 0.177           | 713.0      | 718.6           | -0.012        | 0.176        | 0.095       | 0.373           | 0.33          | 0.26         | 0.1323   | 7.7           | 7.7              |
| Orurillo     | 31      | 164.4     | 0.236           | 697.6      | 692.5           | 0.003         | 0.146        | 0.251       | 0.817           | 0.24          | 0.17         | 0.0843   | 9.0           | 9.0              |
| Pampahuta    | 50      | 146.3     | 0.184           | 795.6      | 793.0           | 0.002         | 0.103        | 0.024       | 0.827           | 0.20          | 0.14         | 0.0613   | 9.5           | 9.5              |
| Paratia      | 31      | 214.1     | 0.222           | 966.6      | 994.4           | -0.023        | 0.147        | 0.180       | 0.728           | 0.26          | 0.25         | 0.1250   | 7.9           | 7.9              |
| Progreso     | 50      | 114.3     | 0.184           | 621.4      | 618.6           | -0.001        | 0.107        | 0.512       | 0.811           | 0.20          | 0.14         | 0.0626   | 9.4           | 9.4              |
| Quillisaní   | 30      | 180.2     | 0.213           | 845.3      | 868.4           | -0.031        | 0.131        | 0.846       | 0.790           | 0.26          | 0.17         | 0.0847   | 9.0           | 9.0              |
| Santa_Lucia  | 35      | 140.5     | 0.224           | 627.3      | 628.7           | -0.002        | 0.134        | 0.455       | 0.813           | 0.21          | 0.17         | 0.0818   | 9.0           | 9.0              |
| Santa_Rosa   | 37      | 184.1     | 0.184           | 1001.5     | 1021.5          | -0.027        | 0.161        | 0.000       | 0.527           | 0.25          | 0.17         | 0.0994   | 8.6           | 8.6              |

Fuente: Elaboración propia

De este grupo se elimino la estación de Nuñoa ,que claramente se observa en la tabla 3.31, que no es homogénea al grupo. La estación de Crucero presenta algún tipo de error observado en la figura 3.48.

**Figura 3.48 Grupo H – Vector con datos originales, periodo 1960-2012**


Fuente: Elaboración propia

Con la segunda corrida del VR para el periodo 1990-2012 con datos originales (*tabla 3.32*), se eliminaron por falta de datos las siguientes estaciones: Antauta, Atecate, Colini, Jarpana, Orurillo, Paratia y Quillisaní.

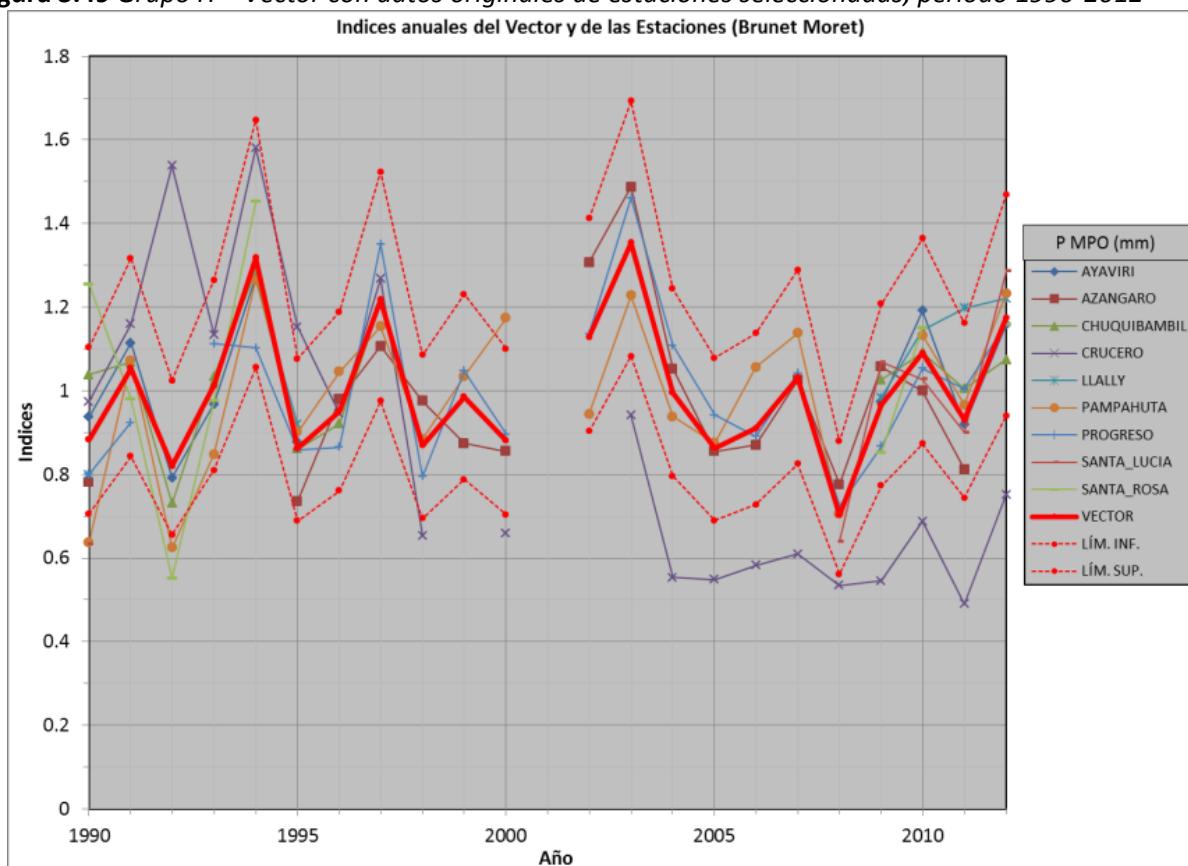
**Tabla 3.32 Grupo H – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Ayaviri      | 10      | 98.8      | 0.152           | 650.0      | 637.0           | 0.009         | 0.047        | 0.341       | 0.950           | 0.13          | 0.07         | 0.0367   | 9.8           | 4.7              |
| Azangaro     | 17      | 117.3     | 0.202           | 581.9      | 597.8           | -0.004        | 0.095        | 0.081       | 0.871           | 0.18          | 0.15         | 0.0736   | 9.2           | 7.8              |
| Chuquibambil | 12      | 104.1     | 0.142           | 730.5      | 709.8           | 0.006         | 0.067        | 0.794       | 0.892           | 0.15          | 0.11         | 0.0508   | 9.6           | 9.0              |
| Crucero      | 20      | 265.4     | 0.395           | 672.8      | 777.1           | -0.128        | 0.338        | 0.000       | 0.364           | 0.29          | 0.21         | 0.1096   | 8.4           | 8.2              |
| Llally       | 7       | 142.9     | 0.164           | 870.0      | 808.4           | 0.044         | 0.113        | 0.211       | 0.788           | 0.12          | 0.15         | 0.0534   | 9.6           | 9.5              |
| Pampahuta    | 21      | 153.1     | 0.189           | 809.4      | 815.0           | -0.008        | 0.124        | 0.358       | 0.750           | 0.16          | 0.12         | 0.0613   | 9.5           | 9.4              |
| Progreso     | 21      | 111.2     | 0.181           | 613.1      | 608.9           | -0.002        | 0.088        | 0.140       | 0.870           | 0.20          | 0.15         | 0.0677   | 9.3           | 9.3              |
| Santa_Lucia  | 6       | 182.3     | 0.277           | 658.5      | 711.1           | -0.032        | 0.125        | 0.742       | 0.891           | 0.06          | 0.15         | 0.0752   | 9.2           | 9.2              |
| Santa_Rosa   | 8       | 215.0     | 0.261           | 823.4      | 786.4           | 0.007         | 0.177        | 0.570       | 0.738           | 0.25          | 0.22         | 0.1545   | 7.0           | 7.0              |

Fuente: Elaboración propia

Existe el problema que no se generó el vector del año 2001 (*figura 3.49*), porque no existen datos de 3 estaciones para ese año. La *figura 3.49* nos muestra que el registro de Crucero de 1992 es totalmente contrario al comportamiento del grupo; además, se evidencia con mayor claridad que algo ocurre con los datos apartir de 1998 de la misma estación.

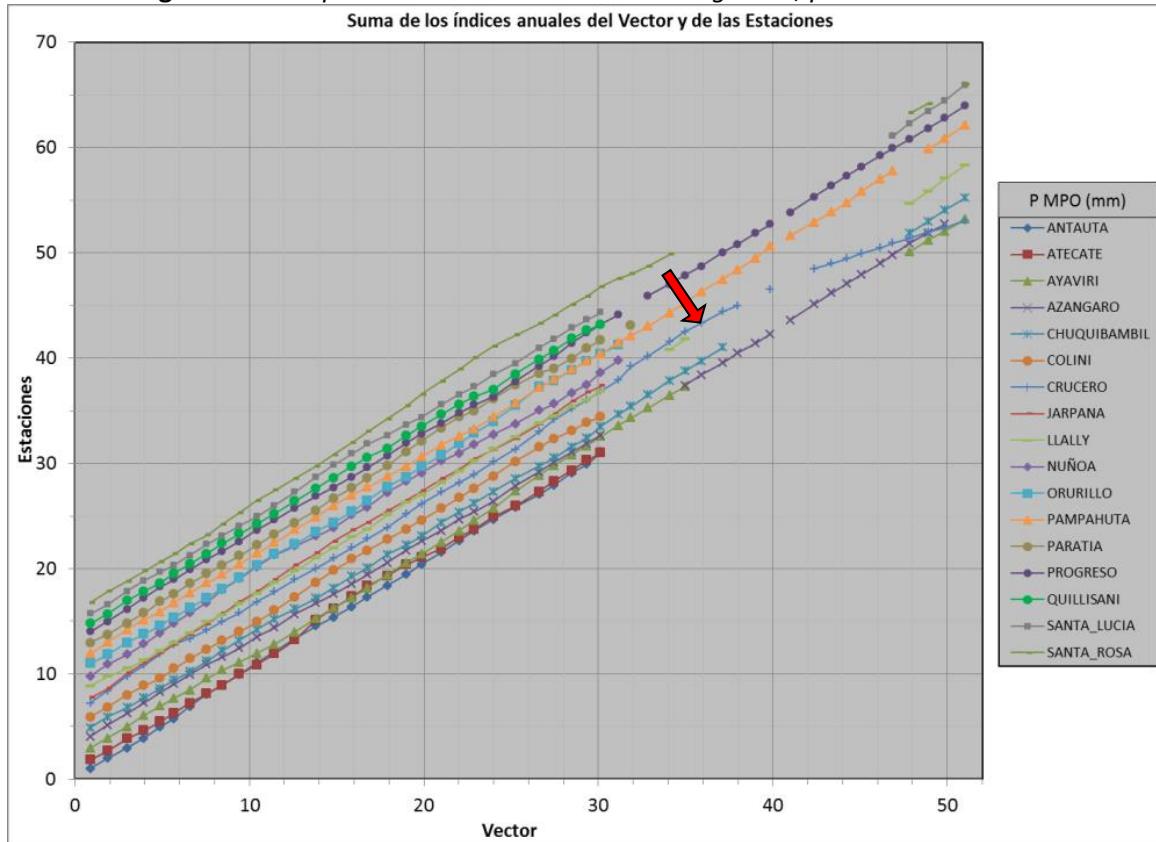
**Figura 3.49 Grupo H – Vector con datos originales de estaciones seleccionadas, periodo 1990-2012**



Fuente: Elaboración propia

Revisando el reporte del informe de 1993 (Intecsa et al 1993b), se encontró un factor de corrección que usaron en un periodo anterior de 1965 indicando que se trataba de un error sistemático de origen desconocido, este factor tenía el valor de 1.84. Para poder ver la tendencia de esta estación se corrió nuevamente el vector del grupo en el periodo completo de 1960 a 2012 (*figura 3.50*), evidenciándose un quiebre en el gráfico de acumuladas a partir del año 38 que corresponde al año 1998.

**Figura 3.50 Grupo H – Acumuladas con datos originales, periodo 1961-2012**



Fuente: Elaboración propia

Los resultados finales de la corrida del VR mostrados en la *tabla 3.33* y la *figura 3.51*, nos evidencian que tenemos un grupo regional bastante homogéneo. Este grupo regional tiene 9 estaciones (1 clausuradas y 9 en funcionamiento).

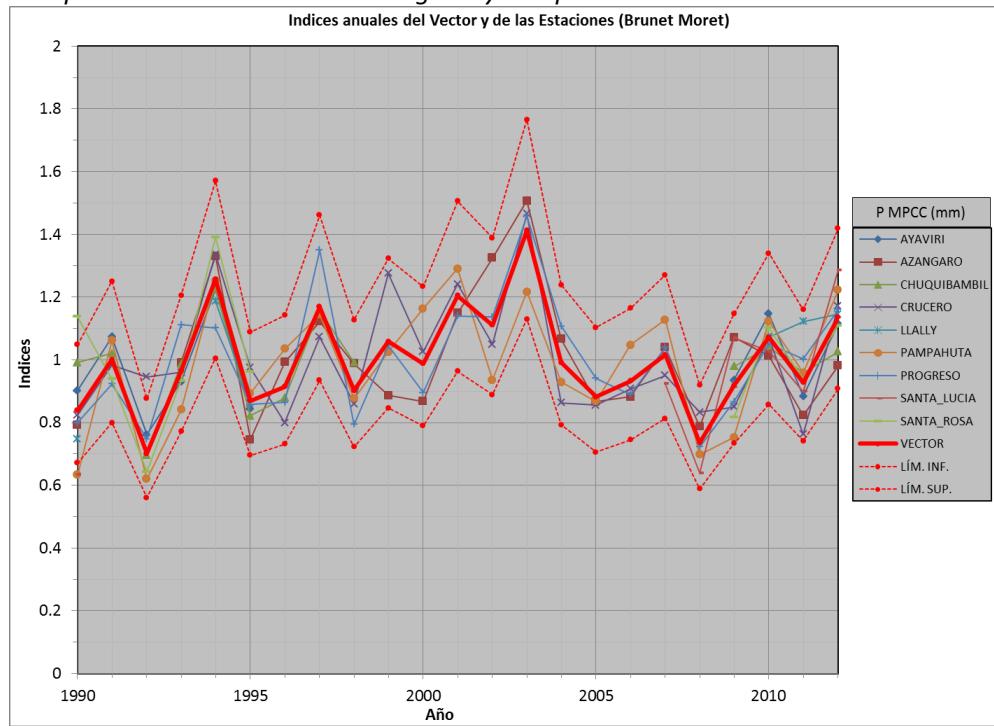
**Tabla 3.33 Grupo H – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Ayaviri      | 10      | 98.8      | 0.152 | 650.0      | 662.1           | 0.013         | 0.049        | 0.390       | 0.949           | 0.13          | 0.08         | 0.0417   | 9.7           | 4.7              |
| Azangaro     | 21      | 115.4     | 0.194 | 596.1      | 589.7           | -0.003        | 0.101        | 0.451       | 0.850           | 0.25          | 0.14         | 0.0742   | 9.2           | 8.2              |
| Chuquibambil | 13      | 99.7      | 0.136 | 731.0      | 743.8           | 0.008         | 0.065        | 0.734       | 0.896           | 0.17          | 0.08         | 0.0424   | 9.7           | 9.3              |
| Crucero      | 23      | 170.8     | 0.185 | 921.5      | 918.4           | 0.003         | 0.099        | 0.496       | 0.842           | 0.24          | 0.17         | 0.0883   | 8.9           | 8.8              |
| Llally       | 7       | 142.9     | 0.164 | 870.0      | 862.7           | 0.006         | 0.085        | 0.194       | 0.838           | 0.11          | 0.08         | 0.0217   | 9.9           | 9.9              |
| Pampahuta    | 23      | 160.7     | 0.198 | 812.1      | 822.3           | -0.012        | 0.107        | 0.841       | 0.832           | 0.19          | 0.12         | 0.0728   | 9.2           | 9.2              |
| Progreso     | 23      | 112.5     | 0.184 | 609.9      | 609.7           | 0.000         | 0.080        | 0.892       | 0.897           | 0.14          | 0.11         | 0.0470   | 9.7           | 9.7              |
| Santa_Lucia  | 7       | 166.4     | 0.253 | 658.3      | 711.5           | -0.024        | 0.124        | 0.599       | 0.875           | 0.18          | 0.17         | 0.0818   | 9.0           | 9.0              |
| Santa_Rosa   | 10      | 166.2     | 0.203 | 818.8      | 821.3           | 0.029         | 0.116        | 0.865       | 0.809           | 0.18          | 0.15         | 0.0899   | 8.9           | 8.9              |

Fuente: Elaboración propia

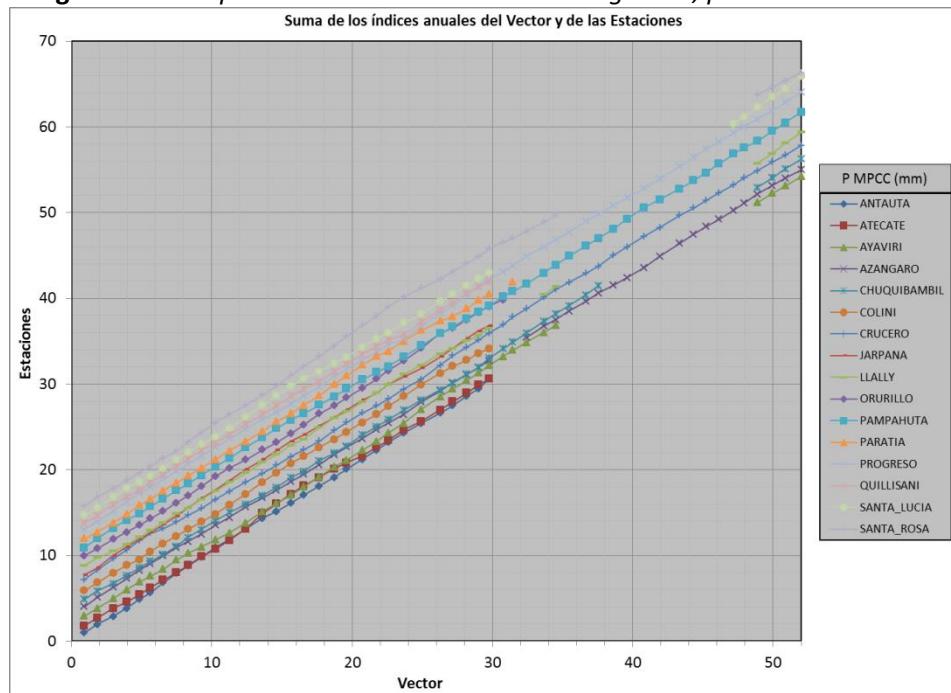
Como se observa (*figura 3.51*) el vector ya tiene evaluado el año 2001 producto de un relleno que hizo en los datos originales. La estación de Crucero tiene un registro total de 52 años lo que se hizo para salvar sus datos a partir del año 1998 fue multiplicar los datos mensuales por el factor de 1.84, corrigiéndose hací el quiebre que presentaba (ver *figura 3.52*).

**Figura 3.51 Grupo H – Vector con datos corregidos y completados de estaciones seleccionadas 1990-2012**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.52 Grupo H – Acumuladas con datos originales, periodo 1961-2012**



Fuente: Elaboración propia

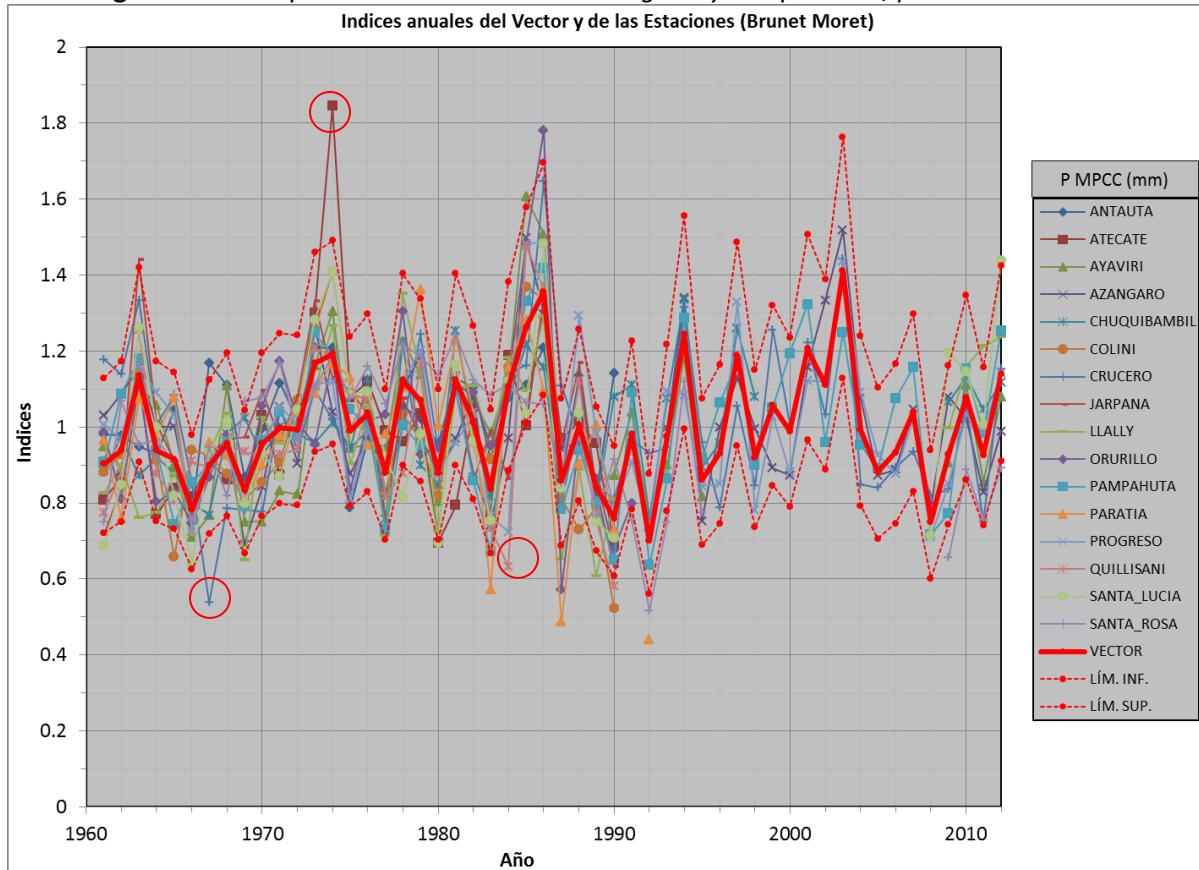
Una corregida final del VR con los datos corregidos y completados considerando el periodo completo de 1961 a 2012 (*Tabla 3.34*), muestran un grupo homogéneo que debe ser aún corregido en el periodo 1960-90 como lo muestra la *figura 3.53* para las estaciones de Antauta, Atecate, Chuquibambilla, Paratia y Crucero principalmente.

**Tabla 3.34** Grupo H – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012

| Id Estación  | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | Media Obs. | Media Calculada | Media Desvíos | D.E. Desvíos | Homog. B.M. | Correl. /Vector | Lin. a priori | Lin. a post. | Proporc. | Calidad (/10) | Evaluación (/10) |
|--------------|---------|-----------|-----------------|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|----------|---------------|------------------|
| Antauta      | 30      | 81.2      | 0.122           | 662.9      | 650.4           | 0.027         | 0.124        | 0.272       | 0.588           | 0.22          | 0.13         | 0.0660   | 9.4           | 8.2              |
| Atecate      | 30      | 188.4     | 0.232           | 811.1      | 822.0           | -0.005        | 0.167        | 0.143       | 0.676           | 0.26          | 0.19         | 0.0877   | 8.9           | 8.8              |
| Ayaviri      | 39      | 136.6     | 0.201           | 680.3      | 684.1           | 0.005         | 0.104        | 0.009       | 0.859           | 0.19          | 0.12         | 0.0586   | 9.5           | 9.5              |
| Azangaro     | 50      | 106.4     | 0.181           | 589.1      | 585.4           | 0.000         | 0.099        | 0.574       | 0.834           | 0.23          | 0.16         | 0.0786   | 9.1           | 9.1              |
| Chuquibambil | 42      | 100.8     | 0.148           | 680.4      | 683.1           | 0.005         | 0.114        | 0.025       | 0.687           | 0.23          | 0.16         | 0.0823   | 9.0           | 9.0              |
| Colini       | 30      | 154.5     | 0.211           | 731.1      | 753.5           | -0.022        | 0.112        | 0.171       | 0.854           | 0.21          | 0.11         | 0.0580   | 9.5           | 9.5              |
| Crucero      | 52      | 184.3     | 0.198           | 930.3      | 933.4           | -0.003        | 0.132        | 0.315       | 0.737           | 0.24          | 0.18         | 0.0889   | 8.9           | 8.9              |
| Jarpana      | 30      | 139.3     | 0.183           | 760.3      | 765.9           | 0.001         | 0.126        | 0.165       | 0.716           | 0.25          | 0.14         | 0.0715   | 9.3           | 9.3              |
| Llally       | 36      | 161.2     | 0.206           | 782.3      | 798.2           | -0.018        | 0.133        | 0.598       | 0.751           | 0.23          | 0.18         | 0.0922   | 8.8           | 8.8              |
| Orurillo     | 31      | 164.4     | 0.236           | 697.6      | 701.3           | 0.003         | 0.141        | 0.300       | 0.822           | 0.24          | 0.16         | 0.0834   | 9.0           | 9.0              |
| Pampahuta    | 52      | 150.2     | 0.188           | 797.3      | 801.4           | -0.005        | 0.093        | 0.140       | 0.869           | 0.19          | 0.14         | 0.0604   | 9.5           | 9.5              |
| Paratia      | 31      | 214.1     | 0.222           | 966.6      | 1000.9          | -0.017        | 0.142        | 0.145       | 0.744           | 0.26          | 0.23         | 0.1120   | 8.3           | 8.3              |
| Progreso     | 52      | 114.8     | 0.185           | 619.6      | 619.5           | 0.000         | 0.108        | 0.690       | 0.809           | 0.20          | 0.11         | 0.0547   | 9.6           | 9.6              |
| Quillisaní   | 30      | 180.2     | 0.213           | 845.3      | 877.7           | -0.029        | 0.129        | 0.747       | 0.788           | 0.26          | 0.14         | 0.0718   | 9.3           | 9.3              |
| Santa_Lucía  | 36      | 138.5     | 0.221           | 628.1      | 636.6           | -0.003        | 0.130        | 0.385       | 0.814           | 0.24          | 0.17         | 0.0858   | 9.0           | 9.0              |
| Santa_Rosa   | 39      | 179.2     | 0.181           | 991.2      | 1020.6          | -0.018        | 0.156        | 0.000       | 0.536           | 0.21          | 0.15         | 0.0863   | 8.9           | 8.9              |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.53** Grupo H – Vector con datos corregidos y completados, periodo 1961-2012



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.5 Resumen de Grupos Regionales determinados por el análisis de consistencia “VR”

Tabla 3.35 Grupos Regionales Finales del sistema TDPS periodo 1990 - 2012

| Nº      | Id Estación     | No   | Precipitación Media |           | Media   | D.E.    | Coef.       |
|---------|-----------------|------|---------------------|-----------|---------|---------|-------------|
|         |                 | Años | Observada           | Calculada | Desvíos | Desvíos | Correlación |
| Grupo A | 1 Ayo_Ayo       | 23   | 376.2               | 381.0     | -0.012  | 0.141   | 0.719       |
|         | 2 Cabaña_Fores  | 8    | 412.5               | 414.7     | -0.022  | 0.120   | 0.874       |
|         | 3 Calamarca     | 11   | 352.3               | 354.8     | 0.011   | 0.117   | 0.730       |
|         | 4 Challapata_T  | 9    | 318.2               | 321.3     | 0.023   | 0.071   | 0.772       |
|         | 5 Chillca       | 11   | 427.4               | 410.0     | -0.017  | 0.125   | 0.767       |
|         | 6 Choquekota    | 11   | 631.7               | 638.1     | -0.043  | 0.160   | 0.809       |
|         | 7 Conchamarca   | 21   | 458.1               | 461.0     | -0.024  | 0.144   | 0.702       |
|         | 8 Eucaliptus    | 5    | 460.4               | 436.3     | 0.023   | 0.115   | 0.732       |
|         | 9 Huaraco       | 12   | 356.3               | 358.6     | -0.037  | 0.136   | 0.910       |
|         | 10 Huayllamarca | 19   | 380.3               | 384.5     | -0.010  | 0.147   | 0.894       |
|         | 11 Llallagua    | 8    | 572.8               | 606.0     | 0.010   | 0.095   | 0.766       |
|         | 12 Oruro_Aeropu | 22   | 406.1               | 412.1     | -0.001  | 0.128   | 0.759       |
|         | 13 Patacamaya   | 23   | 371.7               | 375.1     | -0.009  | 0.141   | 0.672       |
|         | 14 Pazña        | 9    | 409.2               | 389.9     | -0.007  | 0.151   | 0.774       |
|         | 15 Poroma_lp    | 7    | 513.8               | 486.5     | -0.016  | 0.142   | 0.889       |
|         | 16 Puchuni      | 13   | 356.6               | 347.8     | 0.007   | 0.114   | 0.774       |
|         | 17 Salla        | 21   | 394.4               | 388.6     | -0.003  | 0.129   | 0.791       |
|         | 18 San_Jose_Alt | 23   | 282.0               | 291.2     | -0.032  | 0.165   | 0.781       |
|         | 19 Sica_Sica    | 9    | 458.7               | 448.5     | -0.010  | 0.127   | 0.865       |
|         | 20 Turco        | 5    | 380.2               | 391.5     | 0.033   | 0.127   | 0.760       |
| Grupo B | 1 Capazo        | 18   | 481.5               | 491.3     | 0.031   | 0.183   | 0.750       |
|         | 2 Caquena       | 13   | 403.1               | 411.9     | -0.009  | 0.167   | 0.914       |
|         | 3 Challapalca   | 23   | 373.4               | 392.9     | -0.050  | 0.188   | 0.801       |
|         | 4 Charaña       | 16   | 247.3               | 245.1     | 0.033   | 0.113   | 0.936       |
|         | 5 Chuopalca     | 23   | 399.8               | 408.1     | -0.020  | 0.145   | 0.882       |
|         | 6 Corque        | 9    | 335.5               | 379.3     | 0.029   | 0.211   | 0.804       |
|         | 7 Cosapa        | 9    | 361.8               | 356.4     | -0.039  | 0.192   | 0.896       |
|         | 8 Paucarani     | 23   | 353.0               | 358.5     | -0.015  | 0.161   | 0.858       |
|         | 9 Quillacas     | 12   | 291.8               | 267.3     | 0.021   | 0.223   | 0.713       |
|         | 10 San_Martin   | 15   | 254.5               | 261.3     | 0.032   | 0.180   | 0.818       |
|         | 11 Sepulturas   | 13   | 315.7               | 342.6     | -0.060  | 0.169   | 0.952       |
|         | 12 Todo_Santos_ | 18   | 226.6               | 225.1     | 0.006   | 0.219   | 0.865       |
|         | 13 Ucumasi_h    | 10   | 376.6               | 363.4     | 0.007   | 0.199   | 0.722       |
|         | 14 Vilacota     | 18   | 393.5               | 409.0     | -0.034  | 0.138   | 0.891       |
|         | 15 Visviri      | 16   | 259.7               | 273.9     | -0.028  | 0.173   | 0.883       |
| Grupo C | 1 Achiri        | 21   | 464.1               | 476.4     | -0.032  | 0.115   | 0.917       |
|         | 2 Calacoto      | 23   | 436.8               | 437.7     | -0.002  | 0.088   | 0.902       |
|         | 3 Irpa_Chico    | 9    | 292.6               | 280.2     | 0.069   | 0.152   | 0.628       |
|         | 4 Mazo_Cruz     | 23   | 506.9               | 521.2     | -0.027  | 0.155   | 0.810       |
|         | 5 Pizacoma      | 10   | 536.2               | 589.6     | -0.071  | 0.198   | 0.829       |
|         | 6 San_Andres_D  | 13   | 558.0               | 553.1     | 0.002   | 0.086   | 0.885       |
|         | 7 Santiago_Mac  | 23   | 423.9               | 422.3     | 0.004   | 0.121   | 0.836       |
|         | 8 Tambillo_LP   | 11   | 449.9               | 413.5     | 0.040   | 0.106   | 0.828       |
|         | 9 Tiahuanacu    | 22   | 444.0               | 442.6     | 0.009   | 0.126   | 0.795       |

Tratamiento y análisis de datos climáticos del Sistema TDPS

| Nº             | Id Estación     | No   | Precipitación Media |           | Media   | D.E.    | Coef.       |
|----------------|-----------------|------|---------------------|-----------|---------|---------|-------------|
|                |                 | Años | Observada           | Calculada | Desvíos | Desvíos | Correlación |
| <b>Grupo D</b> | 1 Alto_Achachi  | 20   | 525.1               | 515.7     | -0.001  | 0.102   | 0.789       |
|                | 2 Alto_Lima     | 5    | 639.9               | 610.5     | -0.002  | 0.084   | 0.995       |
|                | 3 Chacaltaya    | 4    | 520.8               | 534.1     | 0.033   | 0.075   | 0.893       |
|                | 4 Chuñavi_Alto  | 11   | 618.6               | 607.8     | 0.005   | 0.093   | 0.844       |
|                | 5 Collana       | 23   | 514.2               | 525.1     | -0.021  | 0.104   | 0.868       |
|                | 6 El_Alto_Aero  | 23   | 611.6               | 609.5     | 0.003   | 0.066   | 0.895       |
|                | 7 El_Tejar      | 20   | 604.7               | 603.8     | 0.003   | 0.072   | 0.893       |
|                | 8 Hichucota     | 19   | 656.0               | 697.6     | -0.052  | 0.151   | 0.821       |
|                | 9 Huayrocondo   | 19   | 553.0               | 555.5     | -0.004  | 0.087   | 0.896       |
|                | 10 Laykacota    | 23   | 506.7               | 504.6     | 0.004   | 0.069   | 0.893       |
|                | 11 Milluni_EPSA | 7    | 504.3               | 551.9     | -0.067  | 0.190   | 0.617       |
|                | 12 Mina_Palcoco | 5    | 567.5               | 562.9     | 0.015   | 0.114   | 0.690       |
|                | 13 Pasankeri_   | 20   | 555.9               | 564.2     | -0.018  | 0.155   | 0.681       |
|                | 14 Peñas        | 13   | 651.0               | 659.5     | -0.021  | 0.133   | 0.894       |
|                | 15 Pucarani     | 9    | 526.1               | 514.6     | 0.000   | 0.113   | 0.889       |
|                | 16 Rio_Seco     | 13   | 603.6               | 596.0     | 0.004   | 0.088   | 0.838       |
|                | 17 San_Calixto  | 20   | 573.3               | 568.1     | 0.001   | 0.074   | 0.901       |
|                | 18 Tuni_EPSAS   | 10   | 580.7               | 544.2     | 0.015   | 0.067   | 0.938       |
|                | 19 Viacha       | 23   | 514.2               | 515.5     | -0.003  | 0.087   | 0.878       |
|                | 20 Villa_Adela  | 17   | 622.6               | 605.8     | 0.019   | 0.114   | 0.742       |
|                | 21 Villa_Copaca | 23   | 610.5               | 610.7     | 0.000   | 0.078   | 0.876       |
|                | 22 Vino_Tinto   | 22   | 595.4               | 595.5     | 0.003   | 0.059   | 0.927       |
| <b>Grupo E</b> | 1 Ancoraimes    | 23   | 533.7               | 544.5     | -0.020  | 0.118   | 0.819       |
|                | 2 Batallas      | 10   | 565.8               | 587.9     | 0.006   | 0.080   | 0.844       |
|                | 3 Belen         | 23   | 434.7               | 439.7     | -0.011  | 0.108   | 0.869       |
|                | 4 Carabuco      | 21   | 473.2               | 476.2     | -0.006  | 0.120   | 0.790       |
|                | 5 Chirapaca     | 20   | 540.5               | 544.0     | 0.000   | 0.081   | 0.921       |
|                | 6 Cojata        | 9    | 632.7               | 651.8     | 0.005   | 0.089   | 0.781       |
|                | 7 Corpaputo     | 13   | 668.4               | 665.8     | -0.011  | 0.117   | 0.889       |
|                | 8 Curupampa     | 3    | 889.4               | 896.6     | 0.009   | 0.060   | 0.992       |
|                | 9 Huarina_Cota  | 21   | 553.1               | 552.2     | 0.003   | 0.089   | 0.883       |
|                | 10 Puerto_Acost | 13   | 582.6               | 569.5     | -0.006  | 0.087   | 0.962       |
|                | 11 Santiago_Hua | 23   | 544.2               | 552.0     | -0.014  | 0.127   | 0.758       |
|                | 12 Villa_Puni   | 20   | 537.9               | 546.5     | -0.013  | 0.108   | 0.897       |
| <b>Grupo F</b> | 1 Capachica     | 23   | 771.2               | 745.8     | 0.034   | 0.137   | 0.635       |
|                | 2 Chilligua     | 17   | 675.3               | 696.9     | -0.017  | 0.110   | 0.873       |
|                | 3 Conima        | 3    | 630.3               | 704.9     | 0.046   | 0.058   | 0.999       |
|                | 4 Copacabana    | 22   | 708.4               | 706.1     | 0.004   | 0.146   | 0.724       |
|                | 5 Copacati      | 13   | 876.5               | 899.4     | -0.010  | 0.110   | 0.856       |
|                | 6 Desaguader_B  | 7    | 778.3               | 809.1     | -0.028  | 0.128   | 0.892       |
|                | 7 Desaguader_P  | 10   | 685.6               | 707.4     | 0.007   | 0.079   | 0.894       |
|                | 8 Huaraya_Moho  | 10   | 780.8               | 848.0     | -0.041  | 0.146   | 0.728       |
|                | 9 Huatajata     | 9    | 732.9               | 809.5     | -0.009  | 0.097   | 0.706       |
|                | 10 Ilave        | 12   | 643.2               | 656.4     | 0.008   | 0.094   | 0.820       |
|                | 11 Isla_Suana   | 4    | 873.5               | 807.5     | 0.011   | 0.099   | 0.856       |
|                | 12 Isla_Taquile | 6    | 1066.8              | 1178.3    | 0.016   | 0.152   | 0.733       |
|                | 13 Juli         | 10   | 840.9               | 902.3     | -0.030  | 0.123   | 0.922       |
|                | 14 Laraqueri    | 23   | 736.8               | 749.5     | -0.017  | 0.122   | 0.811       |
|                | 15 Los_Uros     | 5    | 718.4               | 707.6     | 0.012   | 0.054   | 0.992       |
|                | 16 Pillapi      | 9    | 559.1               | 616.3     | -0.007  | 0.142   | 0.736       |
|                | 17 Puno         | 23   | 734.2               | 747.6     | -0.018  | 0.094   | 0.909       |
|                | 18 RinconD_Cruz | 5    | 777.4               | 784.2     | -0.025  | 0.117   | 0.922       |
|                | 19 San_Juan_Hua | 7    | 637.2               | 596.4     | 0.012   | 0.070   | 0.957       |
|                | 20 Tahuaco_Yung | 10   | 815.5               | 843.7     | 0.005   | 0.127   | 0.728       |
|                | 21 Taraco_Boliv | 13   | 805.0               | 811.8     | 0.007   | 0.087   | 0.843       |
|                | 22 Taquile      | 5    | 868.2               | 832.7     | 0.007   | 0.068   | 0.952       |

| Nº             | Id Estación    | No   | Precipitación Media |           | Media   | D.E.    | Coef.       |
|----------------|----------------|------|---------------------|-----------|---------|---------|-------------|
|                |                | Años | Observada           | Calculada | Desvíos | Desvíos | Correlación |
| <b>Grupo G</b> | 1 Ananea       | 10   | 607.5               | 605.3     | 0.038   | 0.097   | 0.763       |
|                | 2 Arapa        | 23   | 642.8               | 645.9     | -0.005  | 0.084   | 0.900       |
|                | 3 Cabanillas   | 10   | 636.9               | 708.1     | -0.066  | 0.170   | 0.879       |
|                | 4 Huancane     | 23   | 649.0               | 651.6     | -0.004  | 0.091   | 0.864       |
|                | 5 Illpa        | 8    | 548.7               | 563.8     | -0.018  | 0.151   | 0.779       |
|                | 6 Juliaca      | 13   | 578.3               | 609.5     | -0.013  | 0.117   | 0.742       |
|                | 7 Lagunillas   | 13   | 626.8               | 619.7     | -0.003  | 0.114   | 0.816       |
|                | 8 Lampa        | 23   | 666.8               | 668.0     | -0.002  | 0.133   | 0.733       |
|                | 9 Mañazo       | 7    | 599.2               | 618.5     | 0.001   | 0.090   | 0.974       |
|                | 10 Muñani      | 23   | 616.1               | 617.5     | -0.002  | 0.117   | 0.794       |
|                | 11 Pucara      | 10   | 683.1               | 716.4     | -0.012  | 0.115   | 0.706       |
|                | 12 Putina      | 23   | 619.3               | 629.2     | -0.016  | 0.111   | 0.824       |
|                | 13 Taraco_Perú | 23   | 531.8               | 532.1     | -0.001  | 0.105   | 0.783       |
|                | 14 Umayo       | 4    | 606.8               | 631.6     | 0.039   | 0.106   | 0.855       |
| <b>Grupo H</b> | 1 Ayaviri      | 10   | 650.0               | 662.1     | 0.013   | 0.049   | 0.949       |
|                | 2 Azangaro     | 21   | 596.1               | 589.7     | -0.003  | 0.101   | 0.850       |
|                | 3 Chuquibambil | 13   | 731.0               | 743.8     | 0.008   | 0.065   | 0.896       |
|                | 4 Crucero      | 23   | 921.5               | 918.4     | 0.003   | 0.099   | 0.842       |
|                | 5 Llally       | 7    | 870.0               | 862.7     | 0.006   | 0.085   | 0.838       |
|                | 6 Pampahuta    | 23   | 812.1               | 822.3     | -0.012  | 0.107   | 0.832       |
|                | 7 Progreso     | 23   | 609.9               | 609.7     | 0.000   | 0.080   | 0.897       |
|                | 8 Santa_Lucia  | 7    | 658.3               | 711.5     | -0.024  | 0.124   | 0.875       |
|                | 9 Santa_Rosa   | 10   | 818.8               | 821.3     | 0.029   | 0.116   | 0.809       |

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados de los grupos regionales pertenecientes al sistema TDPS, se muestran en la tabla 3.35 de resumen de resultados. Estos resultados son producto del VR de índices anuales para el periodo 1990-2012, considerando las precipitaciones anuales respecto al año hidrológico (septiembre-agosto).

Los grupos regionales enlistados a continuación corresponden al periodo de 1960-2012 donde se consideran datos 1960-90 validados del estudio de Climatología de la ALT (Intecs et al 1993), los que deben ser sometidos a una etapa de revisión y corrección de algunos de sus registros.

**Tabla 3.36 Grupos Regionales del sistema TDPS periodo 1960 – 2012**

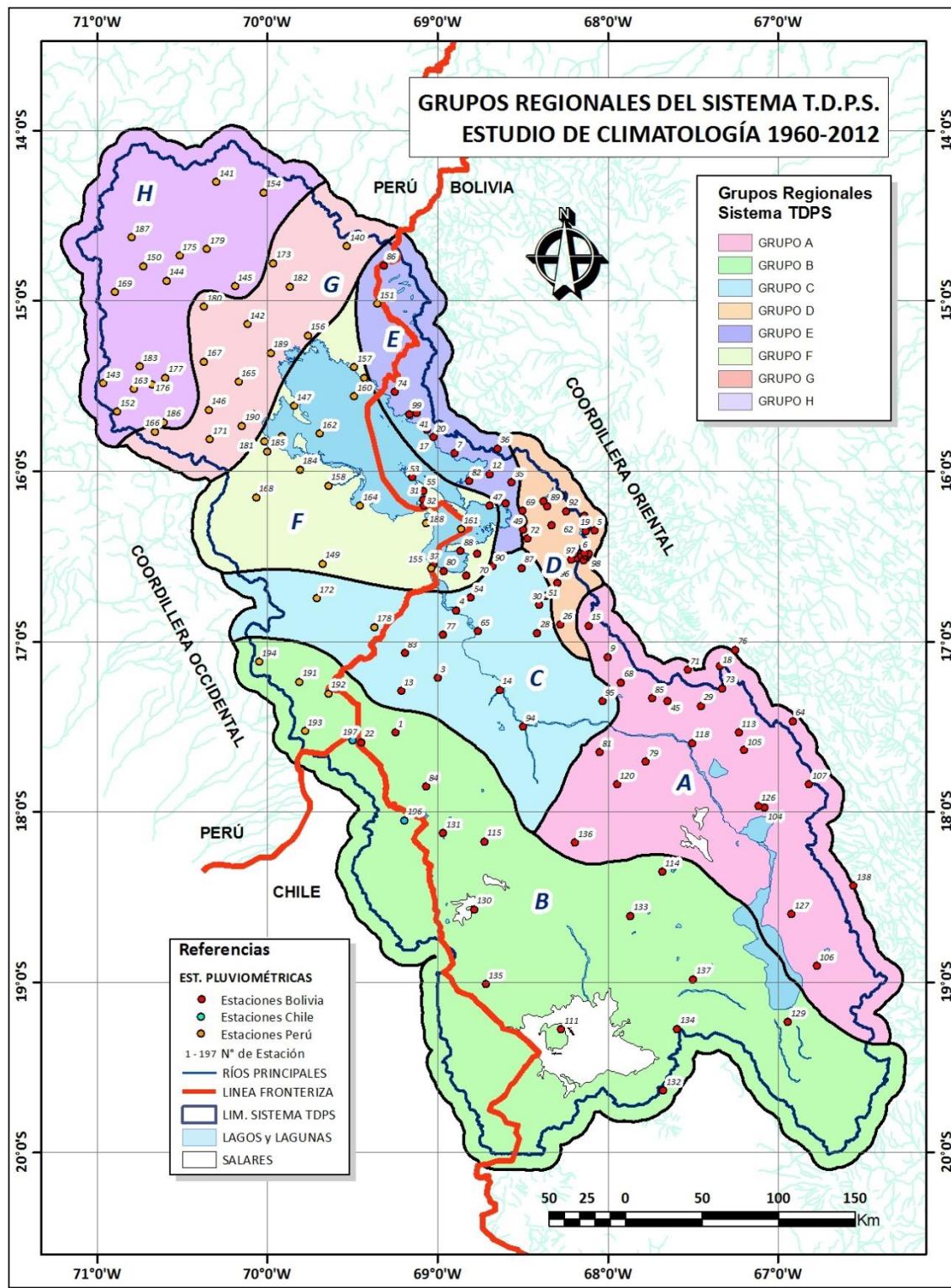
| Nº             | Id Estación     | No   | Precipitación Media | Media     | D.E.    | Coef.   |       |
|----------------|-----------------|------|---------------------|-----------|---------|---------|-------|
|                |                 | Años | Observada           | Calculada | Desvíos | Desvíos |       |
| <b>Grupo A</b> | 1 Ayo_Ayo       | 52   | 394.5               | 399.4     | -0.012  | 0.114   | 0.886 |
|                | 2 Cabaña_Fores  | 8    | 412.5               | 430.2     | 0.006   | 0.110   | 0.899 |
|                | 3 Calamarca     | 40   | 387.1               | 387.6     | -0.015  | 0.153   | 0.821 |
|                | 4 Caracollo_Ca  | 12   | 393.6               | 346.3     | 0.036   | 0.104   | 0.941 |
|                | 5 Challapata_T  | 35   | 374.2               | 381.1     | -0.011  | 0.167   | 0.780 |
|                | 6 Chillca       | 11   | 427.4               | 433.2     | -0.009  | 0.124   | 0.723 |
|                | 7 Choquekota    | 11   | 631.7               | 666.9     | -0.035  | 0.154   | 0.800 |
|                | 8 Conchamarca   | 50   | 520.2               | 538.1     | -0.042  | 0.215   | 0.780 |
|                | 9 Condoriri     | 18   | 364.5               | 348.7     | -0.001  | 0.149   | 0.914 |
|                | 10 Caxata       | 9    | 628.1               | 561.0     | 0.013   | 0.116   | 0.906 |
|                | 11 Eucaliptus   | 30   | 403.5               | 385.1     | 0.017   | 0.167   | 0.789 |
|                | 12 Huaraco      | 12   | 356.3               | 351.0     | 0.038   | 0.137   | 0.929 |
|                | 13 Huayllamarca | 19   | 380.3               | 401.1     | 0.000   | 0.149   | 0.870 |
|                | 14 Llallagua    | 8    | 572.8               | 640.1     | 0.013   | 0.101   | 0.680 |
|                | 15 Mohoza_H     | 6    | 681.4               | 611.0     | -0.025  | 0.135   | 0.926 |
|                | 16 Oruro_Aeropu | 51   | 393.5               | 404.7     | -0.024  | 0.185   | 0.739 |
|                | 17 Patacamaya   | 52   | 393.4               | 402.9     | -0.024  | 0.167   | 0.718 |
|                | 18 Pazña        | 18   | 476.3               | 448.2     | -0.039  | 0.196   | 0.831 |
|                | 19 Poroma_Ip    | 7    | 513.8               | 466.9     | 0.075   | 0.178   | 0.872 |
|                | 20 Puchuni      | 27   | 415.1               | 385.8     | 0.007   | 0.138   | 0.840 |
|                | 21 Salla        | 33   | 438.9               | 430.8     | -0.023  | 0.121   | 0.911 |
|                | 22 San_Jose_Alt | 52   | 312.0               | 321.1     | -0.028  | 0.179   | 0.843 |
|                | 23 San_Pedro_Cu | 8    | 517.7               | 438.1     | -0.023  | 0.152   | 0.887 |
|                | 24 Sica_Sica    | 38   | 400.9               | 389.6     | 0.000   | 0.201   | 0.757 |
|                | 25 Turco        | 14   | 445.5               | 410.9     | -0.009  | 0.267   | 0.791 |
| <b>Grupo B</b> | 1 Abaroa        | 30   | 305.3               | 296.6     | -0.001  | 0.195   | 0.841 |
|                | 2 Capazo        | 47   | 527.0               | 536.1     | -0.006  | 0.205   | 0.746 |
|                | 3 Caquena       | 22   | 388.0               | 409.0     | -0.049  | 0.261   | 0.732 |
|                | 4 Challapalca   | 52   | 383.9               | 406.3     | -0.055  | 0.299   | 0.777 |
|                | 5 Charaña       | 45   | 304.3               | 303.6     | 0.003   | 0.196   | 0.836 |
|                | 6 Chuopalca     | 52   | 395.2               | 419.5     | -0.058  | 0.193   | 0.817 |
|                | 7 Coipasa       | 10   | 202.6               | 148.8     | 0.283   | 0.341   | 0.897 |
|                | 8 Corque        | 19   | 386.1               | 396.3     | 0.026   | 0.206   | 0.836 |
|                | 9 Cosapa        | 18   | 365.5               | 346.1     | 0.013   | 0.176   | 0.914 |
|                | 10 Paucarani    | 52   | 374.7               | 377.1     | -0.006  | 0.154   | 0.868 |
|                | 11 Quillacas    | 21   | 294.9               | 263.0     | 0.077   | 0.267   | 0.795 |
|                | 12 Sajama       | 9    | 309.0               | 258.7     | 0.109   | 0.350   | 0.580 |
|                | 13 Salinas_G_D  | 19   | 311.6               | 286.1     | -0.016  | 0.261   | 0.840 |
|                | 14 San_Jose_Kal | 9    | 377.7               | 379.6     | -0.091  | 0.228   | 0.889 |
|                | 15 San_Martin   | 24   | 266.5               | 273.3     | 0.009   | 0.223   | 0.828 |
|                | 16 Sepulturas   | 15   | 314.1               | 329.4     | 0.036   | 0.193   | 0.931 |
|                | 17 Todo_Santos_ | 27   | 242.4               | 241.6     | 0.012   | 0.194   | 0.895 |
|                | 18 Ucumasi_h    | 18   | 376.5               | 371.2     | 0.026   | 0.194   | 0.739 |
|                | 19 Vilacota     | 47   | 446.0               | 469.8     | -0.057  | 0.208   | 0.868 |
|                | 20 Visviri      | 25   | 301.0               | 313.8     | -0.022  | 0.189   | 0.905 |

| Nº             | Id Estación     | No   | Precipitación Media |           | Media   | D.E.    | Coef.       |
|----------------|-----------------|------|---------------------|-----------|---------|---------|-------------|
|                |                 | Años | Observada           | Calculada | Desvíos | Desvíos | Correlación |
| <b>Grupo C</b> | 1 Achiri        | 50   | 492.7               | 501.4     | -0.023  | 0.122   | 0.900       |
|                | 2 Aguallamaya   | 9    | 459.0               | 397.5     | 0.071   | 0.191   | 0.900       |
|                | 3 Berenguela    | 30   | 477.0               | 459.1     | -0.012  | 0.306   | 0.704       |
|                | 4 Calacoto      | 52   | 402.8               | 422.8     | -0.047  | 0.204   | 0.630       |
|                | 5 Comanche      | 31   | 542.7               | 515.8     | -0.001  | 0.129   | 0.846       |
|                | 6 Coniri        | 30   | 568.9               | 529.6     | 0.023   | 0.126   | 0.836       |
|                | 7 Irpa_Chico    | 38   | 440.0               | 437.3     | -0.015  | 0.226   | 0.647       |
|                | 8 Jesús_de_Mac  | 30   | 621.9               | 591.5     | 0.000   | 0.102   | 0.917       |
|                | 9 Mazo_Cruz     | 52   | 538.9               | 560.0     | -0.038  | 0.207   | 0.692       |
|                | 10 Nazacara     | 31   | 470.0               | 449.0     | -0.006  | 0.122   | 0.861       |
|                | 11 Pizacoma     | 39   | 651.0               | 667.9     | -0.045  | 0.216   | 0.756       |
|                | 12 San_Andres_D | 42   | 563.4               | 551.2     | 0.002   | 0.104   | 0.887       |
|                | 13 Santiago_Mac | 52   | 452.0               | 455.8     | -0.008  | 0.133   | 0.833       |
|                | 14 Tambillo_LP  | 40   | 564.3               | 530.7     | 0.030   | 0.184   | 0.617       |
|                | 15 Tiahuanacu   | 51   | 562.3               | 569.0     | -0.011  | 0.178   | 0.698       |
|                | 16 Ulloma       | 30   | 364.0               | 350.8     | -0.013  | 0.354   | 0.728       |
|                | 17 Umala        | 30   | 411.6               | 398.0     | -0.017  | 0.412   | 0.617       |
| <b>Grupo D</b> | 1 Alto_Achachi  | 20   | 525.1               | 527.3     | 0.006   | 0.094   | 0.814       |
|                | 2 Alto_Lima     | 7    | 648.1               | 620.5     | 0.040   | 0.102   | 0.931       |
|                | 3 Chacaltaya    | 33   | 586.7               | 580.5     | 0.000   | 0.117   | 0.775       |
|                | 4 Chuñavi_Alto  | 40   | 738.2               | 742.7     | -0.017  | 0.148   | 0.640       |
|                | 5 Collana       | 52   | 543.0               | 552.0     | -0.016  | 0.122   | 0.843       |
|                | 6 El_Alto_Aero  | 52   | 612.4               | 611.6     | 0.001   | 0.073   | 0.881       |
|                | 7 El_Alto_Sena  | 4    | 643.4               | 589.1     | 0.044   | 0.088   | 0.860       |
|                | 8 El_Tejar      | 26   | 611.6               | 619.2     | 0.005   | 0.074   | 0.892       |
|                | 9 Hichucota     | 48   | 672.8               | 699.3     | -0.038  | 0.152   | 0.785       |
|                | 10 Huayna_Potos | 14   | 750.0               | 713.7     | -0.003  | 0.131   | 0.830       |
|                | 11 Huayocondo   | 19   | 553.0               | 568.5     | 0.002   | 0.087   | 0.890       |
|                | 12 Laykacota    | 49   | 527.9               | 527.8     | 0.000   | 0.074   | 0.901       |
|                | 13 Milluni_EPSA | 7    | 504.3               | 511.1     | 0.027   | 0.190   | 0.639       |
|                | 14 Mina_Palcoco | 5    | 567.5               | 568.7     | 0.039   | 0.118   | 0.692       |
|                | 15 Pasankeri_   | 27   | 579.9               | 605.6     | -0.038  | 0.158   | 0.767       |
|                | 16 Peñas        | 42   | 680.2               | 705.1     | -0.043  | 0.245   | 0.589       |
|                | 17 Pucarani     | 9    | 526.1               | 520.1     | 0.015   | 0.111   | 0.900       |
|                | 18 Rio_Seco     | 16   | 601.2               | 610.3     | 0.008   | 0.090   | 0.830       |
|                | 19 San_Calixto  | 49   | 587.3               | 583.9     | 0.000   | 0.069   | 0.908       |
|                | 20 Taypichaca_h | 8    | 1003.2              | 931.5     | -0.012  | 0.131   | 0.872       |
|                | 21 Tuni_EPSAS   | 10   | 580.7               | 552.8     | 0.026   | 0.064   | 0.941       |
|                | 22 Viacha       | 52   | 518.6               | 529.8     | -0.021  | 0.120   | 0.769       |
|                | 23 Villa_Adela  | 21   | 646.4               | 629.6     | 0.033   | 0.140   | 0.691       |
|                | 24 Villa_Copaca | 32   | 624.4               | 627.7     | 0.002   | 0.072   | 0.905       |
|                | 25 Vino_Tinto   | 36   | 627.8               | 620.3     | 0.000   | 0.085   | 0.881       |
| <b>Grupo E</b> | 1 Ancoraimes    | 32   | 579.0               | 583.7     | 0.009   | 0.222   | 0.625       |
|                | 2 Batallas      | 13   | 559.6               | 584.5     | 0.032   | 0.085   | 0.846       |
|                | 3 Belen         | 52   | 470.8               | 469.1     | 0.004   | 0.149   | 0.754       |
|                | 4 Carabuco      | 21   | 473.2               | 484.0     | 0.029   | 0.116   | 0.797       |
|                | 5 Chahuaya      | 31   | 673.5               | 694.2     | -0.065  | 0.343   | 0.613       |
|                | 6 Chirapaca     | 20   | 540.5               | 570.3     | 0.004   | 0.078   | 0.923       |
|                | 7 Cojata        | 38   | 731.7               | 715.5     | 0.010   | 0.189   | 0.650       |
|                | 8 Corpaputo     | 42   | 653.6               | 622.6     | 0.030   | 0.181   | 0.804       |
|                | 9 Curupampa     | 11   | 1091.3              | 1091.4    | -0.001  | 0.104   | 0.778       |
|                | 10 Escoma       | 30   | 556.8               | 521.1     | 0.034   | 0.210   | 0.629       |
|                | 11 Huarina_Cota | 50   | 576.4               | 580.3     | -0.008  | 0.125   | 0.803       |
|                | 12 Puerto_Acost | 42   | 720.0               | 722.2     | -0.020  | 0.183   | 0.723       |
|                | 13 Santiago_Hua | 52   | 572.6               | 579.6     | -0.012  | 0.156   | 0.704       |
|                | 14 Súchez       | 30   | 578.7               | 560.4     | -0.002  | 0.129   | 0.730       |
|                | 15 Villa_Puni   | 20   | 537.9               | 546.1     | 0.040   | 0.130   | 0.867       |

| Nº             | Id Estación     | No   | Precipitación Media |           | Media   | D.E.    | Coef.       |
|----------------|-----------------|------|---------------------|-----------|---------|---------|-------------|
|                |                 | Años | Observada           | Calculada | Desvíos | Desvíos | Correlación |
| <b>Grupo F</b> | 1 Capachica     | 52   | 790.0               | 773.8     | 0.021   | 0.187   | 0.628       |
|                | 2 Chilligua     | 46   | 641.7               | 645.4     | -0.005  | 0.150   | 0.819       |
|                | 3 Conima        | 32   | 901.8               | 916.6     | -0.007  | 0.136   | 0.820       |
|                | 4 Copacabana    | 51   | 804.7               | 834.4     | -0.035  | 0.169   | 0.709       |
|                | 5 Copacati      | 13   | 876.5               | 889.3     | 0.004   | 0.110   | 0.857       |
|                | 6 Desaguader_B  | 27   | 743.8               | 786.9     | -0.032  | 0.131   | 0.905       |
|                | 7 Desaguader_P  | 39   | 726.3               | 764.6     | -0.041  | 0.144   | 0.838       |
|                | 8 Guaqui        | 30   | 757.7               | 739.9     | 0.023   | 0.232   | 0.604       |
|                | 9 Huaraya_Moho  | 39   | 894.5               | 923.3     | -0.022  | 0.138   | 0.775       |
|                | 10 Huatajata    | 38   | 778.4               | 789.2     | 0.002   | 0.181   | 0.591       |
|                | 11 Ilave        | 41   | 700.6               | 714.5     | -0.013  | 0.116   | 0.875       |
|                | 12 Isla_Del_Sol | 30   | 804.3               | 830.3     | -0.032  | 0.221   | 0.654       |
|                | 13 Isla_Soto    | 4    | 1142.0              | 1117.1    | 0.037   | 0.065   | 0.951       |
|                | 14 Isla_Suana   | 4    | 873.5               | 749.9     | 0.122   | 0.171   | 0.807       |
|                | 15 Isla_Taquile | 35   | 1332.9              | 1470.1    | -0.078  | 0.310   | 0.742       |
|                | 16 Jinchaca     | 4    | 858.0               | 886.5     | 0.056   | 0.068   | 0.953       |
|                | 17 Juli         | 39   | 866.0               | 891.2     | -0.019  | 0.138   | 0.811       |
|                | 18 Laraqueri    | 52   | 753.1               | 754.8     | -0.002  | 0.133   | 0.819       |
|                | 19 Los_Uros     | 34   | 714.0               | 741.4     | -0.039  | 0.131   | 0.924       |
|                | 20 Pillapi      | 38   | 673.9               | 682.2     | 0.003   | 0.177   | 0.798       |
|                | 21 Puno         | 52   | 730.0               | 736.2     | -0.008  | 0.104   | 0.890       |
|                | 22 RinconD_Cruz | 9    | 802.6               | 781.7     | -0.009  | 0.110   | 0.928       |
|                | 23 Salcedo      | 30   | 751.5               | 758.2     | -0.009  | 0.100   | 0.926       |
|                | 24 San_Juan_Hua | 9    | 724.5               | 639.8     | 0.017   | 0.101   | 0.983       |
|                | 25 Tahuaco_Yung | 39   | 840.8               | 859.7     | -0.013  | 0.140   | 0.728       |
|                | 26 Taraco_Boliv | 42   | 774.8               | 763.7     | 0.014   | 0.097   | 0.885       |
|                | 27 Taquile      | 5    | 868.2               | 831.8     | 0.038   | 0.079   | 0.951       |
| <b>Grupo G</b> | 1 Ananea        | 39   | 650.2               | 630.4     | 0.027   | 0.135   | 0.716       |
|                | 2 Arapa         | 52   | 678.4               | 688.5     | -0.015  | 0.122   | 0.873       |
|                | 3 Cabanillas    | 39   | 640.6               | 640.4     | -0.005  | 0.157   | 0.782       |
|                | 4 Huancane      | 52   | 670.0               | 671.0     | -0.002  | 0.137   | 0.765       |
|                | 5 Illpa         | 37   | 658.3               | 665.3     | -0.026  | 0.139   | 0.849       |
|                | 6 Juliaca       | 42   | 581.2               | 581.4     | 0.000   | 0.124   | 0.794       |
|                | 7 Lagunillas    | 42   | 666.0               | 640.6     | 0.024   | 0.141   | 0.788       |
|                | 8 Lampa         | 52   | 700.2               | 704.7     | -0.006  | 0.192   | 0.741       |
|                | 9 Mañazo        | 36   | 674.5               | 692.8     | -0.037  | 0.175   | 0.838       |
|                | 10 Muñani       | 52   | 621.1               | 614.3     | 0.011   | 0.155   | 0.737       |
|                | 11 Pucara       | 39   | 743.8               | 736.5     | 0.005   | 0.115   | 0.819       |
|                | 12 Putina       | 52   | 662.4               | 661.2     | 0.002   | 0.126   | 0.741       |
|                | 13 Taraco_Perú  | 52   | 578.3               | 568.8     | 0.017   | 0.188   | 0.837       |
|                | 14 Umayo        | 33   | 649.4               | 650.7     | -0.018  | 0.197   | 0.820       |
| <b>Grupo H</b> | 1 Antauta       | 30   | 662.9               | 650.4     | 0.027   | 0.124   | 0.588       |
|                | 2 Atecate       | 30   | 811.1               | 822.0     | -0.005  | 0.167   | 0.676       |
|                | 3 Ayaviri       | 39   | 680.3               | 684.1     | 0.005   | 0.104   | 0.859       |
|                | 4 Azangaro      | 50   | 589.1               | 585.4     | 0.000   | 0.099   | 0.834       |
|                | 5 Chuquibambil  | 42   | 680.4               | 683.1     | 0.005   | 0.114   | 0.687       |
|                | 6 Colini        | 30   | 731.1               | 753.5     | -0.022  | 0.112   | 0.854       |
|                | 7 Crucero       | 52   | 930.3               | 933.4     | -0.003  | 0.132   | 0.737       |
|                | 8 Jarpana       | 30   | 760.3               | 765.9     | 0.001   | 0.126   | 0.716       |
|                | 9 Llally        | 36   | 782.3               | 798.2     | -0.018  | 0.133   | 0.751       |
|                | 10 Orurillo     | 31   | 697.6               | 701.3     | 0.003   | 0.141   | 0.822       |
|                | 11 Pampahuta    | 52   | 797.3               | 801.4     | -0.005  | 0.093   | 0.869       |
|                | 12 Paratia      | 31   | 966.6               | 1000.9    | -0.017  | 0.142   | 0.744       |
|                | 13 Progreso     | 52   | 619.6               | 619.5     | 0.000   | 0.108   | 0.809       |
|                | 14 Quillisaní   | 30   | 845.3               | 877.7     | -0.029  | 0.129   | 0.788       |
|                | 15 Santa_Lucia  | 36   | 628.1               | 636.6     | -0.003  | 0.130   | 0.814       |
|                | 16 Santa_Rosa   | 39   | 991.2               | 1020.6    | -0.018  | 0.156   | 0.536       |

La figura 3.54 nos permite distinguir los Grupos Regionales definidos después de todo el análisis realizado en el presente estudio, las estaciones están identificadas por números que corresponden a las tablas 2.5 o 3.1.

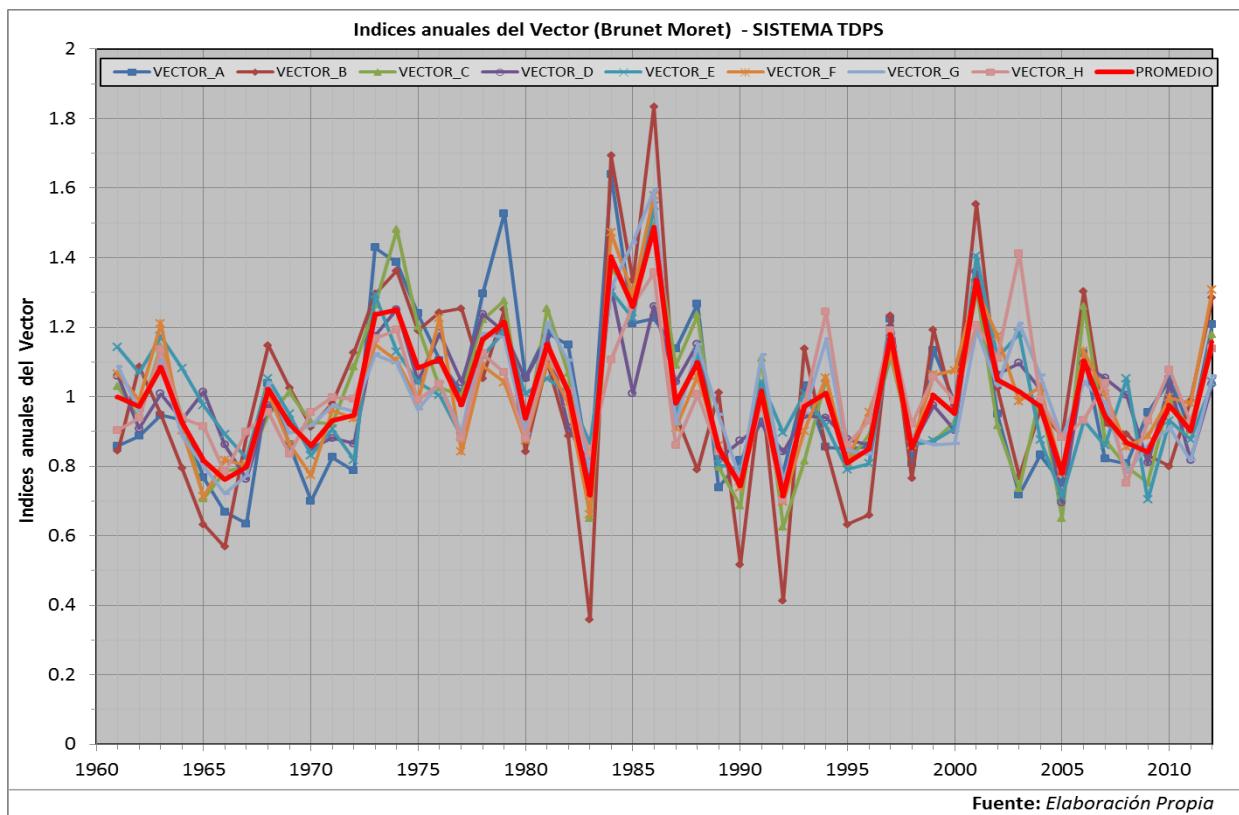
**Figura 3.54 Esquema de los Grupos Regionales del Sistema TDPS definidos en el presente estudio**



Proyección: Coordenadas Geográficas WGS 84

ELABORADO POR: WILSON H. YUQUE LIMA

**Figura 3.55 Índices anuales del Vector Regional de los Grupos Regionales definidos para el Sistema TDPS por el método Brunet Moret**



Para realizar un contraste entre los diferentes vectores, producto del análisis de la información pluviométrica de los grupos regionales definidos en el presente informe, se presenta la *figura 3.55*. En términos generales, considerando los índices del vector se obtuvo que dentro del sistema TDPS se presentó un 53.8% de años secos y el 42.2% de años húmedos para el periodo 1960-2012. La *Tabla 3.37* muestra el porcentaje de años secos y húmedos que se presentarán a lo largo de todo el periodo de estudio para cada grupo regional.

**Tabla 3.37 Porcentaje de años secos y húmedos de los Grupos Regionales definidos para el sistema TDPS dentro del periodo 1960-2012**

|                | Grupo Regional A | Grupo Regional B | Grupo Regional C | Grupo Regional D | Grupo Regional E | Grupo Regional F | Grupo Regional G | Grupo Regional H | Sistema TDPS |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| % años secos   | 55.8             | 53.8             | 51.9             | 48.1             | 50.0             | 55.8             | 55.8             | 59.6             | 53.8         |
| % años húmedos | 44.2             | 46.2             | 48.1             | 51.9             | 50.0             | 44.2             | 44.2             | 40.4             | 46.2         |

Fuente: Elaboración propia

Los eventos ENSO (Niño y Niña) han estado con frecuencia asociados a eventos extremos dentro del sistema. Coinciendo con El Niño, se observa que 1983 y 1992 fueron años muy secos en casi todo el sistema (aunque El Niño 1997-98, el segundo más intenso del periodo, se percibe menos en la *figura 3.55*). En los años 1984, 1986 y 2001 se producen años muy

húmedos. Es la región sur del sistema (grupo regional B) la que sufre efectos más extremos (vectores muy altos o muy bajos según el evento).

Para los años de 1977 y 1988 se observa que el grupo regional B tiene un comportamiento pluviométrico de signo contrario con respecto a los otros grupos. Del mismo modo, se evidencia un comportamiento opuesto entre los grupos del sur (año muy seco) con los grupos del norte (año húmedo) del sistema TDPS para el año de 2003 (Niño moderado). La frecuencia con que se producen estos desacoplamientos interregionales parece haberse incrementado ligeramente a partir de los 90.

### 3.2.6 Datos de precipitación media mensual y anual

**Tabla 3.38 Precipitación Media Mensual y Anual en [mm] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 – 2012 considerando el año hidrológico.**

| Id Estación  | No Años | SEP  | OCT  | NOV   | DIC   | ENE   | FEB   | MAR   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | Anual Obs. | Anual Calc. |
|--------------|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------------|-------------|
| Abaroa       | 30      | 2.0  | 7.0  | 22.2  | 39.4  | 90.3  | 75.3  | 50.8  | 9.5  | 1.9  | 1.8  | 0.3  | 4.7  | 305.3      | 296.6       |
| Achiri       | 50      | 9.1  | 18.6 | 37.0  | 78.9  | 128.5 | 103.7 | 77.6  | 24.2 | 1.8  | 4.1  | 2.4  | 6.7  | 492.7      | 501.4       |
| Aguallamaya  | 9       | 19.9 | 19.8 | 38.1  | 75.7  | 123.1 | 81.5  | 71.9  | 15.6 | 3.1  | 1.4  | 2.0  | 7.0  | 459.0      | 397.5       |
| Alto_Achachi | 20      | 23.2 | 40.0 | 45.7  | 83.9  | 114.6 | 86.2  | 73.0  | 29.5 | 6.4  | 7.0  | 5.5  | 10.1 | 525.1      | 527.3       |
| Alto_Lima    | 7       | 27.8 | 51.5 | 36.0  | 94.7  | 149.8 | 102.8 | 80.3  | 39.6 | 20.8 | 20.2 | 8.5  | 16.0 | 648.1      | 620.5       |
| Ancoraimes   | 32      | 27.2 | 36.7 | 49.6  | 85.4  | 137.3 | 89.5  | 66.8  | 34.3 | 14.6 | 10.1 | 10.7 | 16.8 | 579.0      | 583.7       |
| Ayo_Ayo      | 52      | 21.6 | 26.0 | 29.2  | 60.7  | 97.4  | 65.1  | 52.2  | 18.4 | 5.3  | 3.8  | 5.3  | 9.5  | 394.5      | 399.4       |
| Batallas     | 13      | 21.9 | 35.2 | 46.1  | 71.1  | 139.2 | 88.0  | 76.1  | 30.9 | 14.0 | 14.9 | 5.3  | 16.7 | 559.6      | 584.5       |
| Belen        | 52      | 22.8 | 38.8 | 41.1  | 75.3  | 97.2  | 75.3  | 57.5  | 22.4 | 14.2 | 7.8  | 6.7  | 11.6 | 470.8      | 469.1       |
| Berenguela   | 30      | 8.9  | 10.1 | 39.8  | 68.0  | 126.9 | 115.7 | 79.8  | 19.4 | 0.9  | 0.7  | 1.8  | 4.9  | 477.0      | 459.1       |
| Calacoto     | 52      | 9.0  | 15.5 | 26.9  | 66.8  | 111.7 | 82.4  | 58.4  | 17.3 | 2.9  | 3.0  | 1.8  | 7.3  | 402.8      | 422.8       |
| Calamarca    | 40      | 22.4 | 24.3 | 31.7  | 60.7  | 84.5  | 65.2  | 47.1  | 24.0 | 7.8  | 3.0  | 4.5  | 11.9 | 387.1      | 387.6       |
| Carabuco     | 21      | 16.9 | 30.7 | 45.0  | 81.2  | 106.1 | 67.9  | 64.3  | 27.7 | 8.2  | 4.1  | 5.7  | 15.3 | 473.2      | 484.0       |
| Caxata       | 9       | 44.7 | 47.6 | 56.2  | 79.9  | 119.7 | 91.5  | 89.1  | 39.7 | 27.9 | 14.0 | 7.8  | 10.0 | 628.1      | 561.0       |
| Chacaltaya   | 33      | 33.9 | 52.2 | 58.5  | 91.3  | 127.4 | 93.4  | 66.5  | 24.1 | 14.9 | 3.9  | 5.2  | 15.2 | 586.7      | 580.5       |
| Chahuaya     | 31      | 37.8 | 37.9 | 54.1  | 119.9 | 153.3 | 106.5 | 94.8  | 16.8 | 22.8 | 8.8  | 4.2  | 16.6 | 673.5      | 694.2       |
| Charaña      | 45      | 2.5  | 8.3  | 17.4  | 37.3  | 91.4  | 73.5  | 52.9  | 11.2 | 1.9  | 1.8  | 0.9  | 5.2  | 304.3      | 303.6       |
| Chirapaca    | 20      | 17.3 | 34.6 | 44.2  | 95.2  | 130.1 | 94.7  | 73.6  | 19.7 | 5.4  | 5.4  | 7.9  | 12.5 | 540.5      | 570.3       |
| Chuñavi_Alto | 40      | 49.3 | 51.8 | 61.8  | 99.1  | 141.6 | 108.2 | 103.2 | 44.9 | 26.6 | 13.7 | 15.6 | 22.6 | 738.2      | 742.7       |
| Collana      | 52      | 28.4 | 35.0 | 51.6  | 79.2  | 129.2 | 90.9  | 72.6  | 27.7 | 7.0  | 4.3  | 6.6  | 10.6 | 543.0      | 552.0       |
| Comanche     | 31      | 26.1 | 24.2 | 45.5  | 83.3  | 130.1 | 103.2 | 77.1  | 28.1 | 5.7  | 5.9  | 4.9  | 8.6  | 542.7      | 515.8       |
| Conchamarca  | 50      | 29.4 | 32.8 | 44.4  | 74.7  | 101.9 | 86.5  | 64.9  | 30.4 | 12.6 | 12.2 | 12.1 | 18.2 | 520.2      | 538.1       |
| Coniri       | 30      | 28.8 | 26.9 | 52.7  | 81.3  | 136.3 | 95.4  | 76.8  | 38.3 | 13.9 | 4.9  | 6.2  | 7.5  | 568.9      | 529.6       |
| Copacabana   | 51      | 36.4 | 43.9 | 64.7  | 113.2 | 189.1 | 137.4 | 117.6 | 52.0 | 18.7 | 9.4  | 8.4  | 13.8 | 804.7      | 834.4       |
| Copacati     | 13      | 34.5 | 54.9 | 57.0  | 126.6 | 193.1 | 131.2 | 134.7 | 60.0 | 22.2 | 21.8 | 10.8 | 29.8 | 876.5      | 889.3       |
| Corpaputo    | 42      | 28.2 | 35.0 | 53.5  | 102.4 | 145.7 | 106.3 | 89.4  | 43.0 | 16.9 | 12.0 | 6.9  | 14.5 | 653.6      | 622.6       |
| Curupampa    | 11      | 37.2 | 64.7 | 103.2 | 118.9 | 244.5 | 207.2 | 171.4 | 72.0 | 23.7 | 20.6 | 11.5 | 16.3 | 1091.3     | 1091.4      |
| Desaguader_B | 27      | 23.4 | 29.2 | 46.4  | 100.6 | 189.3 | 156.2 | 120.0 | 40.4 | 11.5 | 6.6  | 7.8  | 12.2 | 743.8      | 786.9       |
| El_Alto_Aero | 52      | 30.9 | 41.4 | 52.0  | 101.0 | 135.7 | 100.7 | 81.1  | 32.1 | 11.4 | 5.9  | 6.8  | 13.3 | 612.4      | 611.6       |
| El_Alto_Sena | 4       | 43.7 | 42.1 | 50.1  | 101.8 | 123.7 | 79.1  | 128.9 | 24.7 | 11.2 | 4.0  | 19.1 | 15.0 | 643.4      | 589.1       |
| El_Tejar     | 26      | 28.2 | 51.2 | 52.1  | 95.8  | 135.9 | 97.3  | 81.2  | 31.9 | 9.5  | 9.1  | 6.8  | 12.6 | 611.6      | 619.2       |
| Escoma       | 30      | 34.4 | 30.3 | 36.0  | 74.7  | 114.2 | 87.7  | 83.0  | 49.8 | 22.8 | 3.5  | 6.2  | 14.3 | 556.8      | 521.1       |
| Guaqui       | 30      | 41.2 | 46.9 | 68.0  | 100.2 | 171.2 | 137.2 | 111.5 | 35.8 | 16.9 | 4.6  | 11.7 | 12.4 | 757.7      | 739.9       |
| Hichucota    | 48      | 23.6 | 33.8 | 55.4  | 103.4 | 154.8 | 125.9 | 92.9  | 40.8 | 14.7 | 9.3  | 6.2  | 12.1 | 672.8      | 699.3       |
| Huaraco      | 12      | 10.9 | 19.1 | 25.3  | 54.3  | 99.3  | 67.8  | 54.0  | 11.3 | 1.5  | 3.8  | 2.3  | 6.7  | 356.3      | 351.0       |
| Huarina_Cota | 50      | 25.1 | 40.4 | 51.6  | 87.7  | 131.1 | 87.8  | 82.1  | 35.5 | 10.7 | 7.5  | 5.8  | 11.2 | 576.4      | 580.3       |
| Huatajata    | 38      | 39.7 | 43.3 | 71.6  | 127.5 | 175.0 | 129.4 | 99.4  | 47.4 | 12.5 | 8.3  | 8.1  | 16.1 | 778.4      | 789.2       |
| Huayna_Potos | 14      | 40.9 | 51.1 | 66.0  | 109.3 | 176.0 | 113.0 | 94.8  | 45.5 | 14.7 | 12.0 | 8.7  | 18.0 | 750.0      | 713.7       |
| Huayocondo   | 19      | 19.3 | 39.6 | 43.2  | 85.2  | 146.3 | 94.8  | 69.4  | 23.0 | 5.7  | 4.5  | 7.5  | 14.5 | 553.0      | 568.5       |
| Irpa_Chico   | 38      | 22.3 | 24.2 | 36.1  | 62.1  | 110.9 | 73.3  | 60.0  | 22.1 | 11.5 | 3.9  | 2.9  | 10.6 | 440.0      | 437.3       |

Tratamiento y análisis de datos climáticos del Sistema TDPS

| <b>Id Estación</b> | <b>No Años</b> | <b>SEP</b> | <b>OCT</b> | <b>NOV</b> | <b>DIC</b> | <b>ENE</b> | <b>FEB</b> | <b>MAR</b> | <b>ABR</b> | <b>MAY</b> | <b>JUN</b> | <b>JUL</b> | <b>AGO</b> | <b>Anual Obs.</b> | <b>Anual Calc.</b> |
|--------------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|--------------------|
| Isla_Del_Sol       | 30             | 49.0       | 45.7       | 62.6       | 109.0      | 181.3      | 130.8      | 124.8      | 60.6       | 8.9        | 4.6        | 10.6       | 16.3       | 804.3             | 830.3              |
| Jesús_de_Mac       | 30             | 21.2       | 28.7       | 50.0       | 103.1      | 167.2      | 99.4       | 94.6       | 33.5       | 10.7       | 2.7        | 3.7        | 7.2        | 621.9             | 591.5              |
| Jinchaca           | 4              | 25.8       | 40.3       | 62.0       | 120.0      | 188.0      | 97.0       | 155.8      | 86.8       | 30.6       | 26.8       | 11.4       | 13.4       | 858.0             | 886.5              |
| Laykacota          | 49             | 25.5       | 35.6       | 44.5       | 84.2       | 118.6      | 90.8       | 68.8       | 26.9       | 9.3        | 6.4        | 6.1        | 11.4       | 527.9             | 527.8              |
| Milluni_EPSA       | 7              | 19.2       | 25.7       | 55.0       | 93.7       | 127.1      | 80.7       | 61.1       | 25.3       | 4.6        | 0.9        | 4.6        | 6.5        | 504.3             | 511.1              |
| Mina_Palco         | 5              | 26.8       | 37.5       | 50.3       | 77.3       | 100.7      | 93.4       | 96.1       | 44.1       | 12.0       | 16.0       | 0.0        | 13.2       | 567.5             | 568.7              |
| Mohoza_H           | 6              | 13.8       | 14.1       | 66.9       | 129.8      | 130.5      | 99.6       | 152.9      | 45.0       | 6.3        | 8.3        | 2.2        | 11.9       | 681.4             | 611.0              |
| Nazacara           | 31             | 14.6       | 18.8       | 34.9       | 72.9       | 137.3      | 86.4       | 63.8       | 24.5       | 3.3        | 3.1        | 2.0        | 8.3        | 470.0             | 449.0              |
| Pasankeri_         | 27             | 26.7       | 43.7       | 50.2       | 90.0       | 132.3      | 87.0       | 77.7       | 33.2       | 10.5       | 10.4       | 5.6        | 12.6       | 579.9             | 605.6              |
| Patacamaya         | 52             | 22.5       | 20.4       | 31.3       | 60.6       | 98.8       | 69.7       | 49.0       | 17.9       | 6.8        | 4.2        | 3.5        | 8.5        | 393.4             | 402.9              |
| Peñas              | 42             | 31.1       | 52.4       | 62.6       | 101.8      | 148.4      | 106.0      | 97.1       | 35.0       | 15.3       | 7.9        | 7.9        | 14.6       | 680.2             | 705.1              |
| Pillapi            | 38             | 38.7       | 33.4       | 62.0       | 98.8       | 149.3      | 109.4      | 106.1      | 38.8       | 11.0       | 6.2        | 7.0        | 13.3       | 673.9             | 682.2              |
| Poroma_lp          | 7              | 27.2       | 28.6       | 26.3       | 63.3       | 127.4      | 111.7      | 87.3       | 17.2       | 3.0        | 7.8        | 2.8        | 11.1       | 513.8             | 466.9              |
| Pucarani           | 9              | 15.5       | 37.1       | 40.5       | 82.0       | 121.1      | 102.6      | 66.4       | 25.7       | 6.2        | 3.3        | 13.6       | 12.1       | 526.1             | 520.1              |
| Puchuni            | 27             | 25.8       | 28.3       | 35.3       | 64.6       | 93.4       | 60.5       | 58.6       | 17.0       | 4.9        | 6.9        | 7.4        | 12.4       | 415.1             | 385.8              |
| Puerto_Acost       | 42             | 45.0       | 47.9       | 50.9       | 105.1      | 169.2      | 127.4      | 81.6       | 45.4       | 20.9       | 6.7        | 6.5        | 13.4       | 720.0             | 722.2              |
| Rio_Seco           | 16             | 25.6       | 40.8       | 53.2       | 85.6       | 152.8      | 75.2       | 82.2       | 40.8       | 12.7       | 13.3       | 4.5        | 14.4       | 601.2             | 610.3              |
| Salla              | 33             | 19.3       | 23.6       | 30.7       | 69.6       | 110.1      | 76.3       | 66.9       | 17.3       | 5.2        | 5.6        | 5.8        | 8.5        | 438.9             | 430.8              |
| San_Andres_D       | 42             | 18.0       | 24.5       | 46.2       | 93.4       | 143.8      | 96.4       | 89.4       | 31.8       | 4.1        | 4.6        | 3.1        | 8.0        | 563.4             | 551.2              |
| San_Calixto        | 49             | 29.9       | 37.9       | 50.0       | 96.6       | 135.4      | 99.1       | 76.2       | 28.1       | 11.2       | 6.0        | 6.2        | 10.7       | 587.3             | 583.9              |
| San_Jose_Alt       | 52             | 9.3        | 10.9       | 20.8       | 51.9       | 82.6       | 68.9       | 41.2       | 13.8       | 2.3        | 2.2        | 2.0        | 6.0        | 312.0             | 321.1              |
| San_Juan_Hua       | 9              | 24.9       | 35.9       | 78.0       | 97.2       | 151.3      | 153.0      | 110.3      | 54.8       | 8.4        | 2.2        | 3.5        | 4.9        | 724.5             | 639.8              |
| San_Pedro_Cu       | 8              | 16.5       | 9.4        | 30.7       | 71.7       | 149.7      | 110.2      | 98.8       | 20.9       | 4.0        | 1.0        | 1.8        | 3.1        | 517.7             | 438.1              |
| Santiago_Hua       | 52             | 29.0       | 43.2       | 54.5       | 95.0       | 125.2      | 83.9       | 56.3       | 31.5       | 19.6       | 10.5       | 6.7        | 17.1       | 572.6             | 579.6              |
| Santiago_Mac       | 52             | 7.2        | 11.7       | 29.1       | 62.0       | 126.0      | 108.6      | 77.4       | 19.4       | 1.8        | 3.4        | 1.5        | 4.0        | 452.0             | 455.8              |
| Sepulturas         | 15             | 0.4        | 5.5        | 10.6       | 37.9       | 110.1      | 77.5       | 49.5       | 11.4       | 0.9        | 3.4        | 1.2        | 5.7        | 314.1             | 329.4              |
| Sica_Sica          | 38             | 18.8       | 23.4       | 35.9       | 58.2       | 99.5       | 68.6       | 54.0       | 18.0       | 5.7        | 5.4        | 4.2        | 9.2        | 400.9             | 389.6              |
| Suchez             | 30             | 25.2       | 41.9       | 55.3       | 83.6       | 118.8      | 95.3       | 90.1       | 42.8       | 11.8       | 3.6        | 2.1        | 8.2        | 578.7             | 560.4              |
| Tambillo_LP        | 40             | 34.4       | 38.6       | 53.7       | 84.9       | 125.0      | 88.3       | 72.3       | 33.0       | 12.5       | 5.0        | 6.1        | 11.3       | 564.3             | 530.7              |
| Taraco_Boliv       | 42             | 36.6       | 45.4       | 62.3       | 107.6      | 173.9      | 134.9      | 115.1      | 50.7       | 15.6       | 7.9        | 8.0        | 16.6       | 774.8             | 763.7              |
| Taypichaca_h       | 8              | 72.2       | 63.6       | 102.7      | 131.9      | 211.2      | 153.5      | 179.5      | 50.0       | 5.3        | 9.2        | 9.4        | 14.6       | 1003.2            | 931.5              |
| Tiahuanacu         | 51             | 28.1       | 34.8       | 53.5       | 79.7       | 125.0      | 95.4       | 77.7       | 33.8       | 11.5       | 3.9        | 7.6        | 11.2       | 562.3             | 569.0              |
| Tuni_EPSAS         | 10             | 22.6       | 41.9       | 52.4       | 102.3      | 141.7      | 96.9       | 66.9       | 26.5       | 9.4        | 3.7        | 9.8        | 6.7        | 580.7             | 552.8              |
| Ulloma             | 30             | 7.6        | 13.9       | 24.8       | 57.5       | 105.2      | 73.2       | 63.3       | 11.6       | 2.2        | 0.2        | 0.5        | 4.0        | 364.0             | 350.8              |
| Umala              | 30             | 16.1       | 13.1       | 29.8       | 66.2       | 103.8      | 86.1       | 58.1       | 23.0       | 5.3        | 1.3        | 2.4        | 6.4        | 411.6             | 398.0              |
| Viacha             | 52             | 24.4       | 33.7       | 46.9       | 78.5       | 123.4      | 86.1       | 65.2       | 29.7       | 10.6       | 3.5        | 6.0        | 10.6       | 518.6             | 529.8              |
| Villa_Adela        | 21             | 33.1       | 45.7       | 55.1       | 88.6       | 165.5      | 86.7       | 93.2       | 37.1       | 11.3       | 8.2        | 7.0        | 15.0       | 646.4             | 629.6              |
| Villa_Copaca       | 32             | 31.1       | 46.1       | 52.3       | 100.2      | 145.3      | 97.3       | 80.4       | 32.7       | 10.1       | 8.9        | 6.5        | 13.4       | 624.4             | 627.7              |
| Villa_Puni         | 20             | 24.7       | 33.9       | 48.5       | 87.1       | 130.0      | 86.1       | 66.8       | 26.5       | 9.3        | 5.1        | 7.6        | 12.4       | 537.9             | 546.1              |
| Vino_Tinto         | 36             | 29.9       | 44.3       | 54.9       | 103.9      | 143.7      | 100.7      | 81.4       | 32.4       | 9.9        | 8.0        | 7.0        | 11.9       | 627.8             | 620.3              |
| Cabaña_Fores       | 8              | 19.8       | 14.5       | 29.0       | 68.6       | 97.4       | 90.7       | 64.1       | 19.3       | 2.5        | 0.2        | 3.4        | 3.1        | 412.5             | 430.2              |
| Caracollo_Ca       | 12             | 26.4       | 19.0       | 30.1       | 70.1       | 83.3       | 77.4       | 54.7       | 18.6       | 1.0        | 2.9        | 2.3        | 7.8        | 393.6             | 346.3              |
| Challapata_T       | 35             | 14.3       | 14.6       | 28.9       | 67.4       | 98.1       | 71.1       | 56.8       | 10.8       | 3.6        | 2.1        | 1.1        | 5.3        | 374.2             | 381.1              |
| Chillca            | 11             | 18.1       | 17.1       | 29.9       | 73.7       | 105.3      | 81.3       | 64.1       | 14.3       | 1.8        | 4.0        | 4.8        | 13.0       | 427.4             | 433.2              |
| Choquekota         | 11             | 11.3       | 21.7       | 51.5       | 107.4      | 183.3      | 137.9      | 91.8       | 12.5       | 1.0        | 2.5        | 0.1        | 10.7       | 631.7             | 666.9              |
| Coipasa            | 10             | 2.1        | 7.1        | 5.5        | 31.0       | 59.0       | 62.7       | 31.8       | 3.1        | 0.0        | 0.0        | 0.0        | 0.0        | 202.6             | 148.8              |
| Condoriri          | 18             | 17.5       | 20.1       | 24.1       | 51.1       | 88.7       | 70.2       | 56.7       | 15.1       | 4.5        | 1.7        | 5.1        | 9.6        | 364.5             | 348.7              |
| Corque             | 19             | 9.2        | 13.9       | 25.6       | 54.1       | 139.9      | 69.2       | 57.3       | 9.2        | 0.8        | 2.2        | 0.2        | 4.5        | 386.1             | 396.3              |
| Cosapa             | 18             | 3.2        | 7.9        | 17.8       | 48.4       | 118.6      | 93.0       | 64.5       | 6.9        | 0.5        | 1.4        | 0.2        | 3.1        | 365.5             | 346.1              |
| Eucaliptus         | 30             | 25.1       | 18.5       | 31.2       | 66.0       | 105.0      | 71.9       | 58.0       | 12.9       | 2.4        | 0.8        | 1.9        | 9.7        | 403.5             | 385.1              |
| Huayllamarca       | 19             | 8.8        | 13.1       | 23.2       | 60.9       | 115.8      | 88.3       | 57.5       | 8.5        | 0.1        | 1.1        | 0.2        | 2.9        | 380.3             | 401.1              |
| Oruro_Aeropu       | 51             | 21.5       | 17.2       | 29.2       | 57.0       | 94.6       | 79.5       | 57.0       | 17.3       | 3.5        | 3.2        | 3.6        | 9.9        | 393.5             | 404.7              |
| Pazña              | 18             | 12.0       | 18.4       | 30.7       | 77.9       | 129.4      | 105.5      | 75.3       | 14.7       | 2.2        | 1.0        | 1.3        | 7.9        | 476.3             | 448.2              |
| Quillacas          | 21             | 9.5        | 6.6        | 19.4       | 40.7       | 85.9       | 65.1       | 50.4       | 9.8        | 1.0        | 0.4        | 1.2        | 4.9        | 294.9             | 263.0              |
| Sajama             | 9              | 1.2        | 9.8        | 13.1       | 47.9       | 101.7      | 81.3       | 50.3       | 2.3        | 0.9        | 0.0        | 0.0        | 0.5        | 309.0             | 258.7              |
| Salinas_G_D        | 19             | 3.2        | 2.7        | 10.1       | 34.7       | 120.4      | 88.0       | 46.1       | 3.3        | 0.9        | 0.4        | 0.0        | 1.7        | 311.6             | 286.1              |
| San_Jose_Kal       | 9              | 13.5       | 9.5        | 9.9        | 52.2       | 110.2      | 113.8      | 50.7       | 10.0       | 0.5        | 1.7        | 2.2        | 3.3        | 377.7             | 379.6              |
| San_Martin         | 24             | 2.4        | 6.7        | 8.9        | 37.9       | 97.8       | 67.2       | 36.5       | 6.5        | 0.1        | 0.5        | 0.3        | 1.8        | 266.5             | 273.3              |
| Todo_Santos_       | 27             | 1.5        | 4.0        | 4.7        | 24.1       | 81.7       | 77.0       | 42.1       | 4.1        | 0.1        | 1.1        | 1.3        | 0.6        | 242.4             | 241.6              |
| Turco              | 14             | 6.1        | 9.3        | 18.4       | 65.5       | 129.7      | 106.2      | 94.8       | 9.2        | 0.6        | 0.0        | 0.0        | 5.8        | 445.5             | 410.9              |

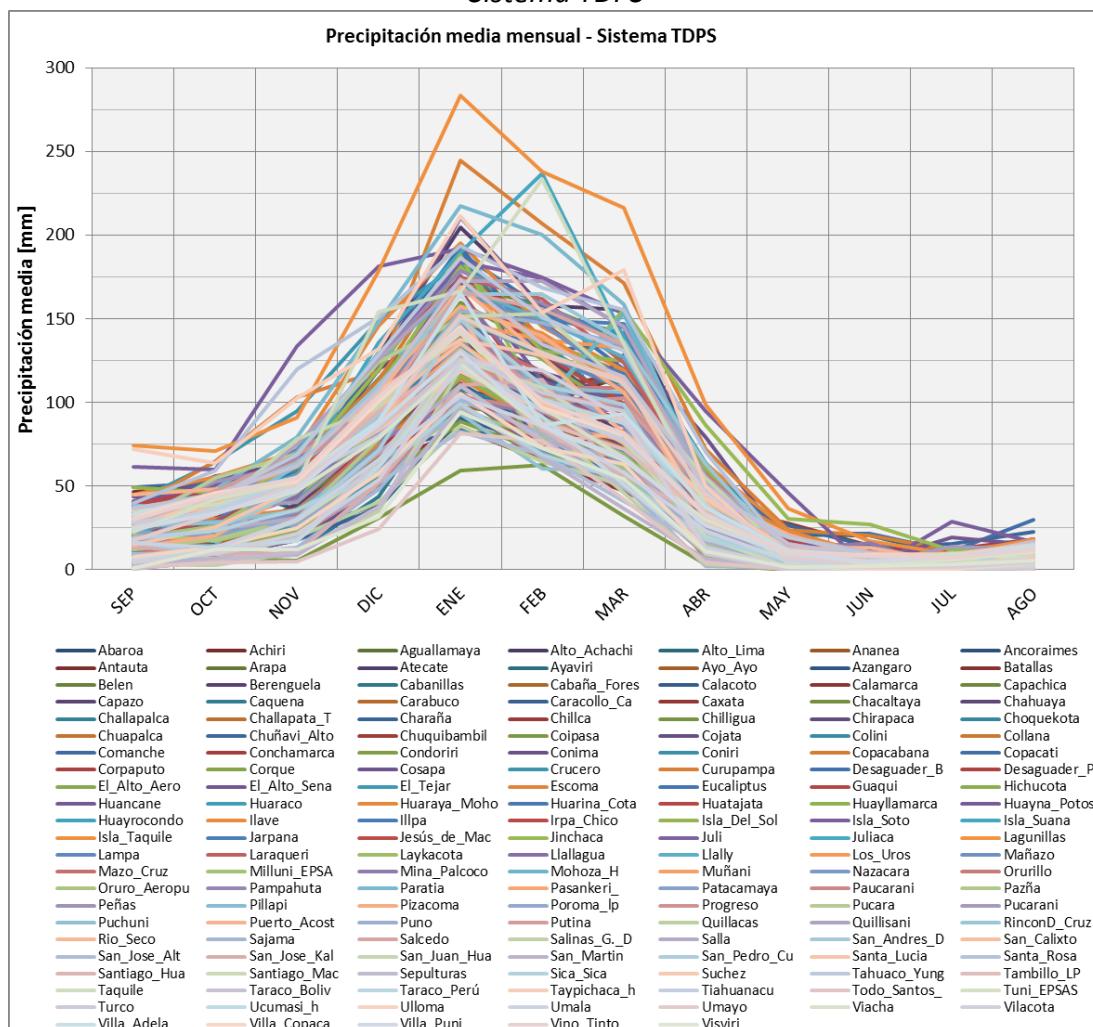
| <b>Id Estación</b> | <b>No Años</b> | <b>SEP</b> | <b>OCT</b> | <b>NOV</b> | <b>DIC</b> | <b>ENE</b> | <b>FEB</b> | <b>MAR</b> | <b>ABR</b> | <b>MAY</b> | <b>JUN</b> | <b>JUL</b> | <b>AGO</b> | <b>Anual Obs.</b> | <b>Anual Calc.</b> |
|--------------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|--------------------|
| Ucumasi_h          | 18             | 5.4        | 13.6       | 17.3       | 61.5       | 121.2      | 91.4       | 51.1       | 10.9       | 1.5        | 0.0        | 0.3        | 2.3        | 376.5             | 371.2              |
| Llallagua          | 8              | 13.8       | 25.8       | 43.6       | 101.3      | 164.8      | 105.9      | 85.9       | 21.7       | 2.2        | 0.0        | 4.5        | 3.2        | 572.8             | 640.1              |
| Ananea             | 39             | 31.0       | 44.6       | 59.8       | 98.0       | 123.6      | 103.1      | 98.2       | 48.6       | 18.2       | 7.3        | 5.2        | 12.7       | 650.2             | 630.4              |
| Antauta            | 30             | 46.5       | 51.7       | 64.9       | 92.9       | 107.6      | 97.9       | 116.2      | 37.8       | 18.4       | 6.2        | 4.7        | 17.9       | 662.9             | 650.4              |
| Arapa              | 52             | 27.2       | 49.6       | 63.8       | 97.4       | 131.9      | 113.7      | 111.8      | 52.0       | 10.5       | 5.7        | 3.1        | 11.6       | 678.4             | 688.5              |
| Atecate            | 30             | 17.8       | 20.0       | 47.4       | 129.7      | 204.6      | 158.1      | 155.2      | 58.6       | 6.8        | 1.0        | 1.0        | 10.9       | 811.1             | 822.0              |
| Ayaviri            | 39             | 18.4       | 45.3       | 71.7       | 107.6      | 140.9      | 112.9      | 104.9      | 54.1       | 9.2        | 3.9        | 1.8        | 9.7        | 680.3             | 684.1              |
| Azangaro           | 50             | 26.2       | 40.7       | 63.6       | 90.7       | 118.5      | 95.2       | 88.2       | 46.8       | 7.6        | 2.9        | 2.1        | 6.6        | 589.1             | 585.4              |
| Cabanillas         | 39             | 16.5       | 33.1       | 58.3       | 100.0      | 137.3      | 127.7      | 111.0      | 40.2       | 6.1        | 3.1        | 1.3        | 6.2        | 640.6             | 640.4              |
| Capachica          | 52             | 28.9       | 39.5       | 62.3       | 114.0      | 170.6      | 158.0      | 137.5      | 50.6       | 11.1       | 4.2        | 3.6        | 9.6        | 790.0             | 773.8              |
| Capazo             | 47             | 3.9        | 14.5       | 28.2       | 78.8       | 149.9      | 129.8      | 90.5       | 18.8       | 3.8        | 2.5        | 1.5        | 4.8        | 527.0             | 536.1              |
| Chilligua          | 46             | 18.1       | 30.4       | 44.0       | 90.0       | 160.0      | 133.4      | 106.8      | 31.6       | 7.9        | 3.5        | 3.9        | 12.2       | 641.7             | 645.4              |
| Chuquibambil       | 42             | 20.2       | 41.8       | 66.8       | 107.7      | 146.7      | 106.5      | 118.6      | 53.6       | 8.3        | 3.7        | 0.9        | 5.7        | 680.4             | 683.1              |
| Cojata             | 38             | 37.3       | 56.0       | 63.6       | 111.7      | 144.7      | 118.0      | 102.9      | 56.1       | 14.5       | 8.0        | 5.5        | 13.3       | 731.7             | 715.5              |
| Colini             | 30             | 17.6       | 29.8       | 60.1       | 100.6      | 169.7      | 151.2      | 139.8      | 43.7       | 10.7       | 3.1        | 0.5        | 4.2        | 731.1             | 753.5              |
| Conima             | 32             | 39.3       | 54.9       | 61.7       | 120.7      | 210.9      | 156.8      | 134.6      | 79.5       | 12.9       | 8.9        | 6.7        | 14.9       | 901.8             | 916.6              |
| Crucero            | 52             | 40.3       | 64.4       | 94.5       | 149.1      | 183.0      | 152.9      | 141.3      | 63.6       | 16.0       | 7.5        | 5.1        | 12.7       | 930.3             | 933.4              |
| Desaguader_P       | 39             | 23.7       | 33.1       | 57.8       | 106.4      | 175.2      | 148.0      | 112.5      | 38.0       | 8.6        | 6.4        | 5.0        | 11.8       | 726.3             | 764.6              |
| Huancane           | 52             | 31.0       | 45.1       | 65.2       | 107.1      | 142.5      | 107.6      | 103.0      | 40.7       | 10.7       | 4.4        | 3.6        | 9.2        | 670.0             | 671.0              |
| Huaraya_Moho       | 39             | 44.9       | 55.4       | 70.9       | 145.9      | 195.4      | 145.6      | 119.3      | 63.2       | 23.1       | 8.8        | 6.4        | 15.5       | 894.5             | 923.3              |
| Ilave              | 41             | 33.1       | 33.3       | 57.2       | 91.0       | 156.0      | 141.4      | 110.8      | 44.1       | 9.9        | 6.0        | 3.7        | 14.0       | 700.6             | 714.5              |
| Illpa              | 37             | 29.7       | 34.0       | 48.8       | 82.0       | 144.7      | 135.2      | 117.1      | 48.1       | 5.0        | 4.2        | 2.6        | 6.8        | 658.3             | 665.3              |
| Isla_Soto          | 4              | 61.4       | 59.9       | 133.5      | 181.5      | 191.9      | 175.0      | 153.2      | 94.7       | 46.2       | 0.0        | 28.6       | 16.3       | 1142.0            | 1117.1             |
| Isla_Suana         | 4              | 13.0       | 40.9       | 56.8       | 135.7      | 189.7      | 236.9      | 138.6      | 35.5       | 11.8       | 2.0        | 9.1        | 3.6        | 873.5             | 749.9              |
| Isla_Taquile       | 35             | 74.4       | 70.9       | 90.7       | 178.4      | 283.8      | 238.2      | 216.3      | 98.7       | 36.4       | 17.3       | 9.4        | 18.4       | 1332.9            | 1470.1             |
| Jarpana            | 30             | 22.0       | 28.9       | 63.6       | 106.7      | 168.7      | 149.7      | 147.3      | 46.4       | 12.7       | 3.8        | 2.9        | 7.6        | 760.3             | 765.9              |
| Juli               | 39             | 34.2       | 41.0       | 71.2       | 125.5      | 184.0      | 174.4      | 145.0      | 55.2       | 14.8       | 5.0        | 3.8        | 11.8       | 866.0             | 891.2              |
| Juliaica           | 42             | 21.2       | 38.8       | 57.1       | 84.0       | 133.0      | 99.3       | 89.7       | 37.7       | 8.0        | 4.1        | 2.0        | 6.3        | 581.2             | 581.4              |
| Lagunillas         | 42             | 11.9       | 23.8       | 53.4       | 100.0      | 168.0      | 138.2      | 112.0      | 38.5       | 7.4        | 3.2        | 1.7        | 7.8        | 666.0             | 640.6              |
| Lampa              | 52             | 22.3       | 47.0       | 63.5       | 110.6      | 150.1      | 128.8      | 108.0      | 49.9       | 6.9        | 3.5        | 1.5        | 8.0        | 700.2             | 704.7              |
| Laraqueri          | 52             | 23.3       | 33.6       | 55.7       | 107.2      | 174.8      | 161.9      | 123.4      | 45.0       | 9.8        | 4.3        | 4.0        | 10.2       | 753.1             | 754.8              |
| Llally             | 36             | 21.6       | 41.6       | 71.1       | 127.8      | 169.0      | 150.0      | 126.9      | 52.7       | 8.7        | 2.3        | 1.8        | 8.7        | 782.3             | 798.2              |
| Los_Uros           | 34             | 25.7       | 35.1       | 52.2       | 100.2      | 147.8      | 137.5      | 132.6      | 52.1       | 13.5       | 4.3        | 3.3        | 9.9        | 714.0             | 741.4              |
| Mañazo             | 36             | 16.9       | 26.7       | 48.9       | 101.9      | 166.3      | 147.1      | 113.4      | 35.2       | 9.6        | 3.2        | 1.4        | 3.8        | 674.5             | 692.8              |
| Mazo_Cruz          | 52             | 9.5        | 18.7       | 34.0       | 79.5       | 141.0      | 118.3      | 92.5       | 25.0       | 7.5        | 2.4        | 2.1        | 8.4        | 538.9             | 560.0              |
| Muñani             | 52             | 26.7       | 44.4       | 61.8       | 99.6       | 135.2      | 102.4      | 87.3       | 43.7       | 7.5        | 3.4        | 2.6        | 6.6        | 621.1             | 614.3              |
| Orurillo           | 31             | 31.3       | 40.5       | 68.2       | 105.4      | 150.0      | 108.5      | 108.6      | 57.3       | 14.2       | 5.0        | 2.7        | 5.9        | 697.6             | 701.3              |
| Pampahuta          | 52             | 16.0       | 38.4       | 67.6       | 127.2      | 178.9      | 159.3      | 133.7      | 52.3       | 10.6       | 2.9        | 2.8        | 7.7        | 797.3             | 801.4              |
| Paratia            | 31             | 23.4       | 48.4       | 79.3       | 148.2      | 217.6      | 200.1      | 158.7      | 48.1       | 15.5       | 5.8        | 4.9        | 16.6       | 966.6             | 1000.9             |
| Pizacoma           | 39             | 13.0       | 20.1       | 47.1       | 110.7      | 157.7      | 139.7      | 105.7      | 35.0       | 8.1        | 3.2        | 2.2        | 8.5        | 651.0             | 667.9              |
| Progreso           | 52             | 23.0       | 43.7       | 65.1       | 93.9       | 128.4      | 100.0      | 102.4      | 45.0       | 8.0        | 2.0        | 2.6        | 5.6        | 619.6             | 619.5              |
| Pucara             | 39             | 27.6       | 54.6       | 69.5       | 124.5      | 150.2      | 129.8      | 113.0      | 52.2       | 8.4        | 4.3        | 2.6        | 7.4        | 743.8             | 736.5              |
| Puno               | 52             | 25.8       | 45.2       | 51.5       | 91.9       | 155.1      | 147.8      | 134.2      | 53.0       | 8.7        | 3.8        | 2.4        | 10.6       | 730.0             | 736.2              |
| Putina             | 52             | 28.6       | 47.2       | 68.6       | 97.3       | 144.1      | 104.4      | 98.5       | 47.7       | 10.5       | 4.3        | 3.6        | 7.5        | 662.4             | 661.2              |
| Quillisaní         | 30             | 26.1       | 37.6       | 74.9       | 126.2      | 172.7      | 172.6      | 145.6      | 55.4       | 13.5       | 3.7        | 3.7        | 13.3       | 845.3             | 877.7              |
| RinconD_Cruz       | 9              | 26.4       | 43.6       | 63.9       | 110.6      | 164.7      | 165.0      | 136.4      | 63.3       | 9.2        | 8.5        | 3.1        | 7.9        | 802.6             | 781.7              |
| Salcedo            | 30             | 31.0       | 35.8       | 55.3       | 96.9       | 166.7      | 155.9      | 135.0      | 47.5       | 9.9        | 4.6        | 3.6        | 9.5        | 751.5             | 758.2              |
| Santa_Lucia        | 36             | 14.8       | 25.6       | 48.8       | 107.2      | 137.8      | 128.2      | 114.0      | 32.7       | 8.3        | 2.5        | 2.5        | 5.7        | 628.1             | 636.6              |
| Santa_Rosa         | 39             | 39.7       | 59.0       | 120.0      | 151.1      | 193.8      | 168.7      | 155.4      | 70.5       | 10.4       | 4.0        | 3.0        | 15.7       | 991.2             | 1020.6             |
| Tahuaco_Yung       | 39             | 37.1       | 43.8       | 68.5       | 128.4      | 186.6      | 151.1      | 130.6      | 46.3       | 19.0       | 9.2        | 5.3        | 14.8       | 840.8             | 859.7              |
| Taraco_Perú        | 52             | 23.8       | 36.7       | 54.0       | 85.9       | 131.2      | 102.3      | 87.3       | 38.0       | 5.9        | 4.7        | 1.9        | 6.4        | 578.3             | 568.8              |
| Umayo              | 33             | 17.7       | 33.4       | 50.2       | 89.5       | 151.7      | 129.6      | 111.5      | 45.7       | 7.7        | 3.9        | 2.1        | 6.3        | 649.4             | 650.7              |
| Challapalca        | 52             | 1.6        | 7.1        | 23.8       | 54.8       | 107.7      | 94.3       | 71.7       | 10.9       | 2.1        | 3.0        | 1.2        | 5.8        | 383.9             | 406.3              |
| Chuapalca          | 52             | 2.4        | 7.0        | 24.2       | 55.8       | 117.7      | 98.7       | 68.0       | 13.2       | 2.0        | 0.7        | 0.9        | 4.5        | 395.2             | 419.5              |
| Paucarani          | 52             | 4.6        | 7.2        | 19.4       | 52.2       | 104.0      | 94.9       | 67.4       | 12.1       | 2.5        | 3.7        | 2.5        | 4.4        | 374.7             | 377.1              |
| Vilacota           | 47             | 4.1        | 9.9        | 21.5       | 53.5       | 124.1      | 119.5      | 90.6       | 13.2       | 1.8        | 1.5        | 1.7        | 4.6        | 446.0             | 469.8              |
| Caquena            | 22             | 1.1        | 4.9        | 10.3       | 43.7       | 115.7      | 108.7      | 78.8       | 13.0       | 1.1        | 3.8        | 3.8        | 3.2        | 388.0             | 409.0              |
| Visviri            | 25             | 0.9        | 12.1       | 12.1       | 31.3       | 94.5       | 72.7       | 54.5       | 11.1       | 1.7        | 1.8        | 3.2        | 5.2        | 301.0             | 313.8              |

Fuente: Elaboración propia

La *tabla 3.38* presenta valores de precipitación media mensual y anual de las estaciones del Sistema TDPS que incluye algunas estaciones de apoyo. Estas estaciones son el resultado del presente estudio y fueron seleccionadas por su comportamiento regional homogéneo, por lo que servirán de base para estudios posteriores. La columna *Anual Obs* contiene valores de precipitación media anual resultado de promediar los valores observados durante el número de años indicados en la segunda columna. La columna *Anual Calc* contiene a los valores de precipitación media extendida para el periodo de análisis (1960-2012) estimados mediante el Vector Regional.

La figura 3.56 muestra los pluviogramas medios mensuales correspondientes a las estaciones de la tabla 3.38. Se observa que la mayoría de las estaciones siguen un comportamiento relativamente homogéneo. Los valores más bajos se registran entre los meses Mayo a Octubre (época seca) y los altos entre los meses de Diciembre a Marzo (época de lluvias), en general con valores máximos centrados en Enero. Las líneas más alejadas representan a las estaciones ubicadas en el Lago Titicaca (Isla Taquile, Isla Suana, Isla Soto, etc).

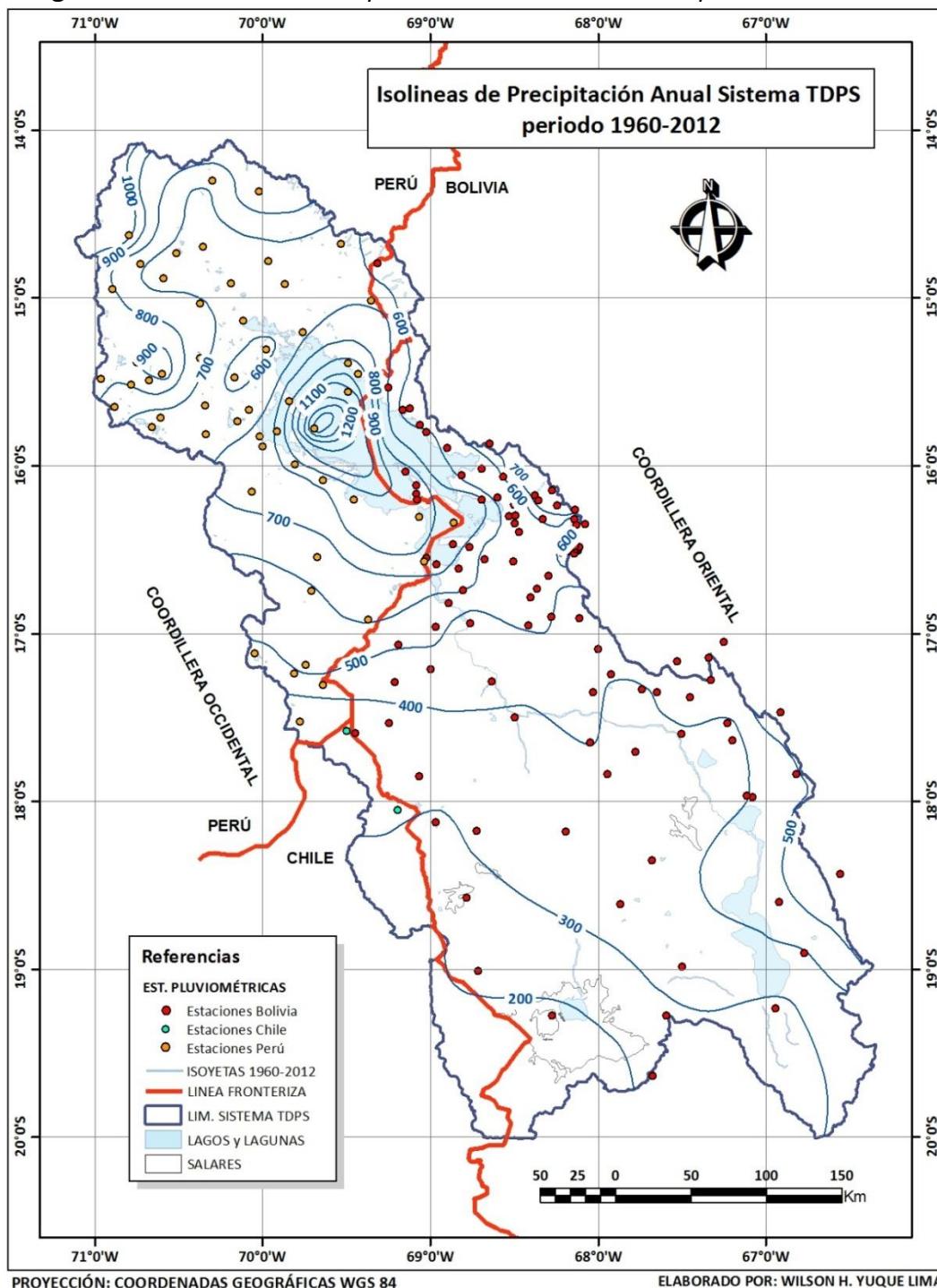
**Figura 3.56 Precipitación Media Mensual en [mm] de las estaciones seleccionadas del Sistema TDPS**



**Fuente:** Elaboración propia

Para la determinación de las isolineas de precipitación (*figura 3.57*) se considero los datos de precipitación media calculada (ó Anual Calc) para el periodo mas representativo que corresponde a los años 1960-2012 (*tabla 3.36 o 3.38*). Se suprimio la estación de Choquecota que tiene una precipitación media calculada de 666.9mm que no permitia el trazo de las isoyetas en su ubicación geográfica.

**Figura 3.57 Isolineas de Precipitación Anual Sistema TDPS periodo 1960-2012**



**Fuente:** Elaboración propia en base a resultados del Vector Regional, con datos reconstituidos

En la *figura 3.57* se puede apreciar que los valores de precipitación media anual varían de 200 a 1400mm a lo largo de todo el sistema. Los valores más altos se registran en el Lago Titicaca y zonas colindantes cuya variación se encuentra entre 600 a 1400mm. Al Noroeste del sistema (cabeceras de las cuencas de los ríos Ramis y Coata) se registran valores altos entre 600 a 1000mm. En la parte Sur del sistema se evidencia claramente que los volúmenes de precipitación disminuyen conforme se alejan del Lago Titicaca teniendo como precipitación mínima un valor de 200mm (en la zona del Salar de Coipasa). Debido a la presencia de la Cordillera Oriental, que actúa como barrera natural del sistema, se presentan precipitaciones orográficas registrándose valores de 600 a 700mm en la parte Este y de 500mm en la parte Sureste. Por lo tanto, se concluye que la distribución espacial de la precipitación media anual tiene un patrón decreciente de norte a sur a lo largo del sistema, y de este a oeste en la región sur.

## CAPITULO 4. VARIABLES METEOROLÓGICAS

El estudio de las variables meteorológicas merece una especial atención, porque es innegable el impacto social y económico que está asociado con los efectos producidos por su variación para el hombre y el medio ambiente, ya que esta información es una de las herramientas más importantes para la toma de decisiones. De acuerdo con ello se realizó un análisis riguroso sobre el tratamiento de la información disponible.

### 4.1 ANÁLISIS DE VARIABLES METEOROLÓGICAS

Al disponer de la información de registros de variables meteorológicas de: temperatura, humedad relativa, vientos, horas de sol y evaporación en tanque a **nivel diario** (de todas las estaciones bolivianas y algunas estaciones peruanas), se decidió tratarlos con algunos criterios de consistencia antes de obtener los correspondientes valores mensuales que son el objetivo de este estudio. El motivo de este proceso es reducir en lo posible la incertidumbre sobre la confiabilidad de los datos. Por lo tanto, el análisis de consistencia sobre la base de datos meteorológicos compilados se dividió en tres etapas:

#### a) ETAPA 1. Análisis de Datos Meteorológicos a Nivel Diario

Los criterios de consistencia que se consideraron para los registros diarios son:

- *Registros con códigos inexistentes.* Se refiere a que se encontraron letras y símbolos en lugar de números, los que se suprimieron.
- *Registros repetidos.* Se identificaron datos de meses enteros repetidos en diferentes años, se eliminaron los datos repetidos de años posteriores.
- *Valores fuera de rango “outliers”.* Se comprobó el rango de los valores meteorológicos introducidos en la base de datos. Por rango entendemos el límite superior y el inferior entre los que debe estar el valor de un dato para ser considerado como válido. Se tomó como parámetro referencial los límites aplicables según la norma UNE 500540 (2004) mostrados en la *tabla 4.1*.

**Tabla 4.1** Rangos de diferentes variables meteorológicas para datos diarios

| DATOS DIARIOS     | Rango mínimo | Rango máximo | Unidad            |
|-------------------|--------------|--------------|-------------------|
| Temperatura Media | -21          | 45           | °C                |
| Humedad Media     | 5            | 100          | %                 |
| Velocidad Viento  | 0            | 75           | m/s               |
| Dirección Viento  | 0            | 360          | °                 |
| Radiación         | 0            | 35           | MJ/m <sup>2</sup> |

*Fuente:* UNE 500540 (2004)

Estos límites se basan en los valores extremos que las distintas variables puedan tomar en la zona donde esté ubicada la estación. El estudio de climatología de la ALT (Intecsa et al. 1993a), nos permitió definir estos rangos con sus valores extremos registrados.

Todo valor que se encontraba fuera de su rango correspondiente (considerado improbable) fue eliminado; por ejemplo, códigos como -99 en registros de temperatura, -1 en Humedad relativa, horas de sol y evaporación en tanque. También se encontró una gran cantidad de valores fuera de rango por los signos en el caso de temperatura mínima (ver figura 4.1).

Los datos meteorológicos, pese a que sus valores estén dentro de rango, pueden presentar incoherencias con respecto a los valores de otros datos. En el caso de temperaturas, se suprimió registros cuando el valor de temperatura mínima era igual o superior al de temperatura máxima. De igual modo, se suprimió el valor de la temperatura máxima cuando este era igual o inferior al de temperatura mínima.

- *Secuencia de falsos ceros.* Identificados con la comparación de gráficos de los registros con estaciones vecinas.
- *Registros aislados inexistentes.* Los datos aislados faltantes fueron completados con el promedio del dato anterior y posterior. También se realizó controles sobre diferencias de registros entre dos días consecutivos.
- Se efectuó un chequeo de la *amplitud térmica diaria* que refleja la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima.
- Se consideraron dos fuentes de variabilidad: Interanual (variación del dato registrado en un momento del año y en los distintos años de la serie) y Temporal (variación del dato respecto al valor precedente o sucesivo).
- Se realizó una validación espacial de los registros; es decir, los valores de un mismo parámetro medidos al mismo tiempo en estaciones cercanas no pueden diferir demasiado unos de otros.

A continuación se exponen algunos ejemplos de errores que se identificaron según los criterios establecidos:

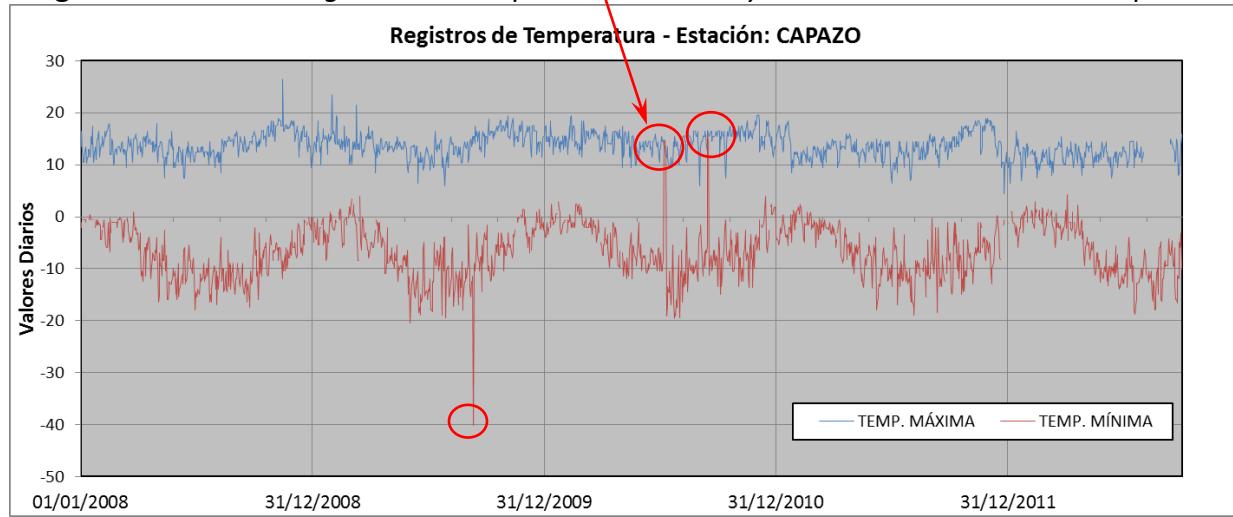
La *figura 4.1* muestra una planilla de la estación de Capazo, correspondiente al mes de julio del 2010; donde podemos apreciar que los valores de temperatura mínima son superiores a los valores de temperatura máxima, lo cual no es correcto. Se puede identificar con mayor facilidad este error mediante el ploteo de los registros como se puede ver en la *figura 4.2*. Es evidente que el error se debe a la falta del signo negativo (-) a los registros del 7 al 10 de julio del 2010.

**Figura 4.1 Planilla de registros de la Estación de Capazo del mes de Julio de 2010**

| Estación : CAPAZO , Tipo Convencional - Meteorológica |                      |                        |                             |      |                               |                   |                    |      |                          |                                |
|---|----------------------|------------------------|-----------------------------|------|-------------------------------|-------------------|--------------------|------|--------------------------|--------------------------------|
| Departamento : PUNO                                   |                      |                        | Provincia : EL COLLAO       |      |                               | Distrito : CAPASO |                    |      | Ir : 2010-07             |                                |
| Latitud : 17° 11' 11"                                 |                      | Longitud : 69° 44' 44" |                             |      |                               | Altitud : 4419    |                    |      |                          |                                |
| Día/mes/año   | Temperatura Max (°c) | Temperatura Min (°c)   | Temperatura Bulbo Seco (°c) |      | Temperatura Bulbo Húmedo (°c) |                   | Precipitación (mm) |      | Dirección del Viento 13h | Velocidad del Viento 13h (m/s) |
|   |                      |                        | 07                          | 13   | 19                            | 07                | 13                 | 19   | 07                       | 19                             |
| 01-Jul-2010   | 12.5                 | -10.5                  | -1.2                        | 12.2 | 1                             | -6                | 9.6                | 1    |                          | W                              |
| 02-Jul-2010   | 13.5                 | -7                     | -2.6                        | 14.2 | 2.4                           | -2.8              | 12.4               | 1.4  |                          | W                              |
| 03-Jul-2010   | 15.5                 | -10.5                  | -4.8                        | 13.4 | 1.6                           | -4.6              | 10.2               | 1.2  |                          | W                              |
| 04-Jul-2010   | 14.6                 | -10.5                  | -3.8                        | 12.4 | 1.2                           | -3.8              | 9.6                | 1.4  |                          | E                              |
| 05-Jul-2010   | 14.5                 | -9.5                   | -2.5                        | 14.2 | 1.2                           | -2.8              | 6.4                | 1.2  |                          | NE                             |
| 06-Jul-2010   | 14.8                 | -8.5                   | -3.4                        | 13.6 | 1.2                           | -3.8              | 6.6                | 3.2  |                          | W                              |
| 07-Jul-2010   | 13.5                 | 14.5                   | -7.2                        | 12.6 | 2.2                           | -7.8              | 7.8                | 1.2  |                          | C                              |
| 08-Jul-2010   | 13.5                 | 14.8                   | -7.2                        | 13.2 | 1.4                           | -8.4              | 4.4                | 1.8  |                          | W                              |
| 09-Jul-2010   | 13.6                 | 14.5                   | -10.6                       | 11.6 | 1.2                           | -11.4             | 4.6                | 1.4  |                          | E                              |
| 10-Jul-2010   | 11.5                 | 13                     | -5.8                        | 10.4 | -2                            | -6.4              | 4                  | -1.8 |                          | W                              |
| 11-Jul-2010   | 11.5                 | -19.2                  | -3.2                        | 11.8 | 3.2                           | -2                | 8.2                | 2    |                          | W                              |
| 12-Jul-2010   | 13.5                 | -17                    | -4.6                        | 12.8 | 1.6                           | -6.2              | 8                  | 1.8  |                          | W                              |
| 13-Jul-2010   | 11.5                 | -13.5                  | -4.2                        | 11.6 | 1.2                           | -4.8              | 5.8                | 1.4  |                          | W                              |
| 14-Jul-2010   | 10                   | -14.5                  | -4.8                        | 10.8 | -2                            | -6.2              | 7.6                | -4   |                          | W                              |
| 15-Jul-2010   | 10                   | -14.6                  | -2.4                        | 10.2 | -3                            | -2.4              | 7                  | -1.2 |                          | W                              |
| 16-Jul-2010   | 10                   | -10.5                  | -3.8                        | 8.8  | -2.4                          | -4.2              | 7                  | -4.8 |                          | W                              |
| 17-Jul-2010   | 9.5                  | -14.5                  | -4.2                        | 8    | 3.4                           | -4.8              | 3.8                | 3.8  |                          | W                              |
| 18-Jul-2010   | 11.5                 | -17                    | 5.8                         | 12.4 | 1.2                           | -5.4              | 7.2                | 1.6  |                          | W                              |
| 19-Jul-2010   | 9.5                  | -13.5                  | -2.2                        | 10.8 | 1.2                           | -2                | 5.4                | 3    |                          | W                              |
| 20-Jul-2010   | 9.5                  | -13.6                  | -2.2                        | 10.6 | 1.2                           | -2                | 5.6                | -3   |                          | W                              |
| 21-Jul-2010   | 10.5                 | -5.5                   | -1.2                        | 9.4  | 1.6                           | -1                | 5.2                | 1    |                          | W                              |
| 22-Jul-2010   | 14.5                 | -16.2                  | -6.8                        | 13   | 2.2                           | -5                | 8.8                | .8   |                          | W                              |
| 23-Jul-2010   | 13.5                 | -19.6                  | -7                          | 12.6 | 1.4                           | -5.2              | 7.2                | .6   |                          | W                              |
| 24-Jul-2010   | 15.5                 | -18.5                  | -2.4                        | 13.2 | 4.2                           | -1.2              | 3.4                | 1.4  |                          | W                              |
| 25-Jul-2010   | 14.5                 | -19.2                  | -6.2                        | 13.2 | 3.6                           | -1                | 12.6               | 2.8  |                          | C                              |
| 26-Jul-2010   | 13.5                 | -16.8                  | -6.2                        | 10.6 | 3.2                           | -3                | 8.4                | 1    |                          | W                              |
| 27-Jul-2010   | 13.5                 | -16                    | -5.2                        | 12.2 | .8                            | -3.2              | 9.8                | .2   |                          | C                              |
| 28-Jul-2010   | 14.5                 | -17.5                  | -6.4                        | 13.8 | 2.4                           | -4.8              | 10                 | 1.2  |                          | E                              |
| 29-Jul-2010   | 13                   | -12                    | -6.4                        | 12.8 | 4                             | -4.2              | 9.4                | 3    |                          | W                              |
| 30-Jul-2010   | 13                   | -7.5                   | -1                          | 7.8  | 2.4                           | -8                | 3                  | 2.4  |                          | W                              |
| 31-Jul-2010   | 10                   | -12.5                  | -2                          | 8    | -8                            | 7.8               | .8                 |      |                          | W                              |

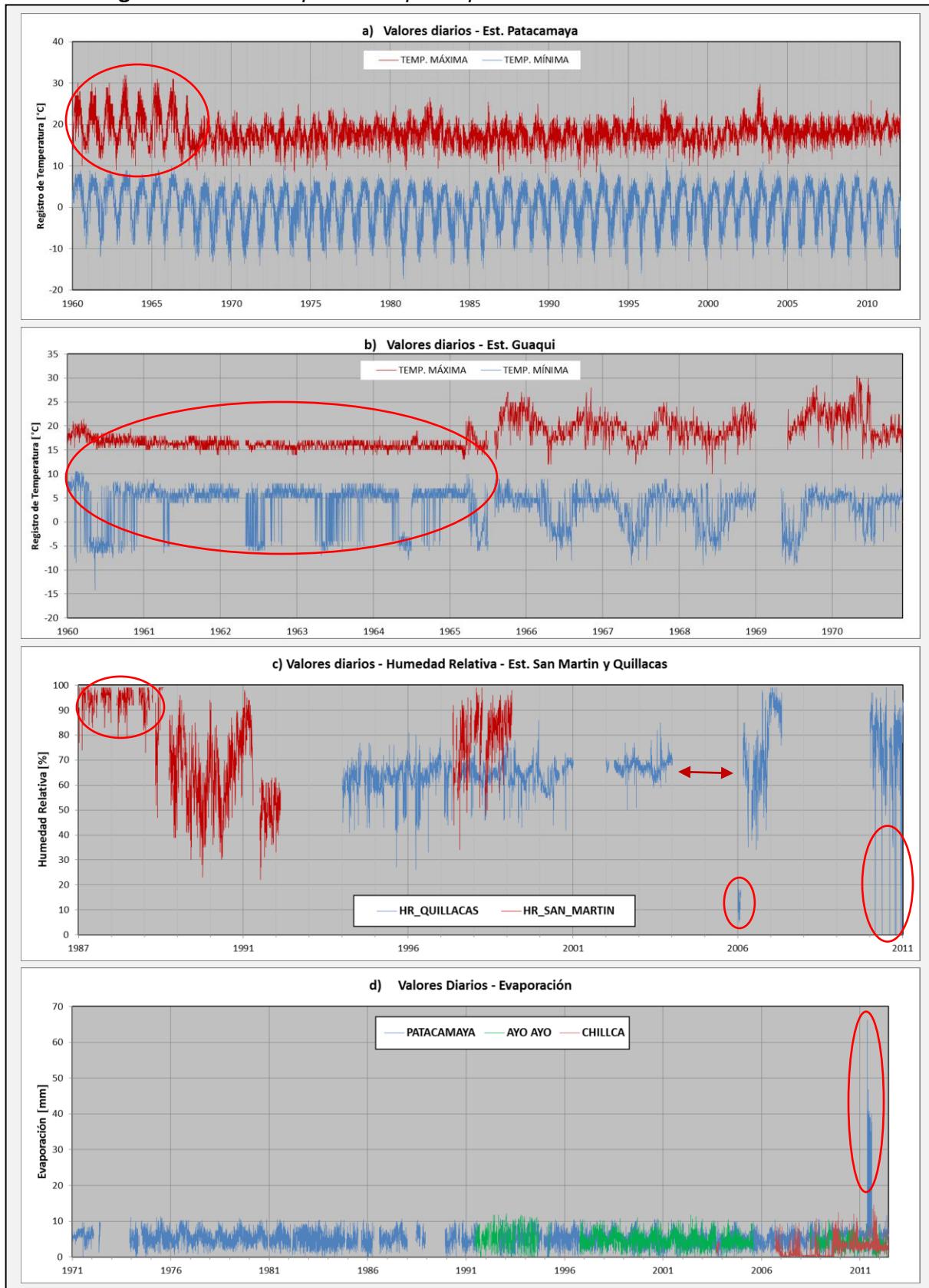
Fuente: Información descargada [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

**Figura 4.2 Ploteo de registros de Temperatura Máxima y Mínima de la estación de Capazo**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la página web del SENAMHI Perú

**Figura 4.3 Datos sospechosos que se pueden considerar como no validos**



**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos diarios SENAMHI Bolivia

Una inspección visual sobre los datos que se pretende analizar resulta ser muy útil, para ello se debe representar la evolución temporal de las variables en varios niveles.

La *figura 4.3* muestra diferentes ejemplos de registros malos de algunas estaciones de los que se pueden dar las siguientes observaciones: *Figura 4.3a* muestra el periodo de 1960-67 con registros diarios de temperatura máxima elevados con respecto a sus registros habituales para la estación de Patacamaya. *Figura 4.3b* evidencia malos registros de la estación de Guaqui tanto para sus valores de temperatura máxima como mínima, presenta cambios bruscos no siguiendo un comportamiento cíclico característico. *Figura 4.3c* se observa los valores de humedad relativa de dos estaciones próximas ubicadas al sur del sistema TDPS, la estación de San Martín tiene 3 años continuos de registros superiores al 85% (sospechoso), la estación de Quillacas tiene varios valores de cero (0) entre los años 2010 a 2011 lo que no es posible. *Figura 4.3d* evidencia varios valores diarios de evaporación en tanque fuera de rango para la estación de Patacamaya, las estaciones de Ayo\_Ayo y Chilca justifican la eliminación de esos registros.

**b) ETAPA 2. Análisis de Datos Meteorológicos a Nivel Mensual**

Después del exhaustivo análisis de errores y detección de inconsistencias a nivel diario se procedió al cálculo de valores mensuales dentro del software Hydraccess.

Para el análisis de consistencia y homogeneización a nivel mensual se recurrió a la experiencia adquirida en el proceso realizado para datos pluviométricos. Se vio conveniente emplear los mismos procedimientos y criterios con algunas adaptaciones de acuerdo al comportamiento que presentaban los datos de temperatura y humedad relativa principalmente; esto únicamente para identificar valores irreales u outliers que pudieran filtrarse a través del análisis de valores diarios.

**c) ETAPA 3. Relleno y Reconstitución Estadística de Datos Meteorológicos**

Para el relleno de registros meteorológicos faltantes se utilizó el criterio de correlación lineal múltiple entre estaciones homogéneas, empleando el módulo de regresión lineal múltiple del programa IBM SPSS - Statistical Product and Service Solutions versión 21. Se empleó los mismos criterios establecidos en el relleno y reconstitución de datos pluviométricos con la siguiente observación:

Para el algoritmo de mínimos cuadrados, se utilizó el modelo de regresión lineal múltiple con término independiente de la forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n$$

Donde:

$Y$  : Variable dependiente (estación con lagunas)

$\beta_0$  : Término independiente

$\beta_1, \dots, n$  : Coeficiente, que indica el peso relativo de esa variable en la ecuación

$X_1, \dots, n$  : Variables independientes (estaciones con series completas)

Se analizó todos los parámetros del archivo de resultados descritos en el punto 3.2.3 del presente informe. Para el caso de temperaturas máximas, humedad relativa y evaporación el término independiente no podía adquirir valores negativos.

## 4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN TERMOMÉTRICA

La temperatura es la variable meteorológica que se manifiesta en el calentamiento del suelo, agua y aire, producido por la radiación solar. Los factores que determinan la variabilidad de la temperatura son: la hora local, la estación del año, la constitución del suelo y la situación geográfica.

En el presente informe se han analizado las series históricas de 114 estaciones ubicadas dentro del área de estudio y de 8 estaciones exteriores en calidad de apoyo; todas ellas pertenecientes a la red de los servicios nacionales de meteorología e hidrología de Bolivia y Perú.

### 4.2.1 INVENTARIO DE LA INFORMACIÓN TERMOMÉTRICA 1960 - 2012 NIVEL MENSUAL

La información termométrica disponible de los registros de las estaciones meteorológicas son las que corresponden a: Temperatura máxima y mínima, para algunas estaciones bolivianas se cuenta con registros de temperatura media.

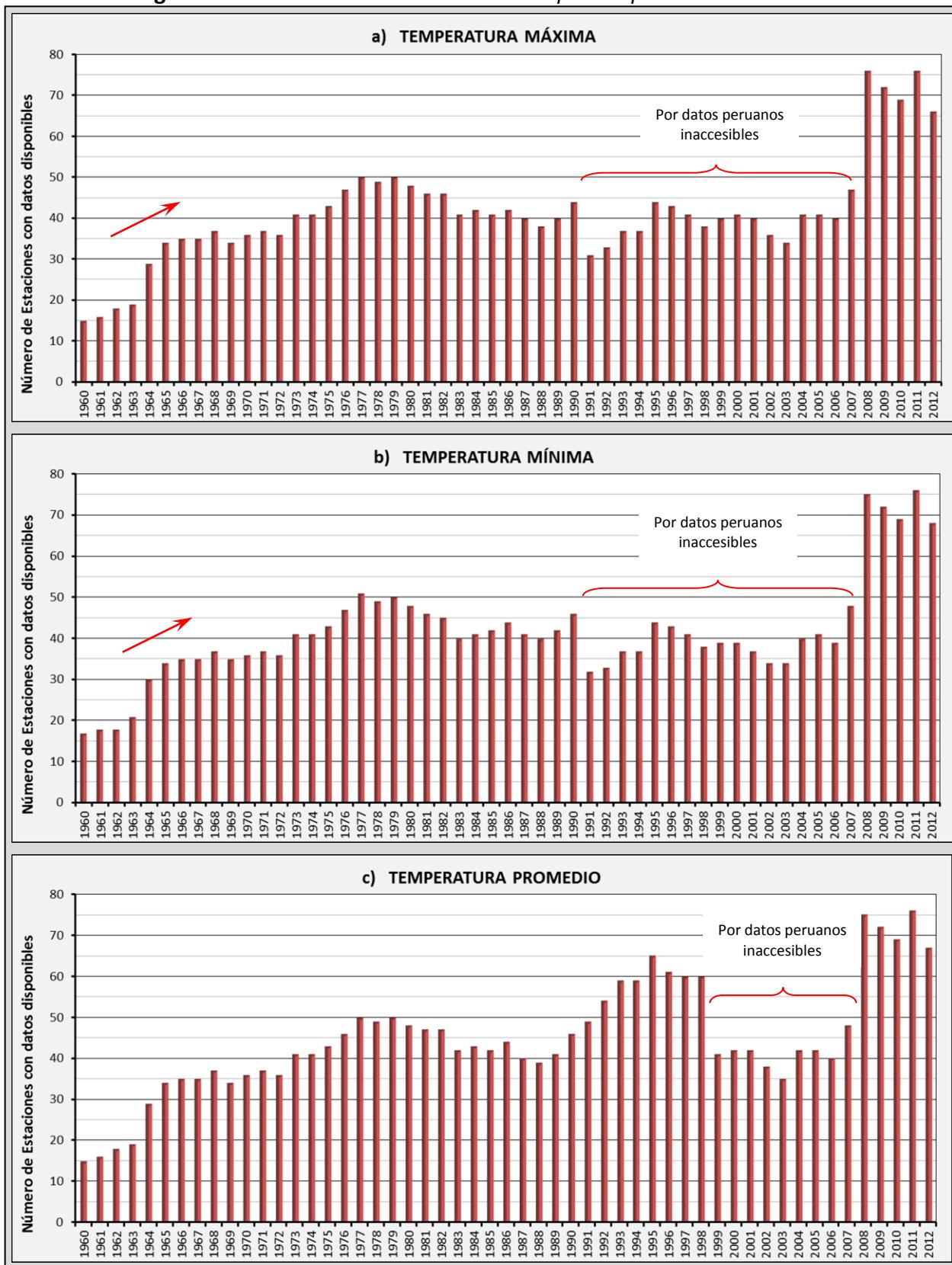
Realizado el análisis de los datos de *Temperatura Media* del estudio de climatología de la ALT (Intecs et al 1993), se verifico que sus valores son el resultado de la semisuma de las temperaturas máximas y mínimas. Entonces, para no mezclar la información se decidió renombrar estos datos como *Temperatura promedio*.

La *figura 4.4* muestra el número de estaciones con datos disponibles para cada año del periodo de estudio (1960 – 2012) de los registros de temperatura máxima, mínima y promedio. Se observa que los registros termométricos aumentaron en el transcurso de los años debido a la apertura de nuevas estaciones y a la ampliación de categoría de estaciones existentes con la implementación de instrumental.

En la *figura 4.4a* y *4.4b*, que corresponden a temperatura máxima y mínima, se observa una disminución de registros entre el periodo de 1990 a 2007 debido principalmente al difícil acceso a los datos peruanos. Los datos de temperatura promedio de las estaciones peruanas del estudio de balance hídrico superficial de la cuenca del Lago Titicaca (A. Aliaga et al, 2003) permitieron el aumento de registros en el periodo de 1990 a 1998 quedando un vacío para el periodo de 1998 a 2007 (ver *figura 4.4c*).

Las *tablas 4.2, 4.3 y 4.4* muestran el diagrama de barras que ilustra la disponibilidad de los registros termométricos originales de 122 estaciones, presentadas en orden alfabético y agrupadas por departamentos. Los datos validados ALT se muestran de color verde, los datos originales actualizados de color plomo y el año de clausura de la estación de color naranja. Los números indican meses de registro del año.

**Figura 4.4 Record de datos termométricos para el periodo 1960 -2012**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

**Tabla 4.2** *Inventario de Datos Originales de Temperatura Máxima a nivel Mensual (Diagrama de Barras)*

| Nº  | Estación              | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|-----|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 96  | Viacha                |      | 5    | 2    |      | 9    | 8    |      |      | 11   |      |      |      | 7    |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   | 2    |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |
| 98  | Villa Copacabana      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      |      |
| 99  | Villa Puni            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 100 | Vino Tinto            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 101 | Wariscata             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 101 | Wariscata             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 102 | Andamarca             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 103 | Boliviar AT Or        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 104 | Cabaña Forestal Oruro |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 105 | Caracollo Cadea       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 106 | Challapata (Tacagua)  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 107 | Chilca                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 108 | Choquekota            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 109 | Chuquiña              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 110 | Chuquiña AT           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 10   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 112 | Condo AT              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 113 | Condoriri             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 114 | Corque                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 115 | Cosapa                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 116 | Curahuara de Carangas |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 117 | El Choro AT           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 118 | Eucaliptus            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 119 | Huachacalla           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 120 | Huayllamarca          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 121 | Kataricawa AT         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 122 | Opoqueri              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 123 | Opoqueri AT           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 124 | Orinoca AT            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 125 | Orinoca H             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 126 | Oruro Aeropuerto      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   | 10   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 127 | Pazña                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 129 | Quillacas             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 131 | Sajama                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 132 | Salinas G. De Mendoza |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 134 | San Martin            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 135 | Todos Santos Or       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 136 | Turco                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 138 | Llallagua             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 139 | Llica                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 140 | Ananea                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 142 | Arapa                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 144 | Ayaviri               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 145 | Azangaro              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 146 | Cabanillas            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 147 | Capachica             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 148 | Capazo                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

**Tabla 4.3** *Inventario de Datos Originales de Temperatura Mínima a nivel Mensual (Diagrama de Barras)*

| Nº  | Estación              | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |  |  |  |  |  |   |
|-----|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|---|
| 96  | Viacha                |      | 6    | 8    | 11   | 8    |      | 11   |      | 7    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   | 2    | 9    | 10   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  | 9 |
| 99  | Villa Puni            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 100 | Vino Tinto            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 101 | Wariscata             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 102 | Andamarca             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 103 | Boliviari AT Or       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 104 | Cabaña Forestal Oruro |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 105 | Caracollo Cadea       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 106 | Challapata (Tacagua)  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 107 | Chilca                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 108 | Choquekota            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 109 | Chuquiña              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 110 | Chuquiña AT           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 10   |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 112 | Condo AT              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 113 | Condoriri             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 114 | Corque                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 115 | Cosapa                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 116 | Curahuara de Carangas |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 117 | El Choro AT           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 118 | Eucaliptus            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 119 | Huachacalla           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 120 | Huayllamarca          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 121 | Kataricawa AT         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 122 | Opoqueri              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 123 | Opoqueri AT           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 124 | Orinoca AT            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 125 | Orinoca H             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 126 | Oruro Aeropuerto      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 127 | Pazña                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 129 | Quillacas             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 131 | Sajama                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 132 | Salinas G. De Mendoza |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 134 | San Martin            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 135 | Todos Santos Or       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 136 | Turco                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 138 | Llallagua             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 139 | Llica                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 140 | Ananea                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 142 | Arapa                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 144 | Ayaviri               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 145 | Azangaro              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 146 | Cabanillas            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 147 | Capachica             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 148 | Capazo                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |
| 150 | Chuquibambilla        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |   |

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

**Tabla 4.4** *Inventario de Datos Originales de Temperatura Promedio a nivel Mensual (Diagrama de Barras)*



| Nº  | Estación          | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|-----|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 151 | Cojata            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 154 | Crucero           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 155 | Desaguadero(Peru) | 11   |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   |      |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 156 | Huancane          |      |      | 11   |      | 10   | 11   |      |      |      |      |      |      | 11   | 11   | 11   | 8    |      |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 157 | Huaraya Moho      | 10   | 11   | 11   | 11   | 10   | 11   | 10   | 11   |      |      |      |      |      | 11   |      |      |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 158 | Ilove             |      |      | 11   | 11   | 8    |      |      | 3    |      |      |      |      | 11   |      |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 159 | Illpa             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7    |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 161 | Isla Suana        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 162 | Isla Taquile      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 164 | Juli              | 7    | 10   | 10   | 11   | 10   |      |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 165 | Juliaca           |      |      |      |      |      |      |      |      | 10   |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 166 | Lagunillas        | 11   | 8    | 9    | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   | 11   | 11   | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 167 | Lampa             | 11   |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   | 11   | 11   | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 168 | Laraqueri         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 169 | Llally            |      | 9    |      | 11   | 10   |      |      | 9    | 11   | 10   | 8    |      | 11   | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 170 | Los Uros          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 171 | Mañazo            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 172 | Mazo Cruz         |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5    | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 173 | Muñani            |      |      |      |      |      |      |      | 11   | 11   |      | 9    | 5    | 10   |      |      |      | 8    | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 176 | Pampahuta         | 2    |      |      |      |      |      |      |      | 10   | 11   |      |      |      |      |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 178 | Pizacoma          |      |      | 10   | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 179 | Progreso          |      |      |      |      |      |      |      | 11   |      | 11   |      |      |      |      |      |      | 11   |      | 2    | 6    | 10   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 180 | Pucara            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 181 | Puno              | 11   | 11   |      |      |      |      |      | 11   | 11   | 11   |      |      |      |      |      |      |      | 11   | 11   | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 182 | Putina            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 184 | Rincon De La Cruz |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 185 | Granja Salcedo    |      | 11   |      | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 187 | Santa Rosa        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 188 | Tahuaco Yunguyo   | 11   |      |      |      |      |      |      | 11   | 11   |      |      |      |      |      |      |      | 11   |      | 11   | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 189 | Taraco(Perú)      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 192 | Chuapalca         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 193 | Paucarani         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 194 | Vilacota          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 196 | Caquena           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 10   |      | 10   | 4    | 8    |      | 2    | 5    |      | 2    | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Año con registro completo de datos a nivel mensual de la estación meteorológica  
 Año con registro completo de datos extraídos del Estudio De Climatología 1993 (Plan Director Global Binacional de Protección - Prevención de Inundaciones y Aprovechamiento de los Recursos del sistema TDPS)  
 Año de cierre y clausura de la estación meteorológica  
 Año incompleto ó sin registros de la estación meteorológica  
 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 Número de meses con datos, en años con lagunas

Fuente: Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

Se debe aclarar que en estaciones peruanas se dispone de registros diarios únicamente para el periodo 2008 a 2012 (transcritas de la página web del SENAMHI Perú). Todas las estaciones bolivianas cuentan con registros a nivel diario.

El trabajo realizado para las estaciones bolivianas se inició con los datos diarios originales provenientes del SENAMHI-Bolivia. Se tomó como parámetro de comparación los datos mensuales del estudio de climatología de la ALT (Intecsa et al 1993). Para el análisis de los datos de las estaciones peruanas se utilizaron solo los datos de temperatura máxima y mínima (Intecsa et al 1993), porque los datos que presentaban como valores medios de algunas estaciones no correspondían al promedio de la máxima y mínima (*ejemplo figura 4.5*).

## 4.2.2 DATOS TERMOMÉTRICOS MEDIOS MENSUALES Y ANUALES

### 4.2.2.1 TEMPERATURA PROMEDIO

El análisis de los datos de Temperatura Promedio, deja 98 estaciones confiables (93 estaciones dentro de la cuenca y 5 estaciones de apoyo). La *tabla 4.5* presenta los valores de Temperatura Media Promedio Mensual y Anual de las estaciones seleccionadas.

**Tabla 4.5** Temperatura Media Promedio Mensual y Anual en [°C] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012

| Nº | Id Estación  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | AÑO 60-12 | Año ALT 60-90 |
|----|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|---------------|
| 3  | Achiri       | 6.9  | 8.6  | 9.8  | 10.7 | 10.4 | 10.3 | 10.0 | 8.9  | 5.6  | 4.1  | 3.8  | 5.4  | 7.9       |               |
| 5  | Alto_Achachi | 2.6  | 4.1  | 4.8  | 5.6  | 5.3  | 5.1  | 4.8  | 4.0  | 2.2  | 0.9  | 0.7  | 1.9  | 3.5       | 7.9           |
| 9  | Ayo_Ayo      | 6.6  | 8.8  | 10.2 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 9.7  | 8.1  | 5.1  | 3.3  | 2.9  | 4.3  | 7.6       | 7.1           |
| 12 | Belen        | 6.8  | 8.2  | 8.7  | 9.2  | 9.1  | 8.9  | 8.7  | 7.5  | 5.4  | 3.9  | 3.6  | 4.9  | 7.1       | 7.6           |
| 14 | Calacoto     | 6.4  | 8.6  | 9.9  | 10.8 | 10.6 | 10.6 | 10.1 | 8.3  | 5.0  | 3.0  | 2.7  | 4.4  | 7.5       | 8.9           |
| 15 | Calamarca    | 8.9  | 10.4 | 11.1 | 11.3 | 11.0 | 10.6 | 10.4 | 9.5  | 7.6  | 5.5  | 5.6  | 7.0  | 9.1       |               |
| 16 | Caquiyaviri  | 6.0  | 7.8  | 8.7  | 9.8  | 9.6  | 9.4  | 9.0  | 7.8  | 5.8  | 4.2  | 4.1  | 4.9  | 7.3       |               |
| 17 | Carabuco     | 8.8  | 9.9  | 10.5 | 10.6 | 10.4 | 10.5 | 10.3 | 9.5  | 7.9  | 6.7  | 6.5  | 7.4  | 9.1       |               |
| 22 | Charaña      | 5.1  | 7.0  | 8.4  | 9.5  | 9.8  | 9.6  | 9.2  | 7.3  | 4.5  | 2.4  | 2.0  | 3.2  | 6.5       | 8.6           |
| 24 | Chirapaca    | 7.5  | 8.8  | 9.5  | 9.8  | 9.5  | 9.4  | 9.2  | 8.2  | 6.3  | 4.8  | 4.6  | 5.7  | 7.8       |               |
| 26 | Collana      | 8.7  | 10.1 | 11.0 | 11.1 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 9.7  | 8.0  | 6.5  | 6.2  | 7.4  | 9.2       | 9.1           |
| 28 | Comanche     | 6.9  | 8.3  | 9.6  | 9.7  | 9.4  | 9.3  | 9.1  | 8.0  | 6.1  | 3.9  | 3.6  | 5.1  | 7.4       | 7.5           |
| 31 | Copacabana   | 9.0  | 10.1 | 10.7 | 10.5 | 10.2 | 10.2 | 10.1 | 9.9  | 8.9  | 7.9  | 7.6  | 8.3  | 9.5       | 9.4           |
| 32 | Copacati     | 8.7  | 9.5  | 9.9  | 10.2 | 9.9  | 9.9  | 9.9  | 9.3  | 7.9  | 6.8  | 6.7  | 7.5  | 8.9       |               |
| 33 | Copancara    | 7.9  | 9.0  | 9.7  | 10.2 | 10.0 | 9.9  | 9.6  | 8.8  | 6.2  | 5.3  | 5.3  | 6.3  | 8.2       |               |
| 38 | El_Alto_Aero | 7.2  | 8.5  | 9.2  | 9.1  | 8.7  | 8.7  | 8.5  | 7.9  | 6.4  | 5.1  | 4.9  | 5.9  | 7.5       | 7.9           |
| 39 | El_Alto_Sena | 6.8  | 8.2  | 9.2  | 8.9  | 8.7  | 8.9  | 8.3  | 7.8  | 6.0  | 4.8  | 4.7  | 5.7  | 7.3       |               |
| 41 | Escoma       | 9.6  | 11.0 | 11.7 | 11.3 | 11.5 | 11.6 | 10.8 | 10.2 | 8.0  | 6.4  | 6.7  | 7.7  | 9.7       |               |
| 43 | Hichucota    | 5.4  | 6.4  | 7.0  | 7.1  | 6.8  | 6.8  | 6.8  | 6.7  | 5.9  | 4.9  | 4.4  | 4.9  | 6.1       | 6.1           |
| 44 | Huacullani_B | 7.2  | 8.8  | 9.8  | 10.3 | 10.0 | 10.2 | 9.9  | 8.4  | 6.0  | 4.4  | 4.2  | 5.6  | 7.9       | 4.8           |
| 45 | Huaraco      | 8.7  | 10.4 | 11.2 | 11.7 | 11.0 | 11.0 | 10.7 | 9.9  | 7.4  | 5.7  | 5.8  | 7.2  | 9.2       |               |
| 46 | Huarina_Cota | 7.6  | 9.0  | 9.7  | 10.0 | 9.6  | 9.6  | 9.4  | 8.5  | 6.5  | 5.0  | 4.7  | 6.0  | 8.0       | 7.7           |
| 47 | Huatajata    | 8.2  | 9.4  | 10.3 | 10.2 | 9.8  | 10.1 | 9.5  | 8.9  | 7.0  | 5.9  | 5.9  | 7.0  | 8.5       |               |
| 49 | Huayocondo   | 6.8  | 8.4  | 9.1  | 9.8  | 9.6  | 9.5  | 9.1  | 8.2  | 5.7  | 4.2  | 4.1  | 5.3  | 7.5       |               |
| 51 | Irpa_Chico   | 7.0  | 8.2  | 9.6  | 9.3  | 8.9  | 9.3  | 8.9  | 8.0  | 5.7  | 4.6  | 3.9  | 5.5  | 7.4       | 7.4           |
| 53 | Isla_Del_Sol | 8.9  | 9.5  | 10.0 | 9.6  | 9.4  | 9.5  | 9.7  | 9.5  | 8.8  | 8.2  | 7.8  | 8.5  | 9.1       | 8.8           |
| 60 | Laykacota    | 12.7 | 13.8 | 14.8 | 13.9 | 13.5 | 13.2 | 13.3 | 13.1 | 12.2 | 11.4 | 11.0 | 12.2 | 12.9      |               |
| 68 | Patacamaya   | 8.4  | 10.2 | 11.2 | 11.7 | 11.2 | 11.0 | 10.7 | 9.5  | 6.9  | 5.2  | 5.1  | 6.5  | 9.0       | 9.5           |
| 74 | Puerto_Acost | 8.7  | 9.5  | 9.9  | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 9.9  | 9.1  | 7.7  | 6.9  | 6.7  | 7.9  | 8.9       | 9.2           |
| 78 | San_Calixto  | 11.0 | 12.0 | 12.8 | 12.6 | 11.9 | 11.9 | 11.9 | 11.5 | 10.7 | 9.7  | 9.2  | 10.0 | 11.3      |               |
| 79 | San_Jose_Alt | 6.4  | 9.2  | 11.5 | 12.7 | 12.0 | 11.7 | 11.3 | 10.1 | 4.5  | 2.6  | 3.4  | 4.6  | 8.3       |               |
| 80 | San_Juan_Hua | 9.5  | 10.8 | 11.6 | 11.2 | 10.7 | 10.6 | 10.5 | 10.3 | 8.8  | 7.9  | 7.4  | 8.5  | 9.8       | 8.5           |
| 82 | Santiago_Hua | 9.4  | 10.2 | 10.7 | 10.9 | 10.6 | 10.6 | 10.5 | 10.0 | 8.7  | 7.9  | 7.5  | 8.2  | 9.6       | 9.7           |
| 83 | Santiago_Mac | 5.4  | 7.2  | 8.5  | 9.7  | 10.0 | 9.7  | 9.2  | 7.4  | 4.4  | 2.5  | 2.3  | 3.8  | 6.7       | 7.5           |
| 84 | Sepulturas   | 3.9  | 4.7  | 4.8  | 6.1  | 6.4  | 6.4  | 6.4  | 5.4  | 3.5  | 2.5  | 1.5  | 1.8  | 4.5       |               |

Tratamiento y análisis de datos climáticos del Sistema TDPS

| Nº  | Id Estación  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | AÑO 60-12 | Año ALT 60-90 |
|-----|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|---------------|
| 85  | Sica_Sica    | 9.6  | 11.2 | 12.2 | 11.8 | 11.6 | 11.3 | 10.8 | 10.0 | 7.9  | 6.5  | 6.4  | 7.5  | 9.7       | 9.4           |
| 90  | Tiahuanacu   | 7.4  | 9.0  | 10.1 | 10.4 | 10.1 | 10.0 | 9.7  | 8.6  | 5.8  | 4.1  | 4.0  | 5.5  | 7.9       | 7.8           |
| 93  | Ulla_Ulla    | 3.8  | 4.9  | 5.7  | 5.6  | 5.6  | 5.6  | 5.7  | 5.0  | 4.1  | 3.0  | 2.6  | 3.0  | 4.6       |               |
| 96  | Viacha       | 7.8  | 9.6  | 10.4 | 10.8 | 10.5 | 10.4 | 10.1 | 9.1  | 6.4  | 4.6  | 4.4  | 5.9  | 8.3       | 8.0           |
| 99  | Villa_Puni   | 8.5  | 9.1  | 9.8  | 9.8  | 9.8  | 9.6  | 9.6  | 9.5  | 8.4  | 7.1  | 6.7  | 7.6  | 8.8       |               |
| 102 | Andamarca    | 7.8  | 9.7  | 11.3 | 12.0 | 11.9 | 11.6 | 11.1 | 9.5  | 6.2  | 4.4  | 4.2  | 5.7  | 8.8       |               |
| 104 | Cabaña_Fores | 8.9  | 10.6 | 12.0 | 13.0 | 12.2 | 12.1 | 11.6 | 10.3 | 6.5  | 4.8  | 4.6  | 6.6  | 9.4       |               |
| 105 | Caracollo_Ca | 9.1  | 10.6 | 11.7 | 12.3 | 12.3 | 12.1 | 11.2 | 9.7  | 7.1  | 5.6  | 5.3  | 7.2  | 9.5       | 8.3           |
| 106 | Challapata_T | 7.9  | 10.3 | 11.7 | 12.0 | 11.6 | 11.5 | 11.3 | 9.6  | 6.7  | 4.7  | 4.7  | 6.1  | 9.0       | 10.0          |
| 108 | Choquekota   | 5.5  | 7.9  | 9.5  | 10.7 | 10.8 | 10.3 | 9.8  | 8.0  | 4.0  | 1.6  | 1.8  | 3.7  | 7.0       |               |
| 109 | Chuquiña     | 9.4  | 11.2 | 12.6 | 12.7 | 12.3 | 11.9 | 11.8 | 10.8 | 7.7  | 5.6  | 5.5  | 7.2  | 9.9       | 10.6          |
| 114 | Corque       | 8.6  | 10.2 | 11.4 | 11.7 | 11.8 | 11.5 | 10.8 | 9.3  | 6.9  | 4.9  | 5.5  | 6.5  | 9.1       |               |
| 119 | Huachacalla  | 6.7  | 8.7  | 9.8  | 10.7 | 10.8 | 10.5 | 10.5 | 8.9  | 5.8  | 3.6  | 3.4  | 5.5  | 7.9       | 7.9           |
| 120 | Huayllamarca | 8.0  | 9.6  | 10.8 | 11.1 | 10.6 | 10.6 | 10.3 | 9.5  | 7.4  | 6.0  | 5.7  | 6.9  | 8.9       |               |
| 125 | Orinoca_H    | 5.1  | 7.7  | 9.6  | 9.3  | 9.2  | 8.9  | 9.7  | 6.6  | 3.7  | 2.0  | 2.1  | 4.2  | 6.5       | 6.7           |
| 126 | Oruro_Aeropu | 7.6  | 9.8  | 11.2 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.2 | 9.4  | 5.7  | 3.2  | 3.1  | 5.1  | 8.5       | 10.7          |
| 127 | Pazña        | 7.1  | 8.7  | 10.5 | 11.4 | 11.2 | 10.9 | 10.6 | 9.3  | 6.0  | 2.8  | 3.0  | 4.9  | 8.0       | 8.5           |
| 129 | Quillacas    | 7.5  | 9.9  | 11.7 | 12.5 | 12.4 | 11.8 | 11.6 | 9.4  | 6.4  | 3.9  | 3.9  | 5.7  | 8.9       |               |
| 131 | Sajama       | 4.6  | 5.4  | 6.3  | 5.8  | 5.3  | 5.3  | 5.3  | 3.7  | 3.1  | 2.0  | 2.7  | 3.8  | 4.4       | 4.4           |
| 132 | Salinas_G._D | 7.9  | 9.8  | 11.7 | 12.6 | 12.7 | 11.8 | 12.0 | 9.9  | 6.4  | 4.1  | 3.7  | 5.6  | 9.0       | 9.0           |
| 134 | San_Martin   | 7.9  | 9.8  | 11.6 | 12.3 | 11.5 | 11.2 | 11.3 | 9.2  | 5.5  | 3.0  | 3.2  | 5.3  | 8.5       |               |
| 138 | Llallagua    | 10.5 | 11.9 | 12.8 | 12.8 | 11.8 | 11.6 | 11.4 | 10.8 | 8.4  | 7.7  | 7.4  | 8.8  | 10.5      |               |
| 140 | Ananea       | 3.7  | 4.3  | 4.4  | 4.3  | 4.1  | 4.2  | 4.1  | 4.2  | 4.2  | 3.6  | 3.4  | 3.7  | 4.0       |               |
| 142 | Arapa        | 9.2  | 10.2 | 10.6 | 10.5 | 10.2 | 10.2 | 10.0 | 9.5  | 8.1  | 6.9  | 6.7  | 7.6  | 9.2       | 9.2           |
| 144 | Ayaviri      | 7.9  | 9.3  | 9.8  | 9.7  | 9.4  | 9.5  | 9.3  | 8.4  | 6.2  | 4.3  | 3.9  | 5.4  | 7.8       | 7.6           |
| 145 | Azangaro     | 6.9  | 8.7  | 9.2  | 9.5  | 9.3  | 9.1  | 9.0  | 8.0  | 5.8  | 4.3  | 4.0  | 5.1  | 7.4       | 8.5           |
| 146 | Cabanillas   | 9.2  | 10.1 | 10.7 | 10.6 | 10.3 | 10.2 | 10.0 | 9.6  | 8.2  | 7.0  | 6.9  | 7.9  | 9.2       | 9.2           |
| 147 | Capachica    | 7.7  | 8.6  | 9.0  | 9.1  | 9.2  | 9.2  | 9.1  | 8.6  | 7.0  | 5.8  | 5.5  | 6.3  | 7.9       | 7.9           |
| 148 | Capazo       | 2.2  | 3.8  | 5.2  | 5.9  | 6.1  | 6.2  | 5.7  | 4.2  | 2.0  | 0.7  | 0.0  | 0.9  | 3.6       |               |
| 150 | Chuquibambil | 6.7  | 8.2  | 8.9  | 9.2  | 9.2  | 9.2  | 9.0  | 7.8  | 5.1  | 3.1  | 2.8  | 4.4  | 7.0       | 7.0           |
| 151 | Cojata       | 2.9  | 5.3  | 6.1  | 6.5  | 6.5  | 6.4  | 6.0  | 5.0  | 3.4  | 1.6  | 0.8  | 1.0  | 4.3       |               |
| 154 | Crucero      | 5.0  | 7.4  | 7.9  | 8.2  | 8.5  | 8.6  | 7.7  | 6.8  | 4.6  | 2.9  | 2.1  | 3.0  | 6.1       |               |
| 155 | Desaguader_P | 7.2  | 8.7  | 9.5  | 9.9  | 10.0 | 10.0 | 9.9  | 8.7  | 6.2  | 4.1  | 3.9  | 5.2  | 7.8       | 7.8           |
| 156 | Huancane     | 7.5  | 8.8  | 9.5  | 9.5  | 9.3  | 9.3  | 8.9  | 8.1  | 6.2  | 4.9  | 4.5  | 5.7  | 7.7       | 7.6           |
| 157 | Huaraya_Moho | 8.7  | 9.7  | 10.0 | 9.8  | 9.7  | 9.7  | 9.4  | 8.9  | 7.6  | 6.5  | 6.3  | 7.3  | 8.6       | 8.8           |
| 158 | Ilave        | 7.6  | 9.0  | 9.7  | 9.9  | 9.6  | 9.5  | 9.3  | 8.6  | 6.8  | 5.3  | 5.0  | 6.1  | 8.0       | 7.9           |
| 159 | Illpa        | 6.9  | 8.3  | 9.3  | 9.8  | 9.7  | 9.5  | 9.3  | 8.1  | 6.0  | 4.3  | 3.8  | 5.4  | 7.5       | 7.4           |
| 161 | Isla_Suana   | 10.2 | 11.0 | 12.0 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 10.6 | 10.2 | 8.9  | 7.8  | 7.7  | 8.8  | 10.0      |               |
| 162 | Isla_Taquile | 10.1 | 10.8 | 11.2 | 11.1 | 10.7 | 10.8 | 10.6 | 10.7 | 10.1 | 9.1  | 8.8  | 8.9  | 10.2      |               |
| 164 | Juli         | 8.0  | 9.1  | 9.7  | 9.7  | 9.4  | 9.4  | 9.3  | 8.7  | 7.3  | 6.1  | 5.8  | 6.7  | 8.3       | 8.2           |
| 165 | Juliaca      | 7.9  | 9.6  | 10.3 | 10.5 | 10.3 | 10.3 | 10.0 | 9.0  | 6.5  | 4.9  | 4.5  | 6.0  | 8.3       | 8.2           |
| 166 | Lagunillas   | 6.2  | 7.4  | 8.0  | 8.1  | 7.9  | 7.9  | 7.7  | 7.2  | 5.6  | 4.1  | 3.9  | 4.7  | 6.6       | 6.4           |
| 167 | Lampa        | 7.6  | 8.6  | 9.5  | 9.7  | 9.8  | 9.7  | 9.5  | 8.5  | 6.4  | 5.0  | 4.6  | 5.9  | 7.9       | 7.9           |
| 168 | Laraqueri    | 6.8  | 8.9  | 10.2 | 10.1 | 9.8  | 9.6  | 8.8  | 7.5  | 5.2  | 3.8  | 3.5  | 4.8  | 7.4       |               |
| 169 | Llally       | 7.1  | 8.4  | 8.9  | 9.0  | 8.9  | 8.8  | 8.5  | 7.6  | 5.6  | 4.1  | 3.9  | 5.2  | 7.2       | 6.8           |
| 170 | Los_Uros     | 8.6  | 9.8  | 10.3 | 10.7 | 11.0 | 10.8 | 10.9 | 10.4 | 8.2  | 7.3  | 7.2  | 7.7  | 9.4       |               |
| 171 | Mañazo       | 8.9  | 10.4 | 11.1 | 10.5 | 10.2 | 9.7  | 9.4  | 9.0  | 7.5  | 6.5  | 6.5  | 7.3  | 8.9       |               |
| 172 | Mazo_Cruz    | 3.1  | 4.6  | 6.2  | 7.3  | 7.8  | 7.5  | 7.3  | 5.3  | 2.2  | 0.5  | 0.1  | 1.3  | 4.4       | 4.5           |
| 173 | Muñani       | 8.7  | 9.6  | 9.9  | 9.9  | 9.6  | 9.6  | 9.5  | 9.1  | 7.8  | 6.7  | 6.3  | 7.4  | 8.7       | 8.4           |
| 176 | Pampahuta    | 3.6  | 4.9  | 5.7  | 6.3  | 6.6  | 6.5  | 6.3  | 5.3  | 3.1  | 1.3  | 0.7  | 1.8  | 4.3       | 4.4           |
| 178 | Pizacoma     | 7.3  | 8.5  | 9.6  | 9.9  | 9.5  | 9.4  | 9.3  | 8.2  | 6.0  | 4.4  | 4.5  | 5.5  | 7.7       | 7.4           |
| 179 | Progreso     | 8.8  | 9.9  | 10.2 | 10.0 | 9.7  | 9.7  | 9.6  | 9.1  | 7.5  | 6.3  | 6.1  | 7.3  | 8.7       | 8.7           |
| 180 | Pucara       | 8.8  | 10.1 | 11.1 | 10.8 | 10.6 | 10.4 | 9.9  | 9.0  | 6.5  | 5.0  | 4.7  | 5.9  | 8.6       |               |
| 181 | Puno         | 8.6  | 9.7  | 10.4 | 10.5 | 10.3 | 10.1 | 9.9  | 9.2  | 7.6  | 6.4  | 6.3  | 7.3  | 8.9       | 8.5           |
| 182 | Putina       | 8.5  | 10.0 | 10.6 | 10.4 | 10.2 | 10.0 | 9.5  | 9.0  | 7.2  | 6.0  | 5.5  | 6.5  | 8.6       |               |
| 184 | RinconD_Cruz | 8.2  | 9.4  | 10.4 | 9.7  | 9.8  | 9.6  | 9.2  | 8.5  | 7.1  | 6.1  | 5.7  | 6.7  | 8.4       |               |
| 185 | Salcedo      | 8.0  | 9.2  | 9.7  | 9.8  | 9.6  | 9.3  | 9.2  | 8.6  | 7.3  | 6.1  | 5.7  | 6.8  | 8.3       | 8.4           |
| 187 | Santa_Rosa   | 8.2  | 9.7  | 10.7 | 10.3 | 9.9  | 10.0 | 9.6  | 8.8  | 6.2  | 4.4  | 4.1  | 5.4  | 8.1       |               |
| 188 | Tahuaco_Yung | 7.3  | 8.7  | 9.5  | 9.4  | 9.0  | 9.0  | 9.0  | 8.3  | 6.6  | 5.1  | 5.0  | 6.0  | 7.7       | 7.8           |
| 189 | Taraco_Perú  | 6.9  | 9.4  | 10.8 | 10.8 | 10.3 | 10.2 | 9.4  | 7.0  | 4.6  | 3.7  | 3.4  | 4.2  | 7.6       |               |
| 192 | Chuapalca    | 2.3  | 4.0  | 5.4  | 6.9  | 7.2  | 7.6  | 6.7  | 5.1  | 1.6  | 0.1  | -0.2 | 0.3  | 3.9       |               |
| 194 | Vilacota     | 0.6  | 1.8  | 2.7  | 3.6  | 4.2  | 4.7  | 3.9  | 2.9  | 0.0  | -1.2 | -1.7 | -1.6 | 1.7       |               |
| 196 | Caquena      | 1.8  | 3.4  | 4.3  | 3.9  | 4.3  | 3.7  | 4.5  | 3.5  | 1.3  | -0.2 | -0.5 | 0.8  | 2.6       |               |

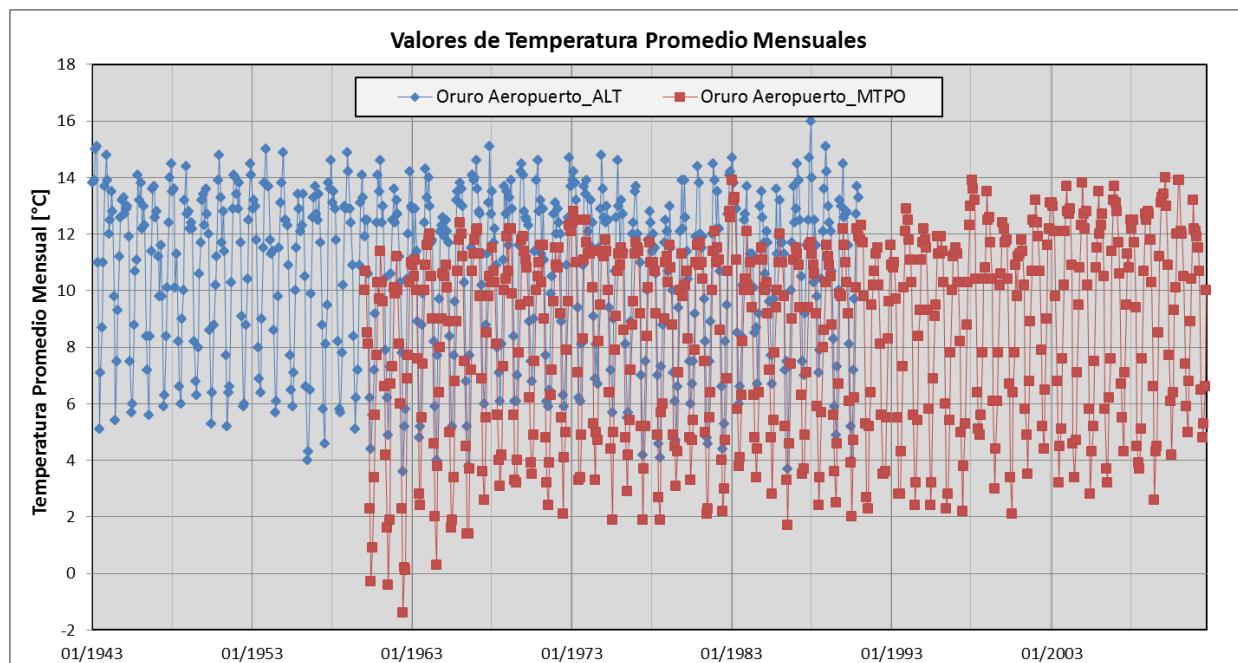
*Fuente: Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú*

Los valores de temperatura promedio son el resultado de la semisuma de las temperaturas máximas y mínimas diarias promediadas a nivel mensuales. A la *tabla 4.5* se incorporó una columna donde se listan los valores anuales presentados en el estudio de climatología de la ALT (Intecsa *et al.* 1993) únicamente como parámetro de comparación.

La estación de Oruro\_Aeropuerto es muy importante por el record de registros climáticos que posee y por su ubicación geográfica (sur del sistema). Se evidencia en la *tabla 4.5* que existe una diferencia de 2.2°C (considerable) entre los datos de temperatura promedio anual de la ALT (Intecsa *et al.* 1993) con respecto a los datos obtenidos en el presente estudio. El análisis realizado evidencia que los datos ALT no corresponden a la semisuma de los registros de temperatura máxima y mínima, no sabiendo la procedencia de esos datos.

La *figura 4.5* muestra la diferencia que existe entre los datos de temperatura promedio a nivel mensual de la ALT (color azul) y los datos originales del presente estudio (color rojo). La estación no cuenta con registros de temperatura media (valor medio de varias lecturas de temperatura realizadas en el día).

**Figura 4.5 Comparación de datos de temperatura promedio mensual del estudio de climatología ALT (Intecsa *et al.* 1993a) y los registros originales del SENAMHI-Bolivia**

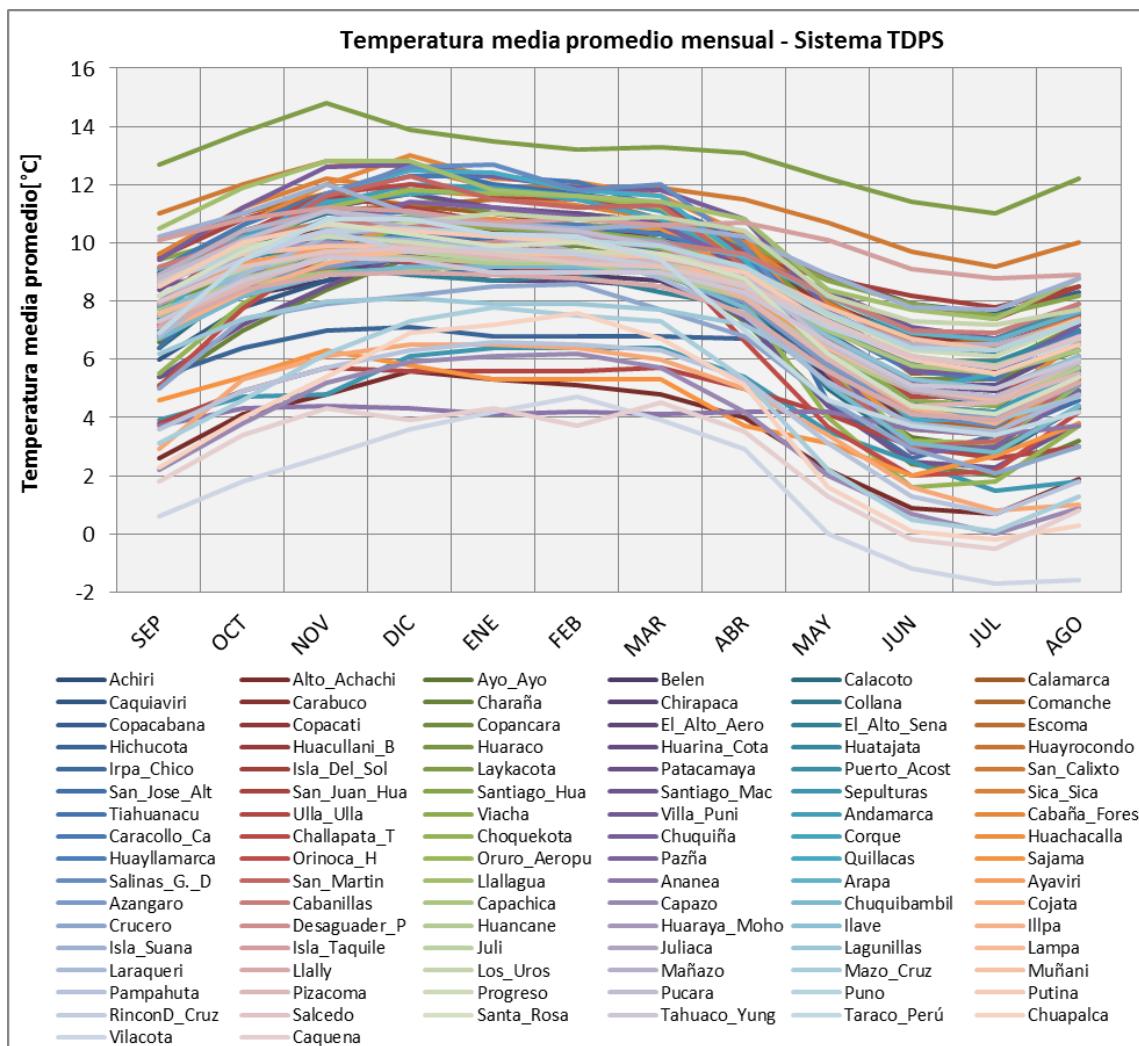


**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y datos ALT (Intecsa *et al.* 1993a)

**Por los fuertes contrastes que se presentan en varias zonas de la cuenca, resultado principalmente de la orografía, influencia del Lago y de los movimientos de masas de aire que recorren la cuenca, los mapas presentados son referenciales.**

La figura 4.6 muestra el comportamiento mensual y estacional de los valores de temperatura media promedio de las estaciones de la tabla 4.5. Se observa que los valores más elevados se registran de Noviembre a Marzo y los más bajos se producen en Junio y Julio.

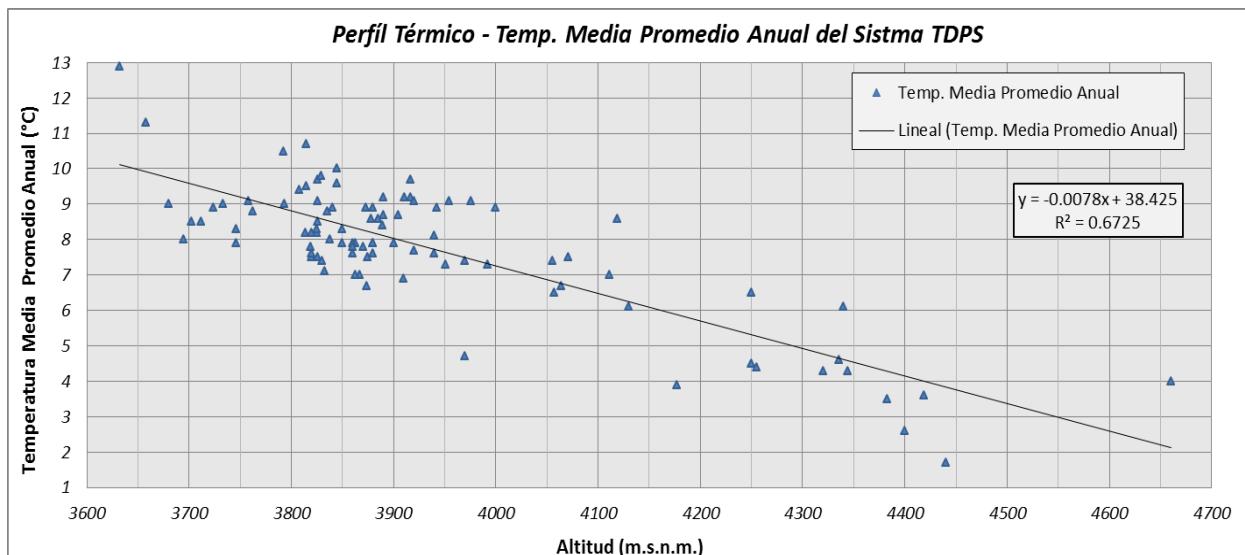
**Figura 4.6 Temperatura Media Promedio en [°C] de las estaciones seleccionadas del Sistema TDPS**



Fuente: Elaboracion propia

En la troposfera se dan dos situaciones, cuando la temperatura desciende con la altitud se usa el término “gradiente vertical de temperatura” y cuando se registra un aumento de la temperatura con la altura se denomina “inversión térmica”. Entonces, para poder generar los mapas térmicos se debe determinar el gradiente altitudinal. La figura 4.7 muestra que la relación entre la temperatura media promedio y la altitud no es muy buena, si se consideran todas las estaciones del sistema, por lo que se debe determinar regiones con comportamiento térmico homogéneo.

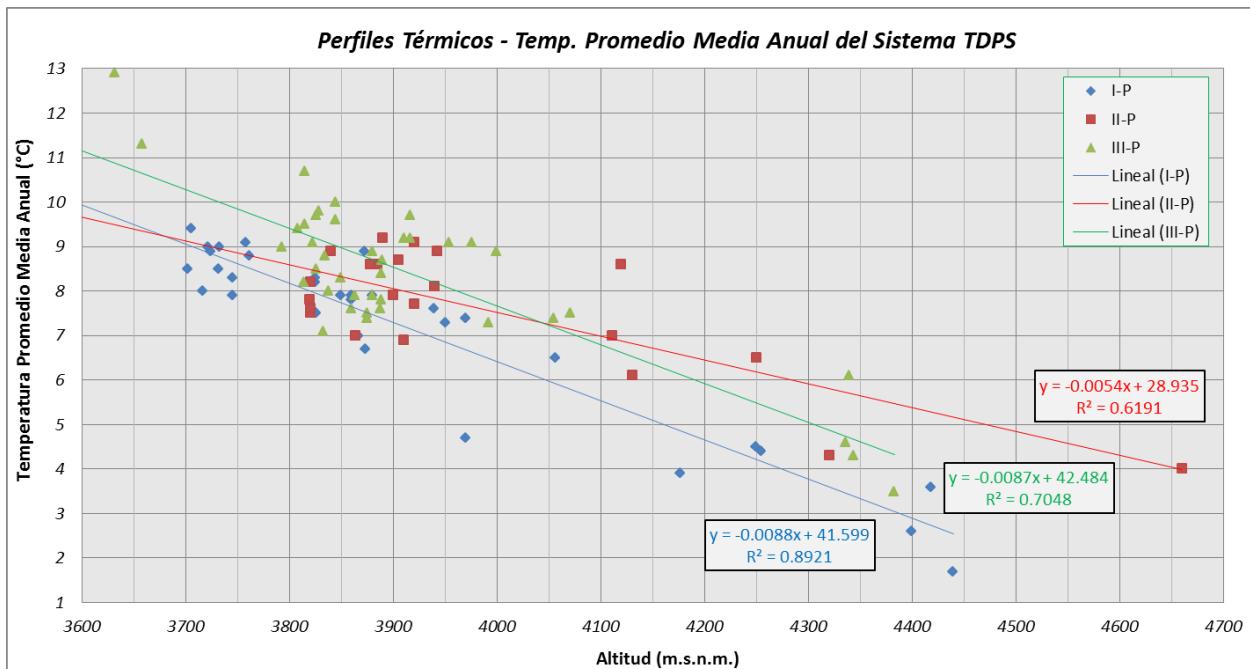
**Figura 4.7 Perfil térmico – Temperatura Media Promedio Anual del Sistema TDPS**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

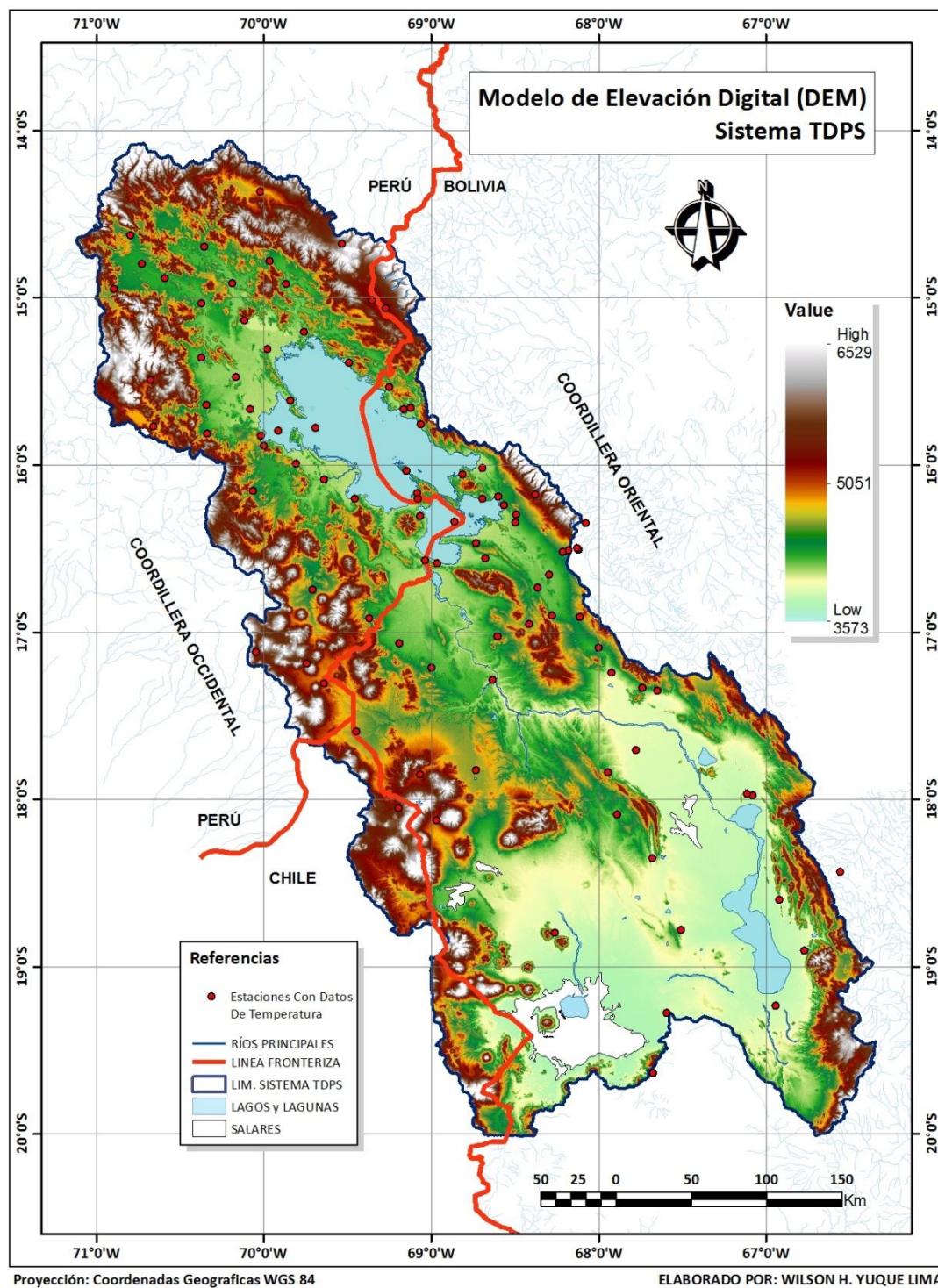
Se identificaron tres grupos regionales. Los perfiles térmicos se representan en la figura 4.8 con sus respectivas ecuaciones y coeficientes de correlación. El grupo I-P representa a las estaciones ubicadas al Suroeste del sistema (a partir de las estaciones de Laraqueri y Oruro\_Aeropuerto) con un gradiente térmico de 0.88°C por cada 100 metros. El grupo II-P se ubica al Noreste del sistema su gradiente térmico es de 0.54°C/100m. El grupo III-P agrupa a las estaciones colindantes al Lago Titicaca y el lado Este del sistema, con un gradiente térmico de 0.87°C/100m.

**Figura 4.8 Perfiles térmicos regionales – Temperatura Media Promedio Anual del Sistema TDPS**



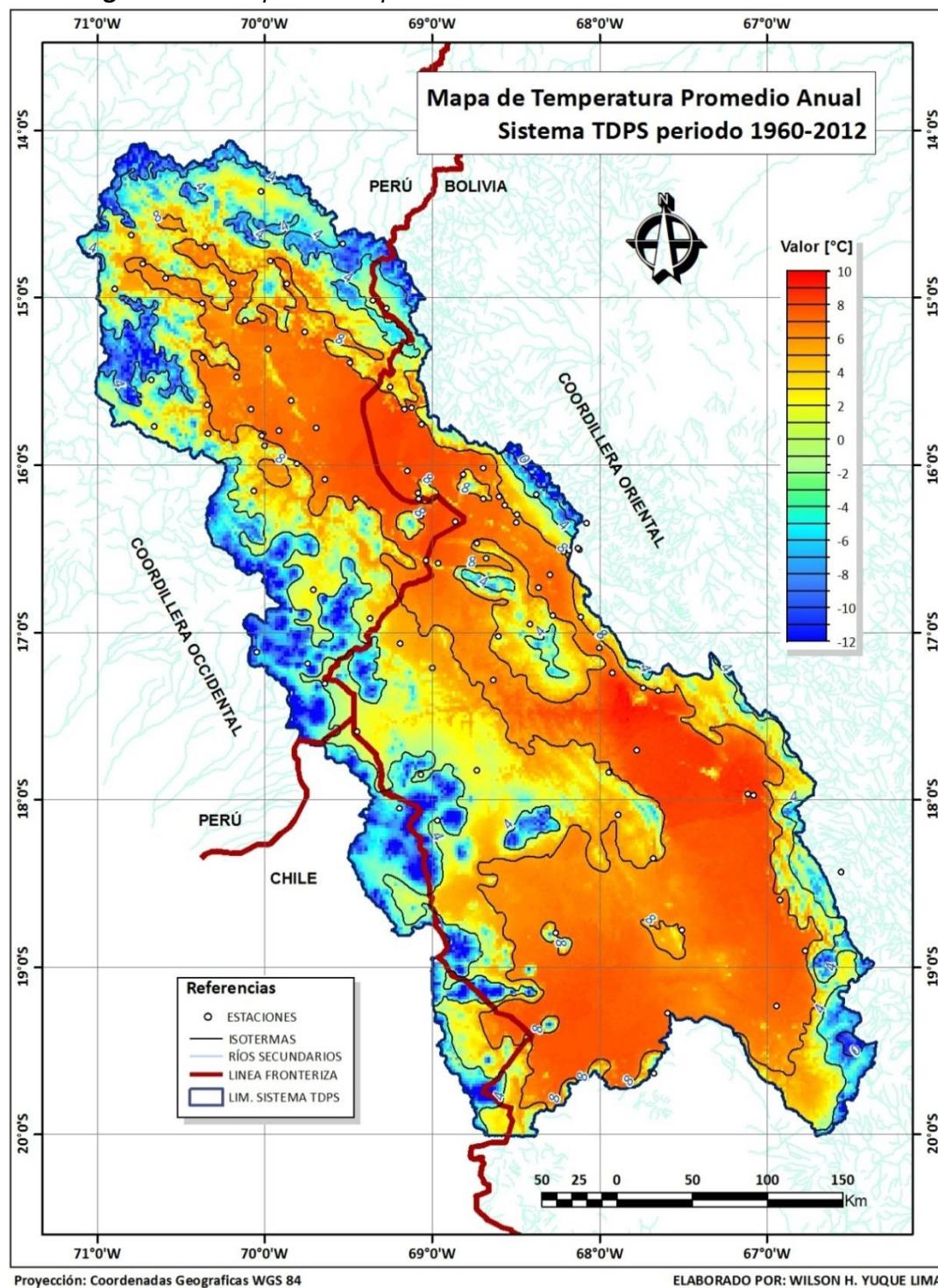
Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

**Figura 4.9 Modelo de Elevación Digital del Sistema TDPS**



La obtención de un mapa de temperatura considerando el gradiente altitudinal, requiere un modelo de elevación digital (*figura 4.9*), y datos de temperatura de las estaciones meteorológicas del área de estudio. Se aplicó la herramienta de Algebra de Mapas incorporada en el software ArcGIS (versión 10.1) para la obtención de la *figura 4.10*.

**Figura 4.10 Mapa de Temperatura Promedio Anual del Sistema TDPS**



**Fuente:** Elaboración propia, con base a datos reconstituidos.

El mapa de temperatura promedio anual (*figura 4.10*), indica que las temperaturas más bajas se presentan al suroeste del sistema (zona del monte Sajama y de la cuenca del río Mauri). Siguen en orden de regiones frías los sectores oeste y norte (cabeceras de los ríos Ilave, Illpa,

Coata, Ramis y Suchez). Se verifica el efecto que tiene la longitud que provoca regiones más frías al oeste que al este del sistema, por la influencia de las masas de aire húmedo de la amazonia.

En las zonas de las subcuenca del Alto Desaguadero y la parte meridional de la cuenca, los valores de temperatura están alrededor de 8°C. Las regiones más cálidas se encuentran en el sector del Lago Titicaca y la parte sur central del sistema con temperaturas promedio alrededor de 9°C.

#### 4.2.2.2 TEMPERATURA MÁXIMA

Después de evaluar la información de Temperatura Máxima, se realizó la depuración de las estaciones que no cumplían los criterios de confiabilidad y homogeneidad; quedando 92 estaciones dentro de la cuenca y 5 estaciones de apoyo.

**Tabla 4.6 Temperatura Media Máxima Mensual y Anual en [°C] de Estaciones meteorológicas del "Sistema TDPS" para el periodo 1960 - 2012**

| Nº | Id Estación  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | AÑO 60-12 | Año ALT 60-90 |
|----|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|---------------|
| 3  | Achiri       | 17.9 | 19.1 | 19.9 | 19.7 | 17.6 | 17.3 | 17.5 | 17.7 | 16.7 | 15.8 | 15.6 | 16.9 | 17.6      |               |
| 5  | Alto_Achachi | 11.0 | 12.1 | 12.4 | 12.2 | 11.0 | 10.6 | 11.0 | 11.1 | 11.2 | 10.9 | 11.1 | 11.4 | 11.3      | 17.3          |
| 9  | Ayo_Ayo      | 17.0 | 18.6 | 19.4 | 18.7 | 17.3 | 17.3 | 17.3 | 17.7 | 17.1 | 16.1 | 15.6 | 16.5 | 17.4      | 14.6          |
| 12 | Belen        | 14.7 | 15.6 | 15.9 | 15.4 | 14.6 | 14.6 | 14.9 | 15.1 | 14.8 | 13.9 | 13.5 | 14.3 | 14.8      | 17.7          |
| 14 | Calacoto     | 18.3 | 19.8 | 20.5 | 19.7 | 17.8 | 18.1 | 18.0 | 18.2 | 17.3 | 15.9 | 15.8 | 17.1 | 18.0      | 15.2          |
| 15 | Calamarca    | 15.6 | 17.1 | 18.1 | 18.1 | 17.3 | 16.6 | 16.4 | 16.0 | 14.4 | 12.1 | 12.4 | 13.9 | 15.7      | 17.5          |
| 16 | Caquiaviri   | 17.7 | 18.5 | 18.9 | 18.5 | 17.0 | 16.8 | 16.3 | 16.7 | 16.1 | 16.1 | 15.5 | 16.5 | 17.1      |               |
| 17 | Carabuco     | 14.9 | 15.7 | 16.0 | 15.6 | 15.1 | 15.2 | 15.1 | 15.0 | 14.5 | 13.7 | 13.4 | 14.2 | 14.9      |               |
| 22 | Charaña      | 17.3 | 19.3 | 20.3 | 20.3 | 18.6 | 18.7 | 18.8 | 18.5 | 16.8 | 15.0 | 15.0 | 15.9 | 17.9      | 17.5          |
| 24 | Chirapaca    | 15.5 | 16.6 | 16.8 | 16.1 | 14.9 | 15.0 | 15.2 | 15.3 | 14.8 | 14.1 | 13.9 | 14.9 | 15.3      |               |
| 26 | Collana      | 17.3 | 18.4 | 19.0 | 18.2 | 16.6 | 16.7 | 17.0 | 17.4 | 17.0 | 15.9 | 15.6 | 16.7 | 17.2      | 17.1          |
| 28 | Comanche     | 17.5 | 18.6 | 19.0 | 17.7 | 16.4 | 16.5 | 17.0 | 17.9 | 17.9 | 16.5 | 16.0 | 16.9 | 17.3      | 17.2          |
| 31 | Copacabana   | 14.6 | 15.5 | 16.1 | 15.7 | 15.1 | 15.1 | 14.9 | 14.9 | 14.3 | 13.4 | 13.2 | 13.9 | 14.7      | 14.3          |
| 32 | Copacati     | 15.5 | 16.1 | 16.4 | 16.5 | 15.7 | 15.7 | 15.7 | 15.7 | 15.0 | 14.0 | 13.9 | 14.4 | 15.4      |               |
| 33 | Copancara    | 15.8 | 16.3 | 16.7 | 16.4 | 15.5 | 15.7 | 15.8 | 16.2 | 15.6 | 15.3 | 15.2 | 15.5 | 15.8      |               |
| 38 | El_Alto_Aero | 14.8 | 15.6 | 16.0 | 15.0 | 13.8 | 13.9 | 14.0 | 14.4 | 14.3 | 13.4 | 13.3 | 14.2 | 14.4      | 14.0          |
| 39 | El_Alto_Sena | 14.3 | 15.3 | 15.8 | 15.0 | 14.1 | 14.3 | 13.7 | 14.7 | 14.2 | 13.6 | 13.4 | 14.0 | 14.4      |               |
| 41 | Escoma       | 15.1 | 16.9 | 17.9 | 17.0 | 16.9 | 17.3 | 16.2 | 15.5 | 13.2 | 12.1 | 12.2 | 13.4 | 15.3      |               |
| 43 | Hichucota    | 13.6 | 13.8 | 13.8 | 13.4 | 12.3 | 12.4 | 12.7 | 13.3 | 13.8 | 13.5 | 13.3 | 13.7 | 13.3      | 13.2          |
| 44 | Huacullani_B | 14.7 | 15.6 | 16.5 | 16.1 | 14.8 | 15.5 | 15.3 | 15.0 | 14.7 | 13.6 | 13.3 | 14.3 | 15.0      | 15.0          |
| 45 | Huaraco      | 17.1 | 18.2 | 18.6 | 18.4 | 16.7 | 17.1 | 17.1 | 17.4 | 16.5 | 15.0 | 15.3 | 16.0 | 17.0      |               |
| 46 | Huarina_Cota | 15.8 | 16.6 | 16.7 | 16.1 | 15.0 | 15.1 | 15.3 | 15.5 | 15.3 | 14.3 | 14.2 | 15.1 | 15.4      | 15.3          |
| 47 | Huatajata    | 14.5 | 15.7 | 16.6 | 15.7 | 14.9 | 15.2 | 14.4 | 14.7 | 13.0 | 12.3 | 12.3 | 13.6 | 14.4      |               |
| 49 | Huayrocondo  | 15.9 | 16.6 | 17.1 | 16.7 | 15.3 | 15.5 | 15.9 | 16.2 | 15.6 | 14.8 | 14.5 | 15.2 | 15.8      |               |
| 51 | Irpa_Chico   | 15.5 | 17.1 | 17.8 | 16.4 | 14.8 | 15.3 | 15.2 | 16.4 | 15.2 | 14.9 | 14.5 | 14.9 | 15.7      |               |
| 53 | Isla_Del_Sol | 14.4 | 14.8 | 15.2 | 14.9 | 14.4 | 14.2 | 14.3 | 14.3 | 14.2 | 13.7 | 13.3 | 13.8 | 14.3      | 13.7          |
| 60 | Laykacota    | 20.2 | 21.1 | 22.2 | 20.2 | 19.3 | 18.8 | 19.2 | 20.0 | 19.6 | 19.2 | 18.7 | 20.2 |           |               |
| 68 | Patacamaya   | 17.9 | 19.2 | 19.8 | 19.2 | 17.5 | 17.6 | 18.0 | 18.4 | 17.7 | 16.4 | 16.3 | 17.2 | 17.9      | 18.5          |
| 74 | Puerto_Acost | 15.3 | 15.8 | 15.7 | 15.9 | 15.8 | 16.0 | 15.6 | 15.3 | 15.0 | 15.1 | 14.9 | 15.7 | 15.5      | 15.5          |
| 78 | San_Calixto  | 17.4 | 17.9 | 18.7 | 18.0 | 16.7 | 16.6 | 16.7 | 17.0 | 17.2 | 16.3 | 15.9 | 16.7 | 17.1      |               |
| 79 | San_Jose_Alt | 19.0 | 20.2 | 21.8 | 21.3 | 18.6 | 18.8 | 19.3 | 19.7 | 18.5 | 17.4 | 16.8 | 18.3 | 19.1      |               |
| 80 | San_Juan_Hua | 15.8 | 16.8 | 17.3 | 16.5 | 15.5 | 15.4 | 15.5 | 15.8 | 15.3 | 14.6 | 14.4 | 15.4 | 15.7      | 15.1          |
| 82 | Santiago_Hua | 16.6 | 17.2 | 17.5 | 17.5 | 16.8 | 16.9 | 17.0 | 17.0 | 16.7 | 15.8 | 15.4 | 15.9 | 16.7      | 16.6          |
| 83 | Santiago_Mac | 18.3 | 19.4 | 20.1 | 19.5 | 17.6 | 17.3 | 17.5 | 17.7 | 17.1 | 16.2 | 16.2 | 17.2 | 17.8      | 17.4          |
| 84 | Sepulturas   | 14.3 | 15.4 | 14.9 | 15.3 | 14.4 | 14.3 | 14.9 | 15.1 | 14.1 | 13.4 | 12.2 | 12.3 | 14.2      |               |
| 85 | Sica_Sica    | 17.4 | 19.1 | 20.0 | 18.8 | 17.8 | 17.5 | 17.2 | 17.3 | 15.7 | 14.7 | 14.6 | 15.7 | 17.2      | 15.8          |
| 90 | Tiahuanacu   | 16.8 | 17.8 | 18.3 | 17.6 | 16.2 | 16.2 | 16.4 | 16.7 | 16.1 | 15.0 | 14.8 | 15.9 | 16.5      | 16.4          |

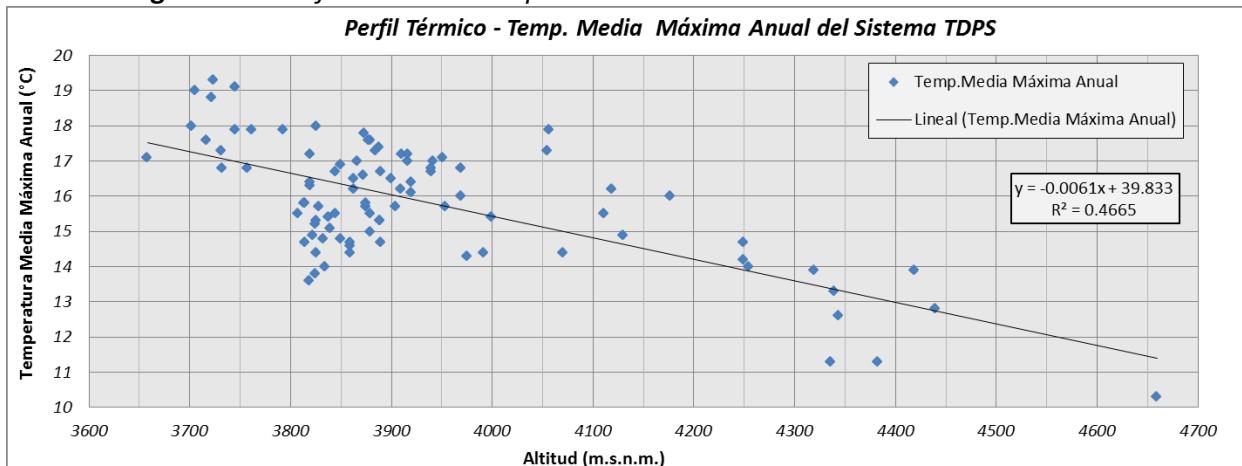
Tratamiento y análisis de datos climáticos del Sistema TDPS

| Nº  | Id Estación  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | AÑO 60-12 | Año Alt 60-90 |
|-----|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|---------------|
| 93  | Ulla_Ulla    | 11.4 | 11.9 | 12.0 | 11.1 | 10.8 | 10.9 | 10.7 | 10.9 | 11.3 | 11.6 | 11.8 | 11.5 | 11.3      |               |
| 96  | Viacha       | 17.2 | 18.1 | 18.4 | 17.7 | 16.6 | 16.7 | 16.8 | 17.1 | 16.6 | 15.5 | 15.6 | 16.6 | 16.9      | 16.8          |
| 99  | Villa_Puni   | 13.9 | 14.4 | 14.8 | 14.4 | 14.0 | 13.8 | 13.9 | 14.3 | 14.2 | 13.2 | 12.9 | 13.7 | 14.0      |               |
| 102 | Andamarca    | 17.7 | 19.3 | 20.2 | 20.1 | 18.9 | 18.7 | 18.5 | 18.2 | 16.3 | 15.2 | 14.9 | 16.2 | 17.9      |               |
| 104 | Cabaña_Fores | 19.3 | 20.5 | 21.7 | 21.2 | 18.9 | 19.0 | 19.1 | 19.4 | 17.6 | 16.7 | 16.4 | 18.2 | 19.0      |               |
| 105 | Caracollo_Ca | 18.8 | 20.3 | 21.1 | 20.0 | 18.9 | 18.9 | 18.6 | 19.0 | 18.0 | 16.9 | 16.9 | 18.2 | 18.8      | 20.3          |
| 106 | Challapata_T | 16.3 | 18.6 | 19.5 | 19.1 | 17.3 | 17.8 | 17.7 | 17.3 | 15.3 | 13.7 | 13.8 | 15.0 | 16.8      | 17.6          |
| 108 | Choquekota   | 17.1 | 18.6 | 19.2 | 18.9 | 17.0 | 16.8 | 17.2 | 17.5 | 16.3 | 14.5 | 14.5 | 15.8 | 17.0      |               |
| 109 | Chuquiña     | 18.0 | 19.4 | 20.5 | 19.5 | 17.8 | 17.3 | 17.7 | 17.9 | 16.3 | 15.1 | 14.8 | 16.6 | 17.6      | 20.0          |
| 114 | Corque       | 16.9 | 18.6 | 18.3 | 17.9 | 17.2 | 17.1 | 17.3 | 17.2 | 15.7 | 14.2 | 14.9 | 15.8 | 16.8      |               |
| 119 | Huachacalla  | 17.2 | 19.2 | 19.9 | 19.6 | 18.6 | 18.4 | 18.5 | 18.3 | 17.1 | 15.9 | 15.5 | 16.9 | 17.9      | 18.7          |
| 120 | Huayllamarca | 16.3 | 17.6 | 18.6 | 18.2 | 16.9 | 16.9 | 16.9 | 16.9 | 15.9 | 14.9 | 14.7 | 15.7 | 16.6      |               |
| 125 | Orinoca_H    | 15.8 | 17.7 | 20.0 | 19.7 | 17.7 | 18.6 | 17.8 | 17.0 | 15.7 | 13.9 | 13.8 | 15.3 | 16.9      | 16.8          |
| 126 | Oruro_Aeropu | 18.0 | 19.7 | 20.4 | 19.7 | 18.5 | 18.4 | 18.6 | 18.6 | 16.8 | 15.2 | 15.2 | 16.7 | 18.0      | 17.5          |
| 127 | Pazña        | 17.5 | 19.3 | 19.6 | 19.2 | 18.4 | 18.1 | 18.3 | 18.5 | 16.6 | 14.4 | 14.8 | 16.5 | 17.6      | 19.5          |
| 129 | Quillacas    | 18.9 | 21.0 | 22.4 | 22.3 | 21.2 | 20.4 | 20.1 | 18.9 | 17.1 | 15.7 | 16.3 | 17.1 | 19.3      |               |
| 131 | Sajama       | 14.5 | 15.8 | 16.9 | 15.3 | 13.2 | 13.5 | 12.9 | 13.7 | 13.4 | 12.7 | 13.0 | 13.4 | 14.0      | 14.0          |
| 132 | Salinas_G._D | 18.0 | 20.3 | 21.9 | 22.1 | 21.1 | 20.2 | 20.6 | 19.5 | 16.8 | 14.4 | 14.2 | 16.0 | 18.8      | 19.3          |
| 134 | San_Martín   | 17.0 | 18.8 | 20.4 | 20.3 | 18.6 | 18.2 | 18.8 | 17.4 | 15.4 | 14.0 | 14.0 | 14.8 | 17.3      |               |
| 138 | Llallagua    | 18.1 | 19.3 | 20.0 | 19.0 | 17.1 | 16.9 | 17.4 | 18.1 | 16.6 | 16.5 | 16.0 | 17.2 | 17.7      |               |
| 140 | Ananea       | 10.6 | 10.7 | 10.8 | 9.9  | 9.4  | 9.6  | 9.6  | 10.1 | 10.6 | 10.6 | 10.4 | 11.1 | 10.3      |               |
| 142 | Arapa        | 16.7 | 17.3 | 17.4 | 16.4 | 15.5 | 15.5 | 15.6 | 16.0 | 15.9 | 15.4 | 15.2 | 16.1 | 16.1      | 15.9          |
| 144 | Ayaviri      | 17.3 | 17.9 | 17.8 | 16.7 | 15.6 | 15.7 | 15.9 | 16.1 | 16.0 | 15.5 | 15.4 | 16.3 | 16.4      | 16.1          |
| 145 | Azangaro     | 16.7 | 17.4 | 17.4 | 16.3 | 15.6 | 15.4 | 15.6 | 16.1 | 15.9 | 15.7 | 15.5 | 16.2 | 16.2      | 15.8          |
| 146 | Cabaniillas  | 17.2 | 17.8 | 18.2 | 17.3 | 16.4 | 16.1 | 16.0 | 16.6 | 16.4 | 16.0 | 16.0 | 16.6 | 16.7      | 16.6          |
| 147 | Capachica    | 13.8 | 14.3 | 14.4 | 13.6 | 13.5 | 13.4 | 13.5 | 13.8 | 13.4 | 13.0 | 12.8 | 13.2 | 13.6      | 13.3          |
| 148 | Capazo       | 14.2 | 15.8 | 16.8 | 14.8 | 13.9 | 13.3 | 13.6 | 13.7 | 12.8 | 12.3 | 12.0 | 13.6 | 13.9      |               |
| 150 | Chuquibambil | 17.1 | 17.8 | 17.8 | 16.5 | 15.5 | 15.5 | 15.7 | 15.8 | 15.6 | 15.3 | 15.4 | 16.4 | 16.2      | 16.5          |
| 151 | Cojata       | 13.3 | 13.3 | 14.2 | 12.6 | 11.7 | 11.4 | 11.7 | 12.4 | 12.3 | 12.6 | 12.2 | 13.4 | 12.6      |               |
| 154 | Crucero      | 15.4 | 15.5 | 16.0 | 14.8 | 14.5 | 14.5 | 13.9 | 14.7 | 14.9 | 14.9 | 14.8 | 15.4 | 14.9      |               |
| 155 | Desaguader_P | 14.6 | 15.6 | 16.2 | 15.4 | 15.1 | 14.9 | 15.2 | 14.9 | 14.2 | 13.1 | 12.8 | 13.7 | 14.6      | 14.6          |
| 156 | Huancane     | 15.0 | 15.7 | 15.9 | 15.1 | 14.5 | 14.4 | 14.3 | 14.6 | 14.5 | 14.1 | 13.9 | 14.4 | 14.7      | 14.5          |
| 157 | Huaraya_Moho | 15.3 | 15.9 | 15.9 | 14.9 | 14.3 | 14.3 | 14.3 | 14.6 | 14.2 | 13.8 | 13.8 | 14.6 | 14.7      | 14.6          |
| 158 | Ilave        | 15.1 | 16.1 | 16.4 | 15.6 | 14.6 | 14.4 | 14.4 | 14.9 | 14.5 | 13.7 | 13.5 | 14.5 | 14.8      | 14.6          |
| 159 | Illipa       | 16.6 | 17.4 | 17.5 | 17.4 | 16.0 | 16.2 | 15.8 | 16.0 | 16.2 | 15.4 | 15.3 | 15.8 | 16.3      | 16.1          |
| 161 | Isla_Suana   | 16.1 | 16.8 | 17.6 | 15.7 | 15.2 | 15.0 | 15.2 | 15.6 | 15.1 | 14.1 | 13.9 | 15.2 | 15.5      |               |
| 162 | Isla_Taquile | 16.0 | 17.1 | 17.5 | 16.7 | 15.7 | 15.5 | 15.2 | 15.8 | 15.3 | 14.8 | 14.4 | 15.1 | 15.8      |               |
| 164 | Juli         | 13.9 | 14.7 | 15.0 | 14.3 | 13.8 | 13.7 | 13.8 | 13.9 | 13.4 | 12.8 | 12.5 | 13.2 | 13.8      | 13.7          |
| 165 | Juliaca      | 17.8 | 18.6 | 18.8 | 17.8 | 16.7 | 16.8 | 16.6 | 17.0 | 16.8 | 16.3 | 16.1 | 17.1 | 17.2      | 17.0          |
| 166 | Lagunillas   | 15.4 | 16.5 | 16.8 | 15.6 | 14.2 | 14.1 | 13.8 | 14.3 | 14.2 | 13.5 | 13.3 | 14.3 | 14.7      | 14.4          |
| 167 | Lampa        | 17.2 | 17.7 | 18.1 | 16.8 | 15.9 | 15.9 | 15.9 | 16.4 | 16.3 | 15.9 | 15.8 | 16.6 | 16.5      | 16.4          |
| 168 | Laraqueri    | 18.1 | 18.8 | 19.3 | 17.1 | 16.0 | 15.3 | 15.6 | 16.2 | 16.3 | 16.0 | 16.0 | 17.1 | 16.8      |               |
| 169 | Llally       | 16.3 | 17.2 | 17.3 | 15.9 | 15.0 | 14.8 | 14.8 | 15.1 | 14.8 | 14.4 | 14.4 | 15.4 | 15.5      | 15.2          |
| 170 | Los_Uros     | 15.6 | 16.7 | 17.3 | 16.3 | 16.3 | 15.5 | 15.5 | 15.3 | 14.1 | 14.0 | 14.2 | 14.7 | 15.5      |               |
| 171 | Mañazo       | 18.4 | 19.1 | 19.4 | 17.3 | 16.2 | 15.4 | 15.6 | 16.4 | 16.5 | 16.3 | 16.1 | 17.2 | 17.0      |               |
| 172 | Mazo_Cruz    | 16.5 | 17.8 | 18.0 | 16.8 | 15.7 | 15.3 | 15.6 | 16.1 | 15.4 | 14.6 | 14.6 | 15.8 | 16.0      | 15.7          |
| 173 | Muñani       | 16.9 | 17.1 | 17.0 | 16.1 | 15.3 | 15.4 | 15.6 | 16.3 | 16.2 | 15.9 | 15.8 | 16.6 | 16.2      | 16.1          |
| 176 | Pampahuta    | 14.9 | 15.6 | 15.6 | 14.3 | 13.3 | 13.2 | 13.1 | 13.6 | 13.5 | 12.9 | 13.0 | 14.0 | 13.9      | 14.1          |
| 178 | Pizacoma     | 17.3 | 18.3 | 19.0 | 17.7 | 16.3 | 15.9 | 16.2 | 16.8 | 16.2 | 15.5 | 15.4 | 16.2 | 16.7      | 16.4          |
| 179 | Progreso     | 16.5 | 17.0 | 17.0 | 15.8 | 14.9 | 14.9 | 15.2 | 15.7 | 15.5 | 15.2 | 15.0 | 16.0 | 15.7      | 15.5          |
| 180 | Pucara       | 18.7 | 18.9 | 19.4 | 17.4 | 16.2 | 15.9 | 16.3 | 17.1 | 16.8 | 16.6 | 16.3 | 17.8 | 17.3      |               |
| 181 | Puno         | 15.4 | 16.1 | 16.6 | 16.1 | 15.2 | 15.0 | 14.8 | 14.9 | 14.5 | 13.8 | 13.8 | 14.5 | 15.1      | 14.3          |
| 182 | Putina       | 18.9 | 18.9 | 19.3 | 17.2 | 16.3 | 16.1 | 16.4 | 17.5 | 17.6 | 17.4 | 17.1 | 18.5 | 17.6      |               |
| 184 | RinconD_Cruz | 16.1 | 16.6 | 17.3 | 15.5 | 15.0 | 14.7 | 14.6 | 14.9 | 14.6 | 14.3 | 14.6 | 15.4 | 15.3      |               |
| 185 | Salcedo      | 15.6 | 16.5 | 16.6 | 16.0 | 15.4 | 15.1 | 14.9 | 15.1 | 14.7 | 14.1 | 14.0 | 14.9 | 15.2      | 15.7          |
| 187 | Santa_Rosa   | 18.3 | 18.8 | 19.2 | 16.6 | 15.4 | 15.2 | 15.5 | 16.2 | 16.2 | 16.1 | 16.0 | 17.5 | 16.8      |               |
| 188 | Tahuaco_Yung | 14.3 | 15.5 | 16.1 | 15.3 | 14.6 | 14.5 | 14.6 | 14.6 | 13.9 | 13.0 | 12.7 | 13.6 | 14.4      | 14.3          |
| 189 | Taraco_Perú  | 17.4 | 17.9 | 18.5 | 16.7 | 15.5 | 15.2 | 15.3 | 16.0 | 15.9 | 16.0 | 15.8 | 16.4 | 16.4      |               |
| 192 | Chuopalca    | 16.7 | 18.1 | 19.3 | 17.1 | 16.2 | 15.0 | 16.0 | 16.0 | 14.8 | 14.2 | 13.5 | 15.5 | 16.0      |               |
| 194 | Vilacota     | 13.4 | 14.3 | 15.0 | 13.7 | 12.9 | 12.3 | 12.7 | 12.9 | 11.8 | 11.6 | 11.3 | 12.2 | 12.8      |               |

**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

La tabla 4.6 presenta los valores de Temperatura Media Máxima Mensual y Anual de las estaciones seleccionadas para el Sistema TDPS. La información se la presenta en orden alfabético agrupada por departamentos. Esta tabla nos permite identificar el mayor valor de temperatura media máxima anual en la región sur (Quillacas 19.3°C) y el menor valor en la región norte (Ananea 10.3°C) del sistema.

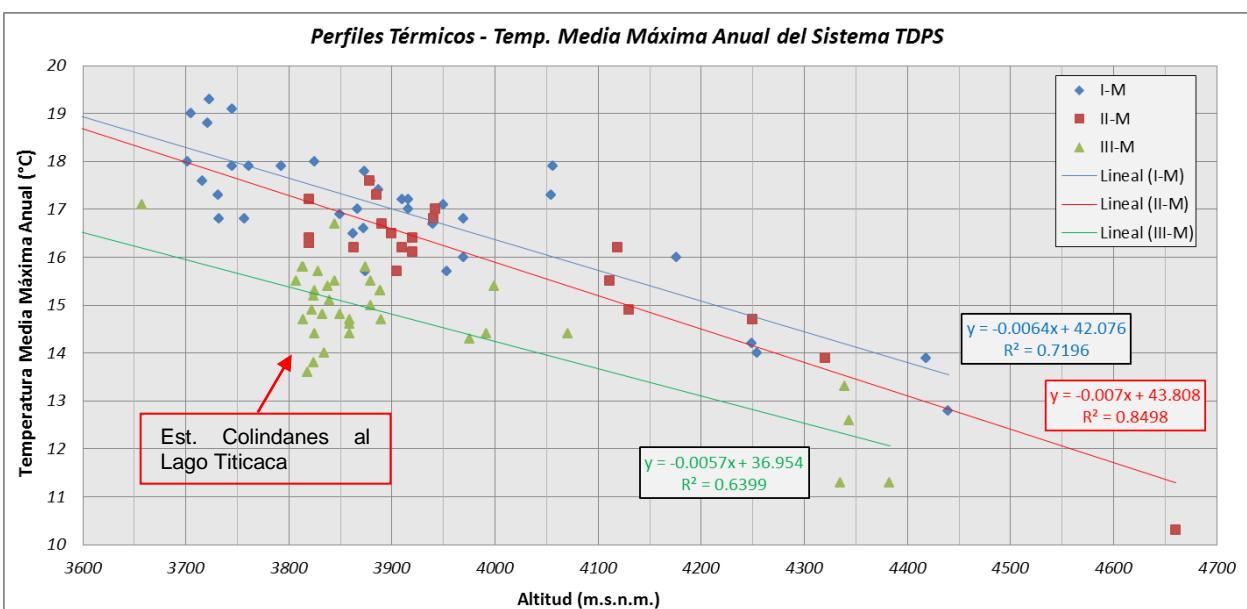
**Figura 4.11 Perfil térmico – Temperatura Media Máxima Anual del Sistema TDPS**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

En la figura 4.11 se evidencia la mala relación entre los valores de temperatura media máxima anual y la altura considerando todas las estaciones del sistema. Entonces, para generar los perfiles térmicos se adopta inicialmente las regiones térmicas obtenidas para las temperaturas promedio, después de algunas modificaciones en las fronteras se obtiene los perfiles térmicos mostrados en la figura 4.12.

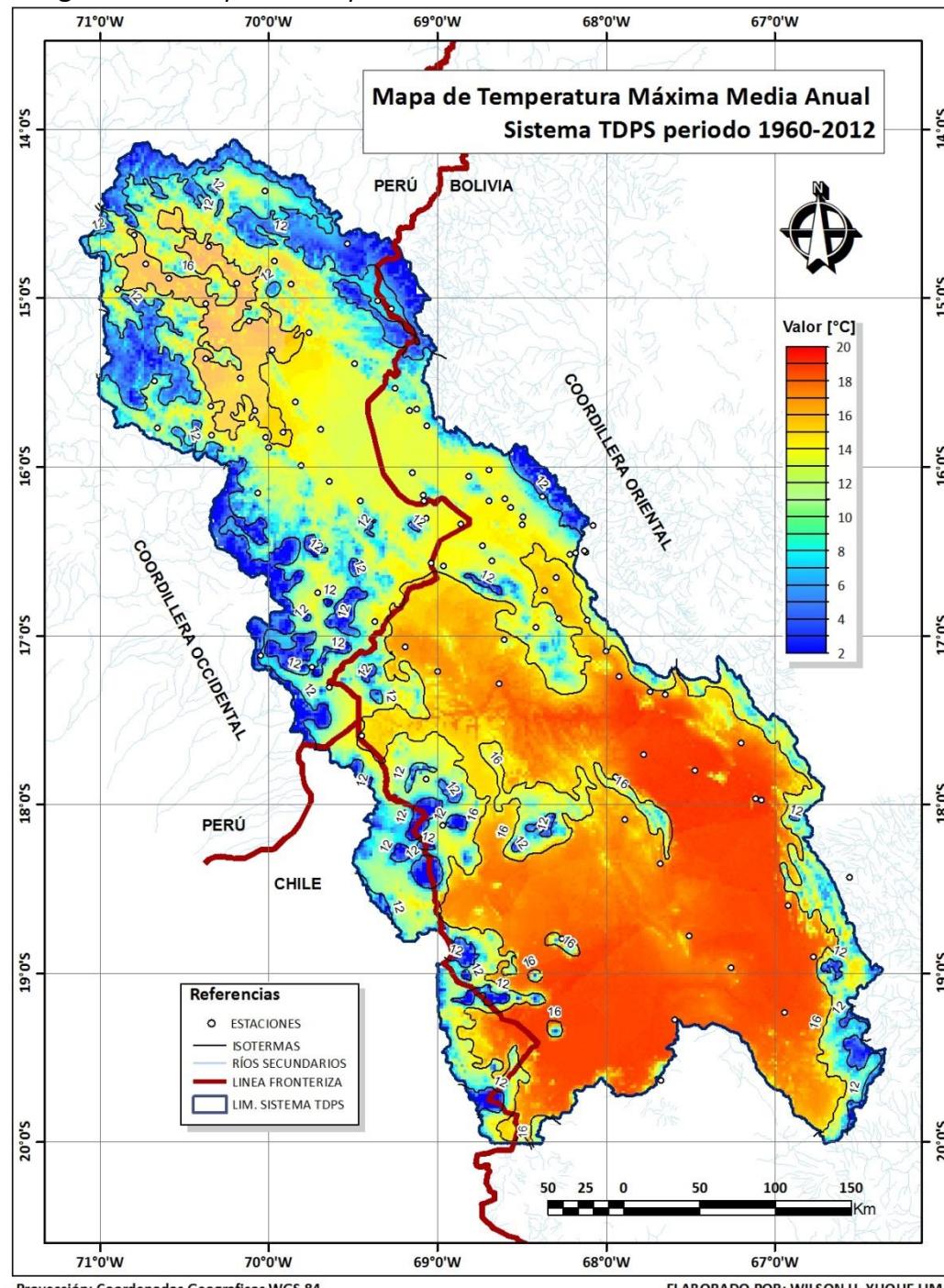
**Figura 4.12 Perfiles térmicos regionales – Temperatura Media Máxima Anual del Sistema TDPS**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

Las estaciones ubicadas al suroeste del sistema (a partir de las estaciones de Laraqueri y Tiahuanacu) conforman el *grupo I-M* con un gradiente térmico de  $0.64^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ . Las estaciones del noreste del sistema son representados por el *grupo II-M* con un gradiente térmico de  $0.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ . Debido al efecto termorregulador del Lago Titicaca se presenta el *grupo III-M* con un coeficiente de correlación relativamente bajo, este grupo reúne a las estaciones colindantes al Lago y el lado este del sistema, con un gradiente térmico de  $0.57^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  (ver figura 4.12).

**Figura 4.13 Mapa de Temperatura Media Máxima Anual del Sistema TDPS**



**Fuente:** Elaboración propia, con base a datos reconstituidos.

El mapa de temperatura máxima media anual (*figura 4.13*), indica que la región sur del sistema es más cálida, con valores máximos próximos a los 19°C (Quillacas). En las planicies del sector meridional se registran valores altos que varían entre 16 y 18°C. Se aprecia en las regiones cercanas al Lago un efecto de atemperación con valores alrededor de 15°C. Las periferías de la parte oeste y norte del sistema presentan temperaturas bajas por la presencia de nevados. Al norte central (Pucara) se tiene temperaturas cerca de los 16°C.

#### 4.2.2.3 TEMPERATURA MÍNIMA

Después de evaluar la información de Temperatura Mínima, quedaron seleccionadas 92 estaciones dentro de la cuenca y 5 estaciones de apoyo. La *tabla 4.7* presenta valores de Temperatura Media Mínima Mensual y Anual de las estaciones del Sistema TDPS, presentadas en orden alfabético y agrupada por departamentos.

**Tabla 4.7 Temperatura Media Mínima Mensual y Anual en [°C] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012**

| Nº | Id Estación  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN   | JUL   | AGO  | AÑO 60-12 | Año ALT 60-90 |
|----|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-----------|---------------|
| 3  | Achiri       | -4.3 | -2.0 | -0.3 | 1.7  | 3.2  | 3.4  | 2.5  | 0.1  | -5.4 | -7.5  | -7.9  | -6.1 | -1.9      |               |
| 5  | Alto_Achachi | -5.8 | -4.0 | -2.9 | -1.1 | -0.1 | -0.1 | -1.3 | -3.0 | -6.6 | -9.0  | -9.6  | -7.7 | -4.3      |               |
| 9  | Ayo_Ayo      | -3.8 | -1.1 | 1.1  | 2.8  | 3.7  | 3.4  | 2.1  | -1.4 | -7.0 | -9.6  | -9.8  | -8.0 | -2.3      | -1.5          |
| 12 | Belen        | -1.2 | 0.7  | 1.5  | 3.0  | 3.6  | 3.2  | 2.5  | -0.1 | -4.0 | -6.2  | -6.2  | -4.5 | -0.6      | -0.4          |
| 14 | Calacoto     | -5.4 | -2.5 | -0.6 | 1.9  | 3.5  | 3.0  | 2.1  | -1.6 | -7.4 | -9.9  | -10.3 | -8.4 | -3.0      | -2.4          |
| 15 | Calamarca    | 2.1  | 3.7  | 4.2  | 4.5  | 4.7  | 4.6  | 4.5  | 3.1  | 0.7  | -1.0  | -1.2  | 0.0  | 2.5       | 2.6           |
| 16 | Caquiaviri   | -5.6 | -2.8 | -1.5 | 1.2  | 2.2  | 1.9  | 1.7  | -1.1 | -4.5 | -7.6  | -7.4  | -6.7 | -2.5      |               |
| 17 | Carabuco     | 2.6  | 4.1  | 4.9  | 5.5  | 5.8  | 5.8  | 5.6  | 4.0  | 1.3  | -0.3  | -0.4  | 0.7  | 3.3       |               |
| 22 | Charaña      | -7.2 | -5.3 | -3.3 | -1.2 | 0.9  | 0.6  | -0.6 | -3.9 | -8.1 | -10.3 | -11.1 | -9.6 | -4.9      | -5.8          |
| 24 | Chirapaca    | -0.6 | 1.1  | 2.2  | 3.4  | 4.0  | 3.8  | 3.2  | 1.1  | -2.2 | -4.5  | -4.6  | -3.4 | 0.3       |               |
| 26 | Collana      | 0.1  | 1.9  | 2.9  | 4.0  | 4.4  | 4.1  | 3.7  | 1.9  | -1.1 | -2.9  | -3.3  | -2.0 | 1.1       | 1.2           |
| 28 | Comanche     | -3.8 | -1.8 | 0.3  | 1.6  | 2.4  | 2.0  | 1.2  | -1.9 | -5.7 | -8.6  | -8.8  | -6.7 | -2.5      | -2.3          |
| 31 | Copacabana   | 3.5  | 4.6  | 5.3  | 5.3  | 5.3  | 5.3  | 5.3  | 4.9  | 3.5  | 2.3   | 2.0   | 2.7  | 4.2       | 4.5           |
| 32 | Copacati     | 1.9  | 2.9  | 3.5  | 3.8  | 4.0  | 4.1  | 4.0  | 3.1  | 0.8  | -0.3  | -0.4  | 0.6  | 2.3       |               |
| 33 | Copancara    | 0.1  | 1.8  | 2.7  | 3.9  | 4.4  | 4.0  | 3.4  | 1.3  | -3.3 | -4.6  | -4.6  | -2.9 | 0.5       |               |
| 38 | El_Alto_Aero | -0.4 | 1.4  | 2.5  | 3.2  | 3.6  | 3.5  | 3.1  | 1.5  | -1.4 | -3.2  | -3.5  | -2.4 | 0.7       | 0.6           |
| 39 | El_Alto_Sena | -0.7 | 1.0  | 2.4  | 2.9  | 3.4  | 3.5  | 3.0  | 0.9  | -2.0 | -3.8  | -4.0  | -2.6 | 0.3       |               |
| 41 | Escoma       | 4.1  | 5.1  | 5.5  | 5.6  | 5.7  | 5.9  | 5.4  | 4.8  | 2.9  | 0.8   | 1.2   | 2.1  | 4.1       |               |
| 43 | Hichucota    | -2.9 | -1.1 | 0.2  | 0.9  | 1.2  | 1.1  | 0.8  | 0.1  | -2.0 | -3.7  | -4.5  | -4.0 | -1.2      | -0.9          |
| 44 | Huacullani_B | -0.4 | 1.9  | 2.9  | 3.9  | 5.0  | 4.6  | 4.1  | 2.1  | -2.4 | -5.2  | -4.4  | -3.0 | 0.8       | 0.7           |
| 45 | Huaraco      | 0.3  | 2.6  | 3.7  | 4.8  | 5.3  | 5.0  | 4.3  | 2.3  | -1.6 | -3.6  | -3.7  | -1.6 | 1.5       |               |
| 46 | Huarina_Cota | -0.6 | 1.4  | 2.7  | 3.8  | 4.3  | 4.1  | 3.5  | 1.5  | -2.3 | -4.2  | -4.8  | -3.0 | 0.5       | 0.1           |
| 47 | Huatajata    | 2.0  | 3.2  | 4.0  | 4.7  | 4.6  | 5.1  | 4.7  | 3.3  | 1.0  | -0.6  | -0.5  | 0.3  | 2.7       |               |
| 49 | Huayrocondo  | -2.3 | 0.3  | 1.2  | 2.9  | 3.9  | 3.4  | 2.3  | 0.2  | -4.3 | -6.5  | -6.3  | -4.7 | -0.8      |               |
| 51 | Irpa_Chico   | -1.4 | -0.7 | 1.3  | 2.3  | 3.0  | 3.3  | 2.6  | -0.4 | -3.8 | -5.8  | -6.6  | -3.9 | -0.8      | -0.8          |
| 53 | Isla_Del_Sol | 3.4  | 4.2  | 4.9  | 4.8  | 4.7  | 5.0  | 5.0  | 4.6  | 3.4  | 2.6   | 2.2   | 2.8  | 4.0       | 3.8           |
| 60 | Laykacota    | 5.3  | 6.5  | 7.5  | 7.6  | 7.7  | 7.6  | 7.3  | 6.3  | 4.8  | 3.7   | 3.3   | 4.1  | 6.0       |               |
| 68 | Patacamaya   | -0.8 | 1.4  | 2.8  | 4.4  | 5.0  | 4.6  | 3.8  | 1.0  | -3.5 | -5.9  | -5.9  | -3.9 | 0.3       | 0.4           |
| 74 | Puerto_Acost | 2.0  | 3.2  | 4.1  | 4.7  | 4.7  | 4.4  | 4.3  | 2.9  | 0.4  | -1.2  | -1.6  | 0.1  | 2.3       | 2.6           |
| 78 | San_Calixto  | 4.6  | 6.0  | 6.9  | 7.3  | 7.2  | 7.1  | 7.0  | 6.0  | 4.2  | 3.0   | 2.5   | 3.4  | 5.4       |               |
| 79 | San_Jose_Alt | -5.6 | -1.7 | 1.4  | 3.0  | 5.0  | 4.7  | 3.1  | 0.0  | -9.8 | -12.6 | -10.8 | -9.2 | -2.7      |               |
| 80 | San_Juan_Hua | 3.3  | 4.8  | 5.7  | 5.8  | 5.8  | 5.8  | 5.5  | 4.7  | 2.3  | 1.2   | 0.5   | 1.6  | 3.9       | 1.9           |
| 82 | Santiago_Hua | 2.1  | 3.0  | 3.7  | 4.2  | 4.4  | 4.2  | 3.9  | 3.1  | 0.8  | 0.0   | -0.5  | 0.4  | 2.4       | 2.9           |
| 83 | Santiago_Mac | -7.5 | -4.9 | -3.1 | 0.0  | 2.4  | 2.0  | 1.0  | -2.9 | -8.4 | -11.2 | -11.5 | -9.7 | -4.5      | -2.4          |
| 84 | Sepulturas   | -6.7 | -6.0 | -5.2 | -3.2 | -1.7 | -1.4 | -2.1 | -4.4 | -7.0 | -8.5  | -9.2  | -8.7 | -5.3      |               |
| 85 | Sica_Sica    | 1.7  | 3.2  | 4.2  | 4.8  | 5.5  | 5.2  | 4.5  | 2.7  | 0.1  | -1.6  | -1.8  | -0.7 | 2.3       | 2.8           |
| 90 | Tiahuanacu   | -1.9 | 0.2  | 1.8  | 3.3  | 4.0  | 3.7  | 3.1  | 0.3  | -4.5 | -6.7  | -6.7  | -4.9 | -0.7      | -0.9          |
| 93 | Ulla_Ulla    | -3.9 | -2.1 | -0.7 | 0.0  | 0.3  | 0.3  | 0.4  | -1.1 | -3.3 | -5.7  | -6.6  | -5.5 | -2.3      |               |

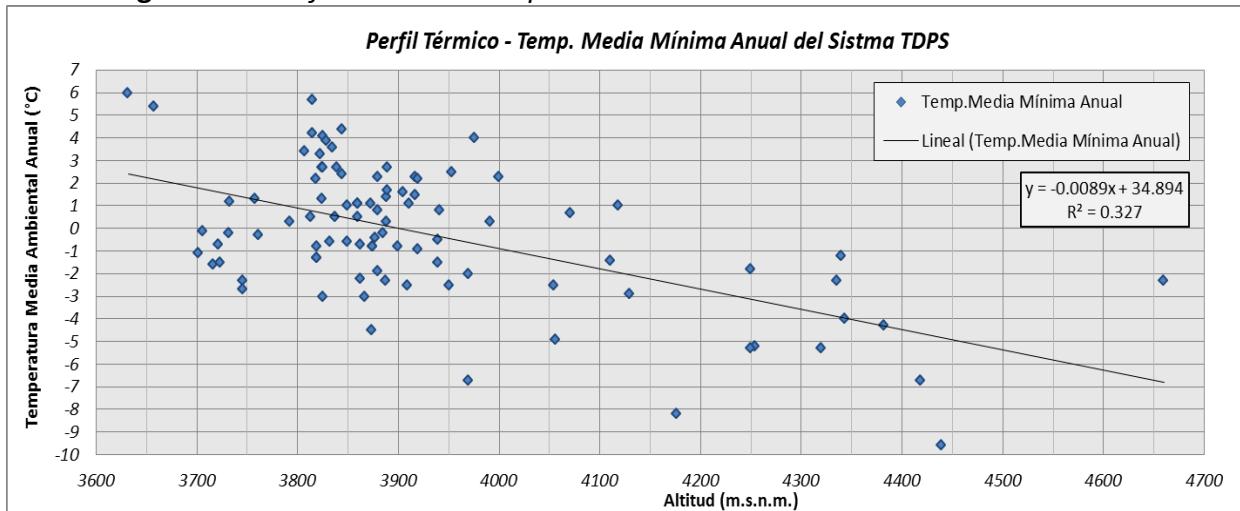
Tratamiento y análisis de datos climáticos del Sistema TDPS

| Nº  | Id Estación  | SEP   | OCT   | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | AÑO 60-12 | Año Alt 60-90 |
|-----|--------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|---------------|
| 96  | Viacha       | -1.8  | 0.8   | 2.2  | 3.4  | 4.2  | 3.9  | 3.2  | 0.6  | -4.3  | -7.1  | -7.2  | -5.1  | -0.6      | -0.7          |
| 99  | Villa_Puni   | 3.1   | 3.9   | 4.7  | 5.3  | 5.6  | 5.4  | 5.3  | 4.7  | 2.7   | 1.0   | 0.4   | 1.4   | 3.6       |               |
| 102 | Andamarca    | -2.1  | 0.0   | 2.3  | 4.0  | 4.8  | 4.5  | 3.8  | 0.8  | -3.9  | -6.4  | -6.6  | -4.9  | -0.3      |               |
| 104 | Cabaña_Fores | -1.5  | 0.7   | 2.3  | 4.9  | 5.6  | 5.2  | 4.2  | 1.1  | -4.6  | -7.1  | -7.2  | -5.1  | -0.1      |               |
| 105 | Caracollo_Ca | -0.7  | 0.9   | 2.3  | 4.6  | 5.7  | 5.3  | 3.9  | 0.3  | -3.8  | -5.7  | -6.3  | -3.8  | 0.2       | 0.2           |
| 106 | Challapata_T | -0.5  | 2.0   | 3.9  | 4.9  | 5.9  | 5.1  | 4.8  | 1.9  | -2.0  | -4.3  | -4.4  | -2.8  | 1.2       | 2.4           |
| 108 | Choquekota   | -6.2  | -2.8  | -0.3 | 2.6  | 4.7  | 3.8  | 2.4  | -1.7 | -8.2  | -11.3 | -11.0 | -8.4  | -3.0      |               |
| 109 | Chuquíña     | 0.9   | 3.0   | 4.5  | 6.0  | 6.7  | 6.5  | 5.9  | 3.7  | -1.0  | -3.8  | -3.7  | -2.1  | 2.2       | 1.1           |
| 114 | Corque       | -0.5  | 1.5   | 4.6  | 5.4  | 5.5  | 5.6  | 4.2  | 1.7  | -1.9  | -4.0  | -3.6  | -3.0  | 1.3       |               |
| 119 | Huachacalla  | -4.3  | -2.1  | -0.3 | 1.8  | 2.9  | 2.6  | 2.6  | -0.8 | -5.7  | -8.9  | -8.9  | -6.3  | -2.3      | -3.1          |
| 120 | Huayllamarca | -0.4  | 1.5   | 3.1  | 4.1  | 4.4  | 4.3  | 3.7  | 2.3  | -1.0  | -3.0  | -3.3  | -2.0  | 1.1       |               |
| 125 | Orinoca_H    | -5.6  | -2.3  | -0.7 | -0.6 | 0.7  | -0.7 | 1.6  | -3.7 | -8.3  | -9.9  | -9.5  | -6.9  | -3.8      | -3.5          |
| 126 | Oruro_Aeropu | -2.8  | -0.1  | 2.1  | 4.0  | 5.0  | 4.8  | 3.9  | 0.3  | -5.5  | -8.8  | -8.9  | -6.6  | -1.1      | -1.6          |
| 127 | Pazña        | -3.3  | -1.9  | 1.5  | 3.6  | 3.9  | 3.7  | 2.9  | 0.0  | -4.7  | -8.8  | -8.9  | -6.6  | -1.6      | -2.4          |
| 129 | Quillacas    | -3.3  | -0.8  | 1.3  | 2.6  | 3.8  | 3.3  | 3.1  | -0.1 | -5.1  | -8.3  | -8.5  | -5.8  | -1.5      |               |
| 131 | Sajama       | -5.3  | -4.9  | -4.3 | -3.8 | -2.3 | -2.6 | -2.4 | -6.1 | -8.4  | -8.8  | -7.6  | -5.7  | -5.2      | -5.3          |
| 132 | Salinas_G._D | -1.9  | -0.6  | 1.6  | 3.1  | 4.0  | 3.1  | 3.2  | 0.5  | -3.9  | -6.2  | -6.7  | -4.9  | -0.7      | -1.2          |
| 134 | San_Martin   | -1.1  | 1.0   | 2.8  | 4.3  | 4.5  | 4.2  | 3.8  | 0.9  | -4.1  | -7.5  | -7.3  | -4.3  | -0.2      |               |
| 138 | Llallagua    | 2.9   | 4.5   | 5.6  | 6.6  | 6.6  | 6.4  | 5.4  | 3.5  | 0.3   | -1.0  | -1.2  | 0.3   | 3.3       |               |
| 140 | Ananea       | -3.3  | -2.1  | -2.0 | -1.2 | -1.1 | -1.3 | -1.5 | -1.6 | -2.2  | -3.4  | -3.6  | -3.8  | -2.3      |               |
| 142 | Arapa        | 1.6   | 3.0   | 3.8  | 4.6  | 4.9  | 4.9  | 4.4  | 3.0  | 0.4   | -1.3  | -2.0  | -0.9  | 2.2       | 2.4           |
| 144 | Ayaviri      | -1.8  | 0.4   | 1.7  | 2.7  | 3.2  | 3.2  | 2.8  | 0.8  | -3.5  | -6.7  | -7.6  | -5.8  | -0.9      | -1.0          |
| 145 | Azangaro     | -4.0  | -1.0  | 0.2  | 1.9  | 2.3  | 2.2  | 1.6  | -0.9 | -5.2  | -7.7  | -8.6  | -7.2  | -2.2      | 1.0           |
| 146 | Cabanillas   | 1.1   | 2.3   | 3.2  | 3.9  | 4.3  | 4.4  | 4.0  | 2.7  | 0.0   | -1.9  | -2.4  | -0.9  | 1.7       | 1.6           |
| 147 | Capachica    | 1.4   | 2.7   | 3.4  | 4.0  | 4.6  | 4.8  | 4.4  | 3.2  | 0.7   | -1.1  | -1.6  | -0.7  | 2.2       | 2.4           |
| 148 | Capazo       | -9.7  | -8.2  | -6.4 | -3.0 | -1.7 | -0.9 | -2.1 | -5.2 | -8.9  | -10.9 | -11.9 | -11.9 | -6.7      |               |
| 150 | Chuquibambil | -3.8  | -1.6  | -0.3 | 1.6  | 2.7  | 2.8  | 2.2  | -0.4 | -5.6  | -9.2  | -10.0 | -8.0  | -2.5      | -2.7          |
| 151 | Cojata       | -7.5  | -2.8  | -2.1 | 0.4  | 1.3  | 1.4  | 0.3  | -2.4 | -5.6  | -9.4  | -10.6 | -11.3 | -4.0      |               |
| 154 | Crucero      | -5.5  | -0.7  | -0.2 | 1.6  | 2.4  | 2.6  | 1.4  | -1.1 | -5.6  | -9.1  | -10.6 | -9.4  | -2.9      |               |
| 155 | Desaguader_P | 0.0   | 1.7   | 2.9  | 4.4  | 5.0  | 5.2  | 4.9  | 2.6  | -1.4  | -4.5  | -4.6  | -3.1  | 1.1       | 1.0           |
| 156 | Huancane     | -0.2  | 1.8   | 2.9  | 3.6  | 4.0  | 3.9  | 3.3  | 1.6  | -2.1  | -4.3  | -5.0  | -3.3  | 0.5       | 0.7           |
| 157 | Huaraya_Moho | 2.1   | 3.5   | 4.1  | 4.9  | 5.2  | 5.2  | 4.6  | 3.2  | 1.1   | -0.5  | -1.0  | 0.1   | 2.7       | 3.0           |
| 158 | Ilave        | 0.0   | 1.6   | 2.7  | 4.0  | 4.3  | 4.4  | 4.1  | 2.2  | -1.3  | -3.4  | -4.1  | -2.6  | 1.0       | 1.1           |
| 159 | Illpa        | -2.9  | -0.8  | 1.0  | 2.2  | 3.3  | 2.9  | 2.7  | 0.2  | -4.3  | -6.7  | -7.6  | -5.1  | -1.3      | -1.4          |
| 161 | Isla_Suana   | 4.3   | 5.3   | 6.4  | 6.2  | 6.2  | 6.0  | 5.9  | 4.9  | 2.7   | 1.5   | 1.4   | 2.4   | 4.4       |               |
| 162 | Isla_Taquile | 5.2   | 6.5   | 6.9  | 6.7  | 6.5  | 6.3  | 6.7  | 6.3  | 4.9   | 4.3   | 3.6   | 4.0   | 5.7       |               |
| 164 | Juli         | 2.1   | 3.3   | 4.3  | 4.9  | 5.0  | 4.9  | 4.7  | 3.3  | 1.1   | -0.5  | -0.9  | 0.1   | 2.7       | 2.6           |
| 165 | Juliaica     | -2.0  | 0.2   | 1.7  | 2.9  | 3.7  | 3.8  | 3.1  | 0.7  | -4.1  | -6.7  | -7.3  | -5.4  | -0.8      | -0.8          |
| 166 | Lagunillas   | -3.3  | -2.0  | -0.9 | 0.5  | 1.4  | 1.6  | 1.4  | -0.2 | -3.3  | -5.6  | -6.0  | -5.1  | -1.8      | -1.6          |
| 167 | Lampa        | -2.0  | -0.4  | 0.9  | 2.6  | 3.6  | 3.5  | 3.0  | 0.5  | -3.5  | -5.8  | -6.6  | -4.9  | -0.8      | -0.7          |
| 168 | Laraqueri    | -4.5  | -1.0  | 1.2  | 3.1  | 3.6  | 3.8  | 2.1  | -1.3 | -6.0  | -8.3  | -9.1  | -7.5  | -2.0      |               |
| 169 | Llally       | -2.4  | -0.9  | 0.2  | 1.9  | 2.6  | 2.5  | 2.0  | -0.1 | -3.8  | -6.1  | -6.8  | -5.5  | -1.4      | -1.7          |
| 170 | Los_Uros     | 1.6   | 2.9   | 3.3  | 5.1  | 5.8  | 6.1  | 6.3  | 5.5  | 2.4   | 0.7   | 0.2   | 0.8   | 3.4       |               |
| 171 | Mañazo       | -0.5  | 1.8   | 2.8  | 3.7  | 4.2  | 4.0  | 3.1  | 1.6  | -1.5  | -3.3  | -3.2  | -2.6  | 0.8       |               |
| 172 | Mazo_Cruz    | -9.8  | -8.0  | -5.1 | -1.7 | 0.6  | 0.5  | -0.4 | -5.1 | -10.5 | -13.2 | -14.4 | -13.2 | -6.7      | -6.8          |
| 173 | Muñani       | 0.3   | 1.8   | 2.7  | 3.4  | 3.8  | 3.7  | 3.2  | 1.8  | -0.9  | -2.6  | -3.2  | -1.8  | 1.0       | 0.6           |
| 176 | Pampahuta    | -7.8  | -5.9  | -4.1 | -1.7 | -0.2 | -0.2 | -0.6 | -3.0 | -7.3  | -10.3 | -11.6 | -10.5 | -5.3      | -5.4          |
| 178 | Pizacoma     | -2.8  | -1.7  | 0.0  | 2.1  | 2.7  | 2.8  | 2.1  | -0.5 | -4.2  | -6.8  | -6.7  | -5.4  | -1.5      | -1.6          |
| 179 | Progreso     | 1.0   | 2.7   | 3.5  | 4.0  | 4.5  | 4.4  | 3.8  | 2.5  | -0.6  | -2.3  | -3.0  | -1.4  | 1.6       | 1.8           |
| 180 | Pucara       | -1.1  | 1.3   | 2.9  | 4.1  | 4.9  | 4.7  | 3.6  | 0.9  | -3.8  | -6.6  | -7.0  | -6.0  | -0.2      |               |
| 181 | Puno         | 1.9   | 3.3   | 4.2  | 5.0  | 5.4  | 5.3  | 5.0  | 3.5  | 0.8   | -0.9  | -1.3  | 0.0   | 2.7       | 2.6           |
| 182 | Putina       | -2.0  | 1.0   | 1.9  | 3.5  | 3.7  | 3.9  | 2.7  | 0.6  | -3.2  | -5.4  | -6.1  | -5.3  | -0.4      |               |
| 184 | RinconD_Cruz | 0.2   | 2.2   | 3.6  | 4.0  | 4.5  | 4.6  | 3.8  | 2.2  | -0.5  | -2.2  | -3.1  | -2.0  | 1.4       |               |
| 185 | Salcedo      | 0.5   | 1.8   | 2.7  | 3.5  | 3.8  | 3.6  | 3.4  | 2.1  | -0.2  | -1.9  | -2.5  | -1.2  | 1.3       |               |
| 187 | Santa_Rosa   | -1.8  | 0.6   | 2.2  | 3.9  | 4.5  | 4.8  | 3.6  | 1.4  | -3.9  | -7.2  | -7.8  | -6.6  | -0.5      |               |
| 188 | Tahuaco_Yung | 0.3   | 1.9   | 2.9  | 3.4  | 3.7  | 3.6  | 3.5  | 1.9  | -0.9  | -2.6  | -2.9  | -1.7  | 1.1       | 1.3           |
| 189 | Taraco_Perú  | -3.6  | 0.9   | 3.1  | 4.9  | 5.2  | 5.1  | 3.4  | -1.9 | -6.7  | -8.6  | -9.0  | -8.0  | -1.3      |               |
| 192 | Chuopalca    | -12.1 | -10.1 | -8.6 | -3.4 | -1.8 | 0.2  | -2.6 | -5.8 | -11.5 | -13.9 | -13.9 | -14.8 | -8.2      |               |
| 194 | Vilacota     | -12.3 | -10.7 | -9.7 | -6.4 | -4.4 | -3.0 | -5.0 | -7.2 | -11.7 | -14.0 | -14.7 | -15.5 | -9.6      |               |

**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

La correlación de los datos de temperatura media mínima anual es mala con la altura (*figura 4.14*).

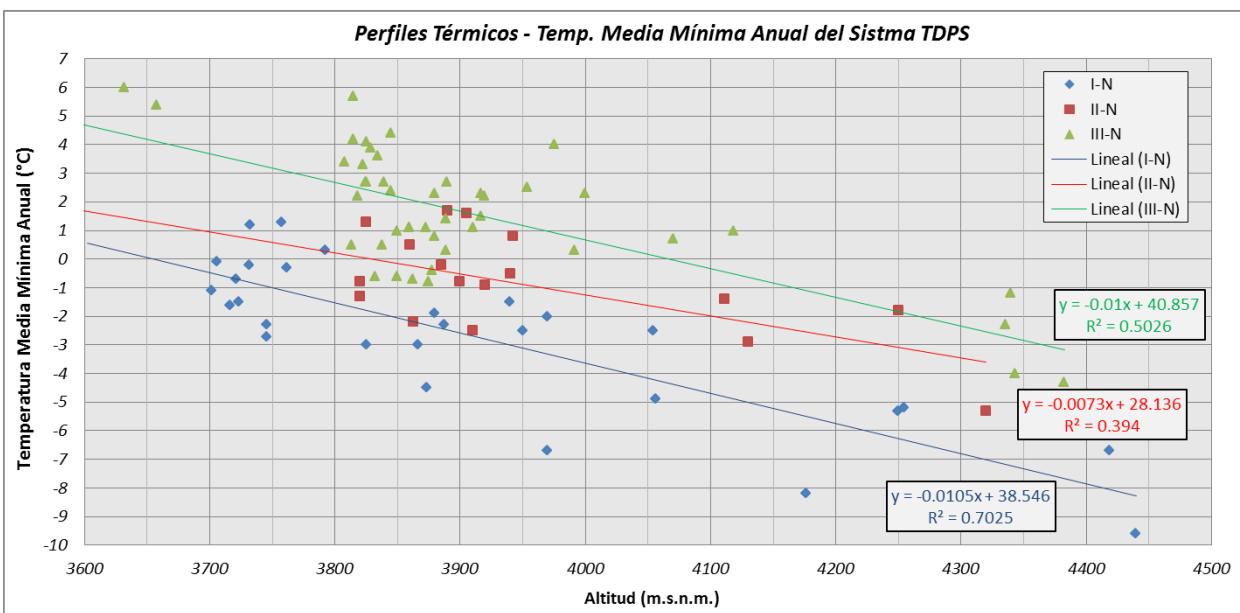
**Figura 4.14 Perfil térmico – Temperatura media mínima anual del sistema TDPS**



Fuente: Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

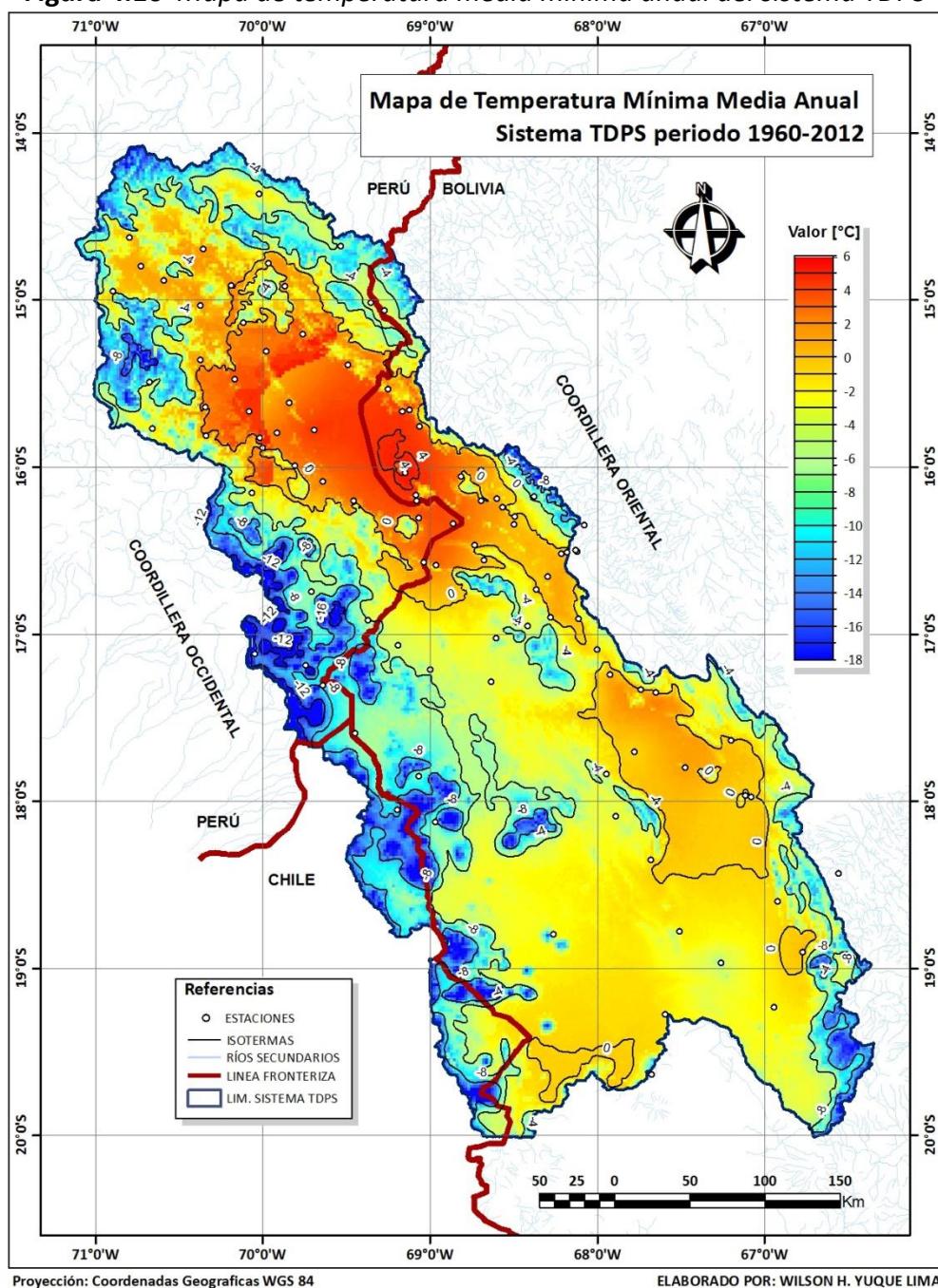
Los perfiles termicos obtenidos se presentan en la *figura 4.15*.

**Figura 4.15 Perfiles térmicos regionales – Temperatura media mínima anual del sistema TDPS**



Fuente: Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

Los coeficientes de correlación son relativamente bajos esto debido principalmente a la mayor variabilidad que presentan los datos registrados de temperatura mínima. Por lo tanto el mapa (raster) de temperatura media mínima es solamente referencial.

**Figura 4.16 Mapa de temperatura media mínima anual del sistema TDPS**

El mapa de temperatura mínima media anual (*figura 4.16*) muestra que el incremento de la temperatura está orientado del suroeste hacia el noreste. El sector sur presenta temperaturas mínimas muy bajas con registro alrededor de -4°C. Las temperaturas mínimas promedio alcanzan valores superiores a 0°C en el Lago y en sus inmediaciones, es decir desde las proximidades de la zona de Progreso-Muñani (norte) hasta la zona de Jesús de Machaca. También se registran temperaturas mínimas medias superiores a cero en la parte este entre las zonas de Calamarca y Oruro.

## 4.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa (HR) es la relación porcentual entre la cantidad de humedad de un volumen dado y la cantidad que ese volumen podría contener si estuviera saturado. Como parámetro meteorológico, sirve como indicador de la cantidad de vapor de agua que está presente en un lugar específico, para un tiempo determinado y para un nivel de la troposfera.

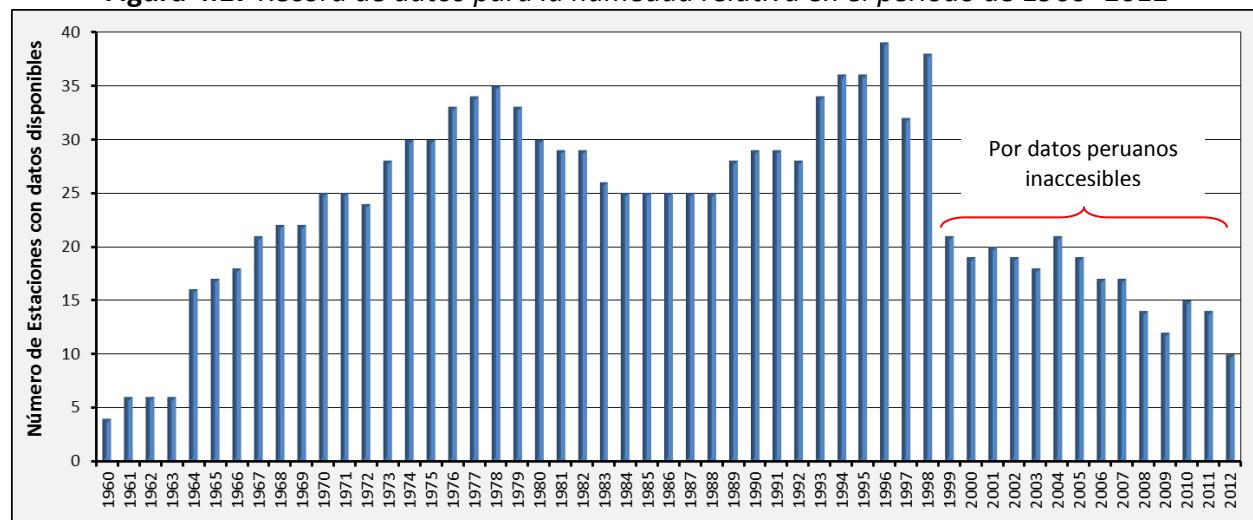
Se realizó el análisis de las series históricas de 77 estaciones ubicadas dentro del área de estudio y de 4 estaciones exteriores en calidad de apoyo; todas pertenecientes a la red de los servicios nacionales de meteorología e hidrología de Bolivia y Perú.

### 4.3.1 INVENTARIO DE INFORMACIÓN DE HR PERÍODO 1960-2012 A NIVEL MENSUAL

La información de HR disponible de los registros de las estaciones meteorológicas bolivianas es a nivel diario y de las estaciones meteorológicas peruanas es a nivel mensual.

La figura 4.17 muestra el número de estaciones con datos disponibles para cada año del periodo de estudio (1960 – 2012) de los registros de HR. El número de estaciones disponibles se redujo considerablemente en los últimos años, debido principalmente a que no se pudo acceder a los registros de HR de estaciones peruanas.

**Figura 4.17 Record de datos para la humedad relativa en el periodo de 1960 -2012**



**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

La tabla 4.8 muestra con un diagrama de barras la disponibilidad de los registros de HR originales de 62 estaciones que tienen más de 3 años continuos de registro (58 estaciones dentro del sistema y 4 estaciones de apoyo). Los datos validados ALT se muestran en color verde, los datos originales actualizados de color plomo y el año de clausura de la estación de color naranja. Los números indican meses de registro del año.

**Tabla 4.8** Inventario de Datos Originales de Humedad Relativa a nivel Mensual (Diagrama de Barras)



Año con registro completo de datos a nivel mensual de la estación meteorológica



Año con registro completo de datos extraídos del Estudio de Climatología 1993 (Plan Director Global Binacional de Protección - Prevención de Inundaciones y Aprovechamiento de los Recursos del sistema TDPS)



## Año de cierre y clausura de la estación meteorológica



Año incompleto ó sin registros de la estación meteorológica

1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 Número de meses con datos, en años con lagunas

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

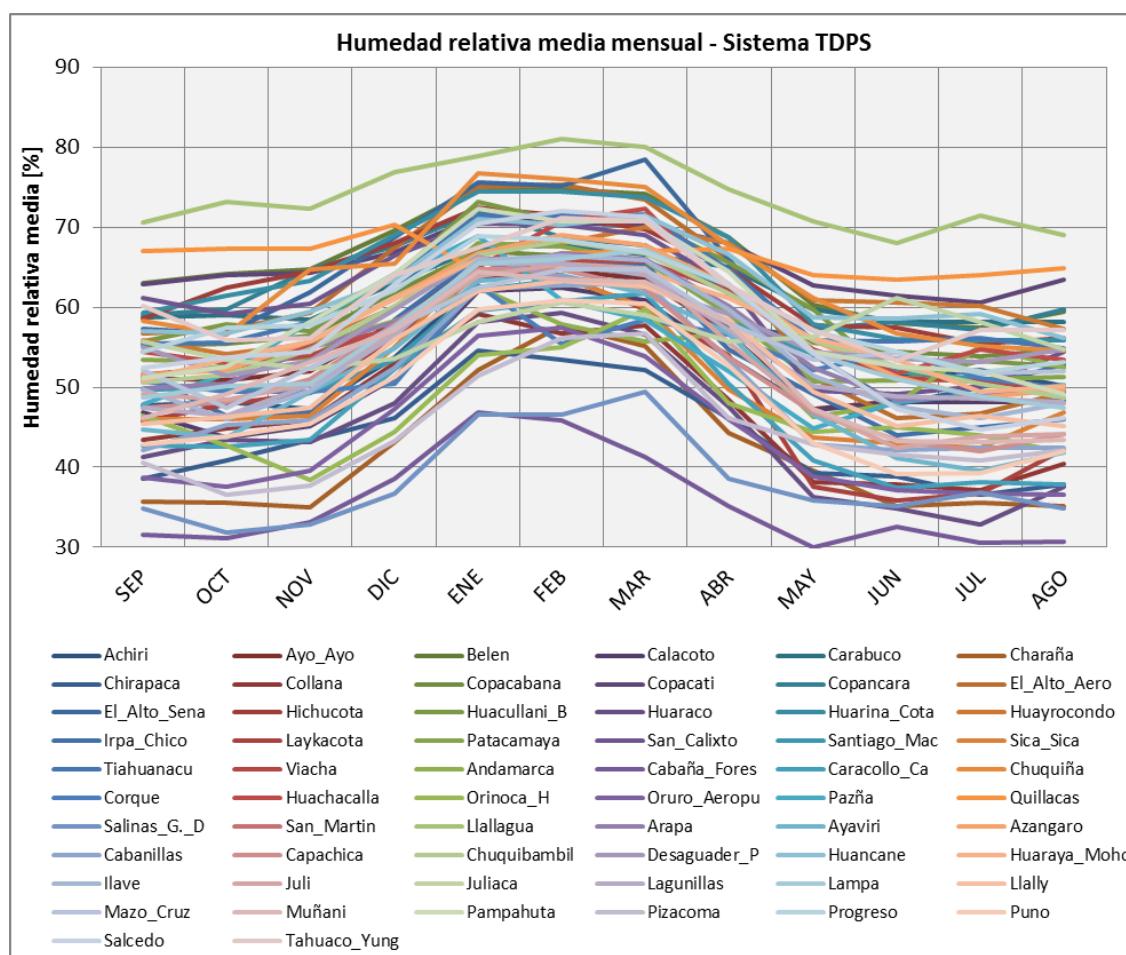
#### 4.3.2 DATOS DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL Y ANUAL

Después de evaluar la información de HR, se dispuso de datos de 57 estaciones dentro de la cuenca y 4 estaciones de apoyo. La *tabla 4.9* presenta los valores de Humedad Relativa Media Mensuales y Anuales de estas estaciones. La información se la presenta en orden alfabético agrupada por departamentos. Con fines de comparación se lista en la última columna los valores anuales presentados en el estudio de climatología de la ALT.

La humedad ambiental en las cercanías al Lago Titicaca es relativamente elevada, debido a la extensa superficie de agua, y va disminuyendo en la región sur del sistema. El valor promedio anual de la humedad relativa para el conjunto de las estaciones es de 55.8%.

Se observa en la *figura 4.18* que los valores de humedad relativa media mensual de las estaciones del sistema TDPS siguen un comportamiento relativamente homogéneo. Los valores más altos se registran entre los meses de Diciembre a Marzo (época de lluvias) y los más bajos entre los meses de Mayo a Noviembre.

**Figura 4.18** Humedad Relativa Media Mensual de las estaciones del sistema TDPS



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.9 Humedad Relativa Media Mensual y Anual en [%] de Estaciones meteorológicas del "Sistema TDPS" para el periodo 1960 - 2012**

| Nº  | Id Estación  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | AÑO 60-12 | Año ALT 60-90 |
|-----|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|---------------|
| 3   | Achiri       | 47.7 | 48.1 | 47.3 | 53.7 | 63.3 | 65.7 | 63.7 | 57.8 | 56.1 | 51.3 | 52.2 | 50.2 | 54.8      |               |
| 9   | Ayo_Ayo      | 51.1 | 50.9 | 52.0 | 58.1 | 65.9 | 64.7 | 63.4 | 56.7 | 47.3 | 48.3 | 48.1 | 48.1 | 54.6      |               |
| 12  | Belen        | 63.0 | 64.2 | 64.7 | 69.6 | 75.0 | 74.7 | 74.2 | 68.7 | 60.3 | 58.0 | 57.5 | 59.4 | 65.8      | 65.0          |
| 14  | Calacoto     | 46.9 | 43.7 | 45.1 | 51.2 | 62.0 | 62.4 | 60.9 | 53.7 | 47.1 | 48.1 | 48.2 | 48.3 | 51.5      | 45.0          |
| 17  | Carabuco     | 58.8 | 59.0 | 58.4 | 63.0 | 67.5 | 67.8 | 66.6 | 65.1 | 59.7 | 58.1 | 58.2 | 58.1 | 61.7      |               |
| 22  | Charaña      | 35.7 | 35.6 | 35.0 | 43.2 | 52.2 | 57.8 | 55.1 | 44.3 | 39.5 | 35.2 | 35.5 | 35.2 | 42.0      | 42.0          |
| 24  | Chirapaca    | 38.6 | 40.8 | 43.4 | 46.1 | 54.6 | 53.5 | 52.1 | 46.2 | 39.3 | 38.9 | 36.6 | 37.8 | 44.0      |               |
| 26  | Collana      | 43.4 | 44.9 | 45.8 | 53.0 | 59.2 | 56.8 | 57.8 | 48.4 | 38.2 | 37.8 | 37.2 | 40.4 | 46.9      | 47.0          |
| 31  | Copacabana   | 55.2 | 55.5 | 56.4 | 61.9 | 67.1 | 66.4 | 67.0 | 62.1 | 55.6 | 54.5 | 53.9 | 54.8 | 59.2      | 60.0          |
| 32  | Copacati     | 62.9 | 64.0 | 64.3 | 66.9 | 71.3 | 70.4 | 70.3 | 68.0 | 62.8 | 61.4 | 60.6 | 63.4 | 65.5      |               |
| 33  | Copancara    | 59.0 | 59.8 | 64.7 | 67.6 | 72.0 | 68.7 | 67.8 | 62.2 | 57.3 | 58.1 | 57.2 | 59.7 | 62.8      |               |
| 38  | El_Alto_Aero | 56.8 | 57.1 | 59.3 | 67.5 | 75.0 | 75.4 | 73.5 | 66.1 | 51.2 | 46.2 | 46.7 | 49.3 | 60.3      | 58.0          |
| 39  | El_Alto_Sena | 57.3 | 56.7 | 61.9 | 68.8 | 75.6 | 75.2 | 78.5 | 66.1 | 54.0 | 47.8 | 50.0 | 52.9 | 62.1      |               |
| 43  | Hichucota    | 58.6 | 62.4 | 64.4 | 68.0 | 72.4 | 71.4 | 69.8 | 64.8 | 57.7 | 57.4 | 55.4 | 56.2 | 63.2      | 62.0          |
| 44  | Huacullani_B | 55.7 | 57.9 | 57.0 | 63.7 | 73.2 | 70.8 | 70.7 | 65.6 | 59.7 | 50.9 | 53.3 | 52.6 | 60.9      |               |
| 45  | Huaraco      | 41.3 | 43.4 | 43.1 | 48.0 | 58.1 | 59.3 | 56.6 | 47.6 | 36.3 | 34.8 | 32.9 | 37.6 | 44.9      |               |
| 46  | Huarina_Cota | 59.3 | 61.5 | 63.3 | 69.0 | 74.4 | 74.4 | 73.8 | 68.7 | 57.9 | 56.0 | 55.9 | 55.9 | 64.2      | 61.0          |
| 49  | Huayrocondo  | 55.9 | 54.2 | 55.4 | 60.0 | 67.8 | 68.1 | 70.0 | 68.1 | 60.9 | 60.6 | 60.1 | 57.3 | 61.5      |               |
| 51  | Irpa_Chico   | 51.6 | 46.4 | 46.8 | 58.4 | 66.2 | 65.4 | 65.4 | 54.8 | 49.2 | 44.0 | 45.0 | 46.0 | 53.3      |               |
| 60  | Layacota     | 45.7 | 47.9 | 49.3 | 56.3 | 64.0 | 64.0 | 59.8 | 54.0 | 37.5 | 35.9 | 36.7 | 42.3 | 49.5      |               |
| 68  | Patacamaya   | 53.4 | 53.1 | 53.8 | 59.7 | 68.0 | 67.6 | 65.7 | 59.2 | 50.7 | 50.9 | 51.0 | 51.3 | 57.0      | 47.0          |
| 78  | San_Calixto  | 61.1 | 59.1 | 60.4 | 66.4 | 70.4 | 70.3 | 69.0 | 62.9 | 49.6 | 49.1 | 50.1 | 54.4 | 60.2      |               |
| 83  | Santiago_Mac | 49.7 | 49.9 | 49.3 | 53.5 | 62.2 | 63.4 | 63.2 | 58.2 | 54.2 | 52.0 | 51.0 | 49.4 | 54.7      | 52.0          |
| 85  | Sica_Sica    | 46.0 | 46.0 | 46.4 | 55.0 | 65.7 | 63.7 | 60.0 | 49.7 | 43.7 | 43.0 | 42.5 | 46.8 | 50.7      | 51.0          |
| 90  | Tiahuanacu   | 55.5 | 55.6 | 58.1 | 64.2 | 71.4 | 71.5 | 71.6 | 64.8 | 55.9 | 55.7 | 56.1 | 54.9 | 61.3      | 58.0          |
| 96  | Viacha       | 51.6 | 52.4 | 54.0 | 57.5 | 63.9 | 65.9 | 65.7 | 62.0 | 54.7 | 51.2 | 50.7 | 49.7 | 56.6      | 51.0          |
| 104 | Cabaña_Fores | 31.5 | 31.2 | 33.2 | 38.5 | 46.9 | 45.9 | 41.3 | 35.2 | 30.0 | 32.6 | 30.5 | 30.7 | 35.6      |               |
| 105 | Caracollo_Ca | 42.7 | 42.6 | 43.4 | 52.3 | 59.6 | 60.7 | 61.7 | 50.4 | 40.8 | 37.4 | 38.2 | 37.8 | 47.3      |               |
| 150 | Chuquiña     | 58.3 | 56.6 | 64.8 | 65.4 | 76.8 | 76.1 | 75.1 | 67.7 | 61.2 | 56.7 | 55.1 | 54.6 | 64.0      |               |
| 114 | Corque       | 50.7 | 49.5 | 49.4 | 50.4 | 62.8 | 55.5 | 58.4 | 56.6 | 52.2 | 54.4 | 51.1 | 49.9 | 53.4      | 42.0          |
| 119 | Huachacalla  | 54.5 | 53.0 | 55.2 | 57.1 | 65.1 | 70.7 | 72.3 | 61.6 | 55.9 | 51.7 | 54.8 | 53.5 | 58.8      | 59.0          |
| 125 | Orinoca_H    | 46.5 | 42.6 | 38.4 | 44.4 | 54.0 | 55.0 | 59.8 | 48.0 | 44.4 | 45.1 | 44.0 | 41.9 | 47.0      |               |
| 126 | Oruro_Aeropu | 38.7 | 37.5 | 39.5 | 47.3 | 56.5 | 57.4 | 53.9 | 46.0 | 38.8 | 37.2 | 36.7 | 36.6 | 43.8      | 42.0          |
| 127 | Pazña        | 47.8 | 51.7 | 58.2 | 63.8 | 68.9 | 60.9 | 58.5 | 52.0 | 44.9 | 48.1 | 49.1 | 50.3 | 54.5      |               |
| 129 | Quillacas    | 67.0 | 67.3 | 67.3 | 70.3 | 64.5 | 66.7 | 67.1 | 67.3 | 64.0 | 63.4 | 64.0 | 64.9 | 66.2      |               |
| 132 | Salinas_G._D | 34.9 | 31.9 | 32.8 | 36.7 | 46.6 | 46.6 | 49.5 | 38.6 | 35.8 | 35.1 | 36.8 | 34.8 | 38.3      | 39.0          |
| 134 | San_Martin   | 62.0 | 61.6 | 63.8 | 64.2 | 73.6 | 77.9 | 76.9 | 53.0 | 57.4 | 66.7 | 63.7 | 68.2 | 65.8      |               |
| 138 | Llallagua    | 70.6 | 73.2 | 72.3 | 76.9 | 78.9 | 81.0 | 80.0 | 74.8 | 70.8 | 68.1 | 71.5 | 69.1 | 73.9      |               |
| 142 | Arapa        | 49.8 | 50.5 | 54.9 | 58.1 | 64.5 | 66.7 | 66.1 | 60.1 | 52.4 | 48.5 | 48.8 | 49.9 | 55.9      | 57.0          |
| 144 | Ayaviri      | 44.7 | 43.7 | 49.5 | 54.9 | 63.3 | 64.0 | 61.7 | 56.7 | 46.6 | 41.1 | 39.5 | 41.8 | 50.6      | 51.0          |
| 145 | Azangaro     | 51.6 | 52.2 | 55.7 | 61.1 | 66.8 | 69.0 | 67.7 | 62.8 | 55.9 | 51.3 | 48.7 | 49.7 | 57.7      | 57.0          |
| 146 | Cabanillas   | 42.2 | 45.3 | 45.8 | 52.4 | 62.3 | 62.7 | 63.0 | 53.5 | 42.9 | 42.1 | 42.5 | 42.5 | 49.8      | 52.0          |
| 147 | Capachica    | 47.4 | 48.2 | 51.0 | 57.9 | 64.8 | 64.7 | 62.3 | 53.8 | 46.9 | 43.4 | 42.0 | 44.2 | 52.2      | 51.0          |
| 150 | Chuquibambil | 50.6 | 51.6 | 54.7 | 60.1 | 66.5 | 68.3 | 66.7 | 61.8 | 55.9 | 52.6 | 50.4 | 48.7 | 57.3      | 56.0          |
| 155 | Desaguader_P | 55.0 | 51.4 | 53.3 | 59.8 | 66.3 | 63.8 | 62.5 | 59.1 | 54.4 | 53.6 | 53.1 | 54.7 | 57.3      | 57.0          |
| 156 | Huancane     | 57.0 | 56.8 | 59.4 | 63.4 | 71.1 | 70.3 | 71.5 | 66.6 | 58.7 | 58.6 | 59.2 | 56.1 | 62.4      | 65.0          |
| 157 | Huaraya_Moho | 50.8 | 53.6 | 55.7 | 61.0 | 66.1 | 65.2 | 64.5 | 61.1 | 56.2 | 53.4 | 49.4 | 50.1 | 57.3      | 56.0          |
| 158 | Ilave        | 49.7 | 46.0 | 49.6 | 56.6 | 65.9 | 66.5 | 65.9 | 59.7 | 51.4 | 47.6 | 46.2 | 48.0 | 54.4      | 56.0          |
| 164 | Juli         | 49.1 | 48.4 | 50.5 | 57.2 | 63.9 | 65.4 | 64.9 | 55.6 | 47.1 | 42.4 | 43.9 | 44.2 | 52.7      | 53.0          |
| 165 | Juliana      | 55.8 | 53.4 | 52.3 | 53.6 | 58.2 | 60.6 | 59.0 | 55.8 | 56.3 | 61.2 | 58.1 | 54.8 | 56.6      |               |
| 166 | Lagunillas   | 47.5 | 46.4 | 50.3 | 56.4 | 65.5 | 65.5 | 64.0 | 57.1 | 50.2 | 48.9 | 48.6 | 48.1 | 54.0      | 50.0          |
| 167 | Lampa        | 48.7 | 50.2 | 50.5 | 57.6 | 65.5 | 66.0 | 67.2 | 62.7 | 54.2 | 51.0 | 48.9 | 47.4 | 55.8      | 57.0          |
| 169 | Llally       | 45.4 | 46.3 | 47.4 | 56.0 | 62.0 | 63.3 | 62.6 | 58.5 | 49.5 | 45.2 | 46.5 | 45.1 | 52.3      | 53.0          |
| 172 | Mazo_Cruz    | 52.2 | 47.5 | 52.4 | 57.5 | 62.4 | 64.8 | 64.7 | 58.0 | 53.5 | 54.3 | 51.7 | 52.0 | 55.9      | 56.0          |
| 173 | Muñani       | 46.1 | 49.2 | 53.2 | 57.2 | 64.5 | 63.4 | 63.1 | 58.0 | 47.3 | 43.3 | 43.1 | 43.4 | 52.7      | 53.0          |
| 176 | Pampahuta    | 51.1 | 52.6 | 58.1 | 64.2 | 72.3 | 70.8 | 70.7 | 64.4 | 54.5 | 52.6 | 52.0 | 49.1 | 59.4      | 60.0          |
| 178 | Pizacoma     | 40.5 | 36.6 | 37.7 | 43.3 | 51.4 | 56.1 | 56.7 | 46.1 | 42.9 | 41.6 | 40.9 | 42.1 | 44.7      | 45.0          |
| 179 | Progreso     | 54.5 | 57.4 | 57.8 | 62.1 | 68.9 | 68.5 | 66.9 | 62.8 | 57.0 | 54.5 | 51.9 | 53.1 | 59.6      | 62.0          |
| 181 | Puno         | 42.8 | 43.9 | 45.4 | 51.3 | 59.7 | 60.9 | 60.4 | 52.8 | 43.0 | 39.1 | 39.3 | 42.0 | 48.4      | 49.0          |
| 185 | Salcedo      | 52.4 | 53.8 | 54.5 | 62.9 | 70.4 | 72.0 | 71.3 | 62.9 | 54.3 | 47.3 | 44.7 | 46.2 | 57.7      | 58.0          |
| 188 | Tahuaco_Yung | 60.2 | 55.9 | 56.1 | 64.1 | 67.4 | 71.2 | 70.8 | 62.7 | 57.1 | 53.3 | 57.2 | 57.1 | 61.1      | 62.0          |

## 4.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE VELOCIDAD DEL VIENTO

Los movimientos del aire se originan como una consecuencia de las diferencias de presión atmosférica en la superficie del globo; los vientos soplan de las zonas de alta presión en dirección a los de baja presión. Cerca del suelo, la velocidad del viento es baja, aumentando rápidamente con la altura. Cuanto más accidentada sea la superficie del terreno, más frenará el viento. Es por ello que sopla con menor velocidad en las depresiones terrestres y más sobre las colinas. No obstante, el viento sopla con más fuerza sobre el mar que en la tierra.

Los registros históricos de velocidad de viento disponibles son las que corresponden a 78 estaciones ubicadas dentro del área de estudio y de 7 estaciones de apoyo.

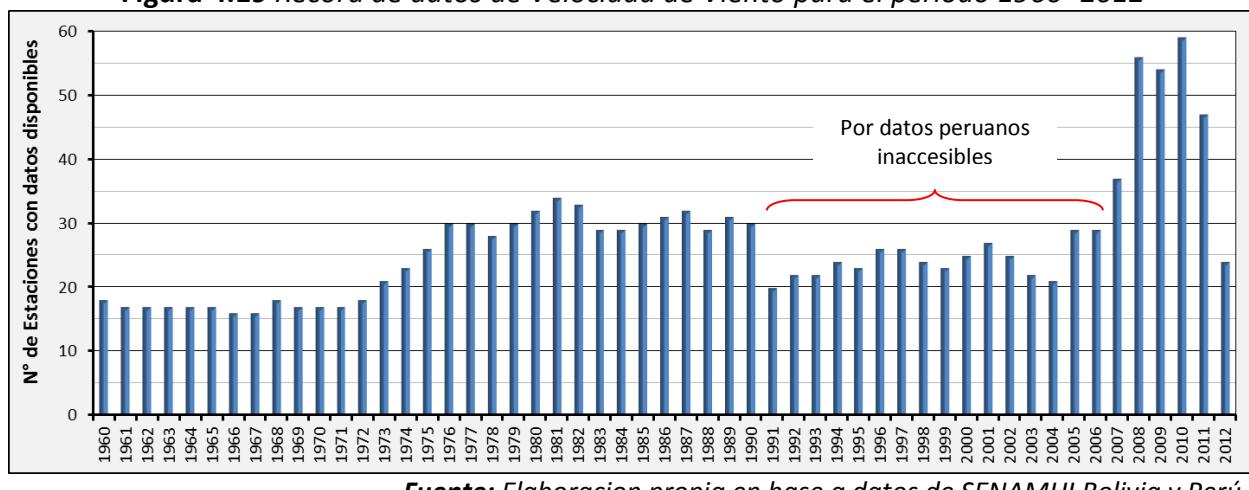
### 4.4.1 INVENTARIO DE INFORMACIÓN DE VELOCIDAD DE VIENTO PERÍODO 1960-2012 A NIVEL MENSUAL

Los registros de velocidad de viento de las estaciones meteorológicas son:

- En estaciones bolivianas a nivel diario.
- En estaciones peruanas solo se contaba con valores medios mensuales y anuales para el periodo de 1960 a 1998. A estos se adicionaron los valores mensuales obtenidos de los registros diarios transcritas de la página web del SENAMHI Perú para el periodo 2008 a 2012.

La figura 4.19 muestra nos muestra el número de estaciones con datos disponibles para cada año del periodo de estudio (1960 – 2012), para los registros de velocidad de viento.

**Figura 4.19 Record de datos de Velocidad de Viento para el periodo 1960 -2012**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

Las tablas 4.10 muestran el diagrama de barras que muestra la disponibilidad de los registros originales de velocidad de viento. Los datos medios mensuales de la ALT se presentan en color celeste, los datos originales actualizados de color plomo; los números indican meses de registro del año.

**Tabla 4.10** *Inventario de Datos Originales de Velocidad de Viento a nivel Mensual (Diagrama de Barras)*

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

#### 4.4.2 DATOS DE VELOCIDAD DE VIENTO MEDIA MENSUAL Y ANUAL

Después de evaluar la información de velocidad de viento, se logró obtener 67 estaciones dentro de la cuenca y 7 estaciones de apoyo. La *tabla 4.11* presenta los valores de Velocidad de Viento Media Mensuales y Anuales de estas estaciones. La información se la presenta en orden alfabético agrupada por departamentos considerando el año hidrológico establecido.

**Tabla 4.11** *Velocidad de Viento Media Mensual y Anual en [m/s] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012*

| Nº  | Id Estación  | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | AÑO |
|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 3   | Achiri       | 2.2 | 2.1 | 2.5 | 2.0 | 1.7 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.4 | 1.3 | 1.6 | 1.8 | 1.7 |
| 5   | Alto_Achachi | 4.9 | 4.9 | 4.6 | 4.2 | 4.8 | 4.8 | 4.9 | 5.0 | 5.0 | 4.9 | 5.1 | 4.9 | 4.8 |
| 9   | Ayo_Ayo      | 5.2 | 4.9 | 4.7 | 4.6 | 4.3 | 4.3 | 4.1 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 4.3 | 4.8 | 4.4 |
| 12  | Belen        | 2.9 | 2.9 | 2.6 | 2.4 | 2.1 | 2.3 | 2.1 | 2.0 | 1.7 | 1.8 | 2.2 | 2.5 | 2.3 |
| 14  | Calacoto     | 3.2 | 2.9 | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.6 |
| 17  | Carabuco     | 4.3 | 4.4 | 3.9 | 3.7 | 3.4 | 3.6 | 3.5 | 3.2 | 2.6 | 2.6 | 3.0 | 3.7 | 3.5 |
| 22  | Charaña      | 3.2 | 3.3 | 3.2 | 2.8 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 2.6 | 2.5 | 2.7 | 2.8 | 2.7 |
| 24  | Chirapaca    | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.9 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 1.7 |
| 26  | Collana      | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 0.9 |
| 28  | Comanche     | 4.0 | 3.5 | 3.4 | 3.3 | 3.1 | 3.3 | 3.1 | 3.6 | 4.0 | 4.5 | 4.0 | 4.3 | 3.7 |
| 31  | Copacabana   | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.6 | 1.5 |
| 32  | Copacati     | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.5 | 1.5 |
| 33  | Copancara    | 4.3 | 3.7 | 3.9 | 3.7 | 3.4 | 3.9 | 3.6 | 3.4 | 3.2 | 3.4 | 3.4 | 4.0 | 3.7 |
| 38  | El_Alto_Aero | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.6 | 2.5 | 2.4 | 2.5 | 2.7 | 2.9 | 2.8 | 2.8 |
| 39  | El_Alto_Sena | 3.0 | 2.9 | 2.9 | 2.8 | 2.6 | 2.6 | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 2.5 | 2.8 | 2.6 |
| 43  | Hichucota    | 4.8 | 5.1 | 4.9 | 4.1 | 3.7 | 4.0 | 4.0 | 3.4 | 2.4 | 2.8 | 2.8 | 4.0 | 3.8 |
| 45  | Huaraco      | 6.0 | 5.6 | 5.5 | 4.3 | 4.6 | 4.1 | 4.2 | 4.5 | 3.9 | 4.9 | 3.7 | 5.3 | 4.7 |
| 46  | Huarina_Cota | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 4.9 | 4.5 | 4.4 | 4.2 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.3 | 4.9 | 4.7 |
| 47  | Huatajata    | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.6 |
| 49  | Huayocondo   | 2.9 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.4 | 2.7 | 2.3 |
| 53  | Isla_Del_Sol | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.8 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.6 |
| 60  | Laykacota    | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 |
| 66  | Pampa_Grande | 3.8 | 3.0 | 3.1 | 2.9 | 2.7 | 3.5 | 3.5 | 3.9 | 3.0 | 3.0 | 3.1 | 3.4 | 3.2 |
| 68  | Patacamaya   | 4.2 | 4.0 | 3.5 | 3.5 | 3.3 | 3.0 | 3.1 | 3.0 | 2.5 | 2.7 | 3.2 | 3.7 | 3.3 |
| 74  | Puerto_Acost | 3.8 | 3.6 | 3.0 | 3.2 | 3.3 | 3.7 | 3.0 | 2.7 | 2.6 | 2.4 | 2.5 | 3.0 | 3.1 |
| 76  | Salla        | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.3 | 2.7 | 2.6 | 2.5 | 2.5 | 2.6 |
| 78  | San_Calixto  | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
| 79  | San_Jose_Alt | 4.4 | 3.5 | 3.5 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 2.8 | 3.1 | 3.3 | 3.3 | 4.1 | 3.9 | 3.6 |
| 80  | San_Juan_Hua | 5.1 | 5.2 | 5.1 | 4.6 | 4.2 | 4.0 | 4.2 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 3.8 | 4.3 | 4.3 |
| 82  | Santiago_Hua | 3.3 | 3.6 | 3.2 | 3.2 | 3.1 | 2.9 | 2.8 | 2.8 | 1.8 | 1.9 | 2.4 | 2.8 | 2.8 |
| 83  | Santiago_Mac | 4.1 | 3.8 | 3.8 | 3.5 | 3.0 | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 2.9 | 3.0 | 3.5 | 3.4 | 3.2 |
| 84  | Sepulturas   | 3.4 | 3.3 | 3.6 | 3.7 | 3.3 | 3.3 | 3.2 | 3.4 | 3.9 | 4.1 | 3.8 | 3.8 | 3.6 |
| 90  | Tiahuanacu   | 2.8 | 2.6 | 2.7 | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 2.2 | 2.0 | 1.9 | 1.9 | 2.1 | 2.4 | 2.4 |
| 96  | Viacha       | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.6 | 3.4 | 3.4 | 3.3 | 3.1 | 3.3 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.4 |
| 98  | Villa_Copaca | 1.0 | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 99  | Villa_Puni   | 6.4 | 6.6 | 6.2 | 5.7 | 5.7 | 5.9 | 6.4 | 5.6 | 3.9 | 3.4 | 4.0 | 5.1 | 5.4 |
| 104 | Cabaña_Fores | 3.4 | 3.9 | 4.6 | 4.5 | 4.1 | 3.9 | 3.4 | 3.2 | 2.8 | 2.5 | 3.2 | 3.6 | 3.6 |
| 105 | Caracollo_Ca | 2.8 | 2.4 | 2.5 | 2.4 | 2.1 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 2.3 | 2.8 | 2.4 | 2.9 | 2.4 |
| 107 | Chilcca      | 2.6 | 2.3 | 2.2 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 2.5 | 2.4 | 2.7 | 2.3 | 2.2 |
| 109 | Chuquiña     | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 3.5 | 3.6 | 3.2 | 3.0 | 2.8 | 2.7 | 3.2 | 3.0 | 3.3 |
| 110 | Chuquiña_AT  | 3.4 | 3.6 | 3.8 | 3.4 | 3.9 | 3.5 | 3.2 | 2.9 | 2.7 | 3.2 | 3.2 | 3.3 | 3.3 |
| 114 | Corque       | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 |
| 116 | Curahuara_de | 2.1 | 2.0 | 2.6 | 2.5 | 1.7 | 2.0 | 1.8 | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 2.0 |
| 120 | Huayllamarca | 5.4 | 5.6 | 5.1 | 5.2 | 4.8 | 4.2 | 4.1 | 4.1 | 4.6 | 5.0 | 5.6 | 5.4 | 4.9 |
| 125 | Orinoca_H    | 3.2 | 3.1 | 3.6 | 3.3 | 3.1 | 2.7 | 2.6 | 2.4 | 2.4 | 2.6 | 3.2 | 2.9 | 2.9 |
| 126 | Oruro_Aeropu | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.6 | 2.4 | 2.3 | 1.8 | 1.5 | 1.4 | 1.7 | 2.1 | 2.2 |
| 127 | Pazña        | 1.0 | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.9 |
| 129 | Quillacas    | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.7 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.6 | 1.7 | 1.2 | 1.8 | 2.1 |
| 134 | San_Martin   | 5.2 | 4.9 | 4.5 | 4.2 | 3.6 | 2.9 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.9 | 4.1 | 4.0 | 3.7 |
| 138 | Llallagua    | 3.3 | 3.5 | 3.2 | 2.6 | 2.6 | 2.5 | 3.2 | 3.3 | 3.1 | 3.7 | 3.6 | 3.1 |     |
| 139 | Llica        | 2.9 | 3.3 | 3.3 | 3.0 | 2.2 | 2.9 | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 3.3 | 2.9 | 2.9 | 2.9 |

| Nº  | Id Estación  | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | AÑO |
|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 142 | Arapa        | 3.4 | 3.3 | 3.3 | 3.1 | 2.6 | 2.4 | 2.2 | 2.7 | 2.4 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 2.8 |
| 144 | Ayaviri      | 2.5 | 2.2 | 2.3 | 1.7 | 1.4 | 1.4 | 1.8 | 1.1 | 2.2 | 2.6 | 1.9 | 2.3 | 2.0 |
| 145 | Azangaro     | 1.9 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 0.8 | 1.0 | 1.4 | 1.1 |
| 146 | Cabanillas   | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 1.4 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.4 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 1.4 |
| 147 | Capachica    | 4.1 | 4.3 | 4.2 | 3.9 | 3.5 | 3.5 | 3.3 | 3.4 | 3.1 | 3.3 | 3.2 | 3.5 | 3.6 |
| 150 | Chuquibambil | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 1.3 | 0.9 | 1.2 | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 1.2 | 1.2 | 1.1 |
| 155 | Desaguader_P | 4.5 | 4.4 | 4.5 | 4.1 | 4.1 | 3.9 | 3.8 | 3.6 | 3.9 | 3.8 | 4.0 | 4.3 | 4.1 |
| 156 | Huancane     | 2.9 | 3.2 | 3.1 | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 1.8 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 2.5 |
| 157 | Huaraya_Moho | 2.5 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.2 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.0 | 0.7 | 1.4 | 1.9 | 1.7 |
| 158 | Ilave        | 2.7 | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 1.8 | 2.3 | 1.8 | 2.1 | 2.3 | 2.4 |
| 165 | Juliacá      | 4.5 | 4.8 | 4.5 | 4.8 | 3.9 | 3.2 | 3.2 | 2.6 | 2.7 | 2.6 | 3.4 | 3.9 | 3.7 |
| 166 | Lagunillas   | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.6 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.6 | 1.5 |
| 167 | Lampa        | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 2.2 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.7 | 1.3 | 1.4 | 2.0 | 2.4 | 1.8 |
| 169 | Llally       | 3.8 | 4.1 | 4.4 | 3.7 | 3.3 | 3.1 | 3.0 | 3.7 | 3.8 | 4.2 | 4.9 | 4.4 | 3.9 |
| 172 | Mazo_Cruz    | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.5 | 1.7 | 1.4 | 1.2 | 1.5 |
| 173 | Muñani       | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 0.6 | 1.0 | 0.9 | 0.8 |
| 176 | Pampahuta    | 3.0 | 3.1 | 3.0 | 2.7 | 2.3 | 2.5 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.7 | 3.0 | 2.8 | 2.7 |
| 178 | Pizacoma     | 4.4 | 4.5 | 4.0 | 3.8 | 3.3 | 3.4 | 3.7 | 4.3 | 4.1 | 4.0 | 4.9 | 5.1 | 4.1 |
| 179 | Progreso     | 1.7 | 1.3 | 1.1 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 1.4 | 1.5 | 0.9 |
| 181 | Puno         | 3.4 | 3.7 | 3.8 | 3.6 | 3.4 | 3.3 | 3.1 | 2.9 | 2.4 | 2.8 | 2.9 | 3.0 | 3.2 |
| 188 | Tahuaco_Yung | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.0 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.4 | 0.2 |
| 194 | Vilacota     | 7.0 | 7.2 | 6.9 | 5.7 | 5.0 | 4.4 | 5.1 | 5.7 | 6.2 | 6.5 | 6.7 | 6.8 | 6.1 |

**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

Los registros trascritos de la web del SENAMHI Perú (valores mensuales obtenidos) fueron multiplicados por un factor que proviene de la relación entre valores promedio con los datos ALT. Esto debido a la gran diferencia que se presentaba en una comparación con datos ALT.

En la región, que es topográficamente variable, los vientos de superficie son el resultado de patrones locales de escape (las colinas canalizan los vientos en direcciones específicas). De acuerdo con la tabla 4.11 la velocidad media del viento está entre los rangos de 0 (calma) hasta 4 (Bonancible ó brisa moderada) en la escala de Beaufort.

En la zona del Lago Titicaca se producen brisas lago-tierra-lago. Durante el día, el aire se desplaza desde el Lago Titicaca hacia las Pampas (invirtiéndose de sentido durante la noche), esto debido a que durante el día la tierra se calienta más que la superficie del lago, en consecuencia sobre la tierra se produce una zona de baja presión y sobre el lago de alta presión.

## 4.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE HORAS DE SOL Y RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es el factor determinante de la evaporación, por ser la fuente de energía de dicho proceso. Generalmente, las estaciones meteorológicas miden la insolación solar (horas de sol) mediante heliógrafos, para luego poder estimar la radiación solar mediante métodos empíricos (indirectos).

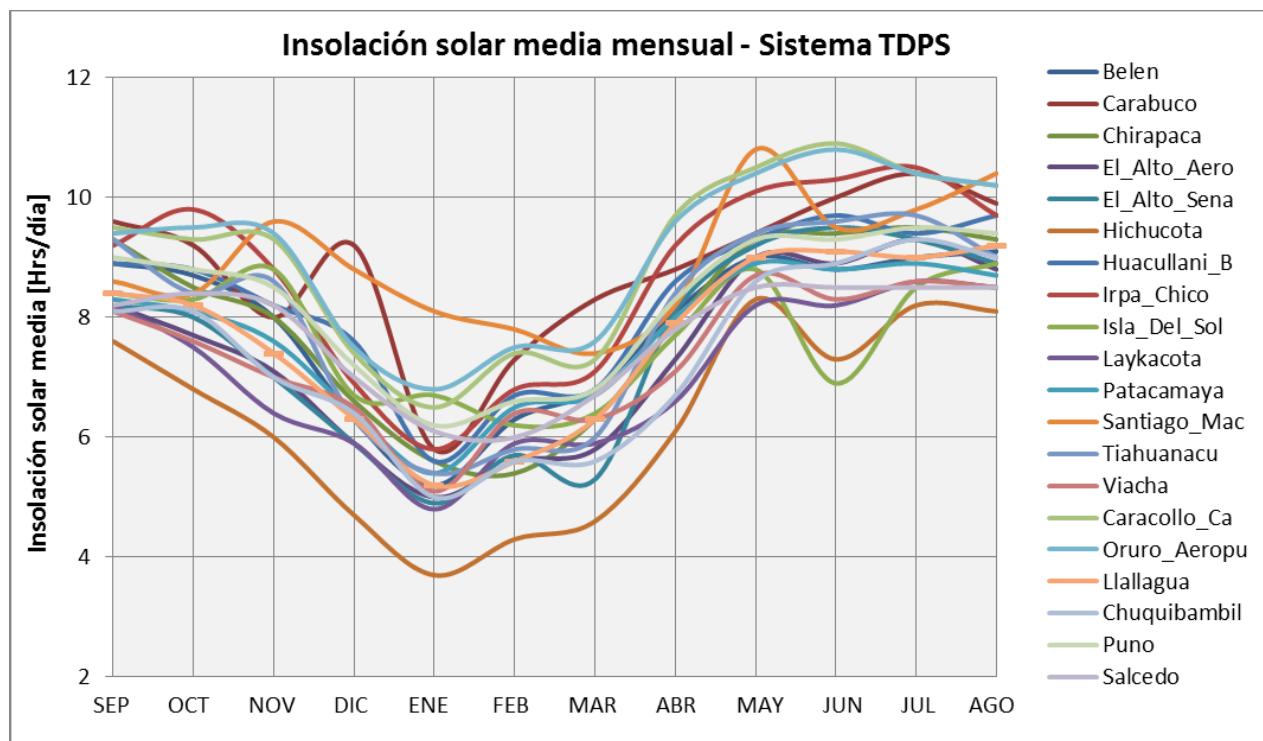
### 4.5.1 INVENTARIO DE INFORMACIÓN DE HORAS DE SOL PARA EL PERÍODO 1960-2012 A NIVEL MENSUAL

La información de Horas de Sol disponible de los registros de las estaciones meteorológicas bolivianas está a nivel diario y de las estaciones meteorológicas peruanas a nivel mensual. Los registros históricos de Horas de Sol disponibles son los que corresponden a 19 estaciones ubicadas dentro del área de estudio y de 2 estaciones de apoyo

La *tabla 4.12* muestra el diagrama de barras que ilustra la disponibilidad de los registros originales de horas de sol de 21 estaciones. Los datos validados ALT son de color verde y los datos originales actualizados de color plomo. Los números indican meses de registro del año.

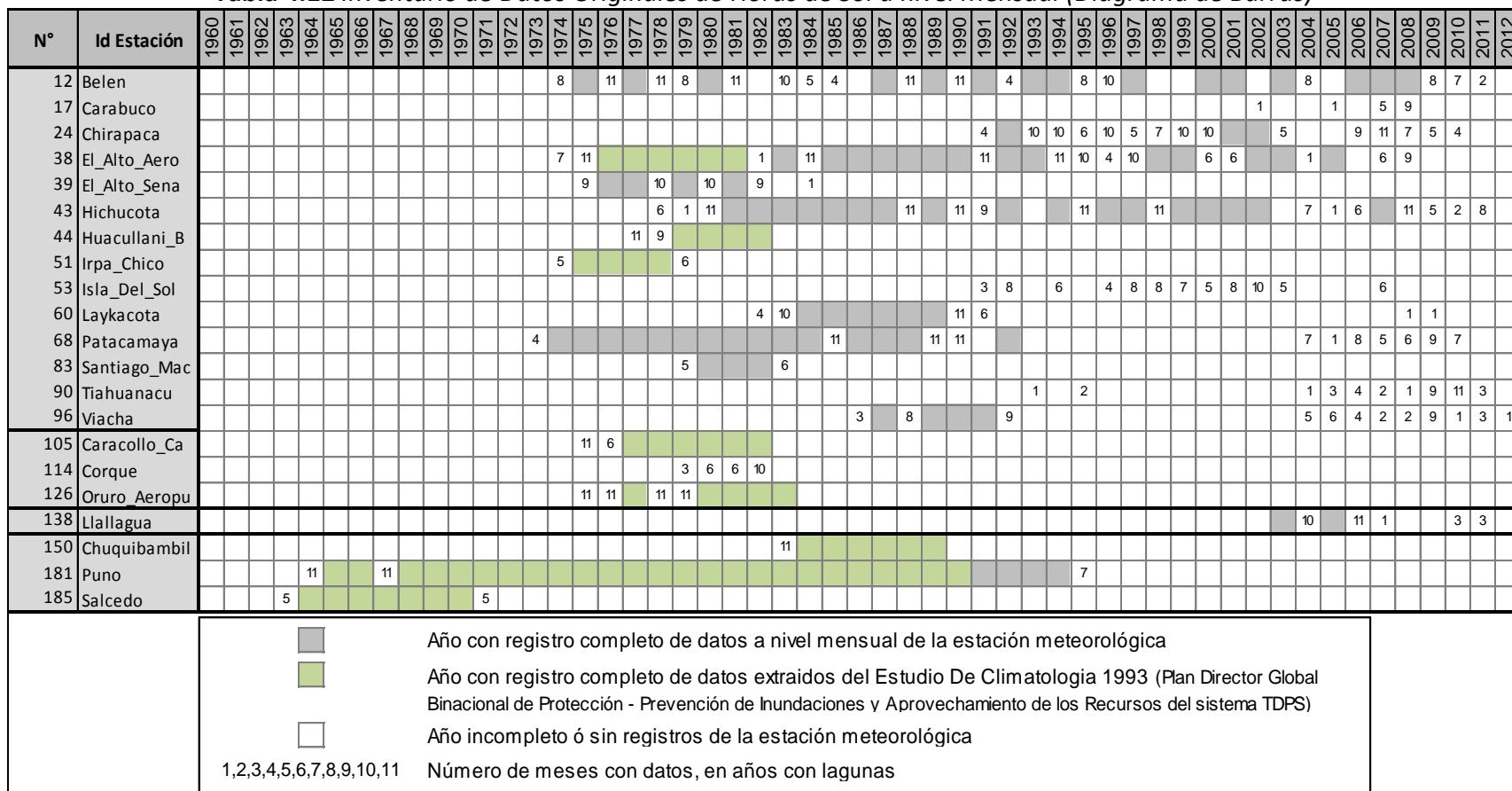
Los valores de Horas de Sol Media Mensual y Anual de las estaciones del sistema se presentan en la *figura 4.20* y la *tabla 4.13*.

**Figura 4.20** *Insolación Solar Media Mensual de las estaciones del sistema TDPS*



*Fuente:* Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

**Tabla 4.12** Inventario de Datos Originales de Horas de Sol a nivel Mensual (Diagrama de Barras)



**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

**Tabla 4.13 Horas de Sol Media a nivel mensual y anual en [Hrs/día] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012**

| Nº  | Id Estación  | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | AÑO |
|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|
| 3   | Belen        | 8.9 | 8.7 | 8.0 | 6.3 | 5.2 | 6.3 | 6.8 | 8.1 | 9.0  | 8.8  | 9.0  | 9.1  | 7.9 |
| 6   | Chirapaca    | 9.3 | 8.5 | 8.0 | 6.6 | 5.6 | 5.4 | 6.3 | 7.9 | 9.3  | 9.4  | 9.5  | 9.3  | 7.9 |
| 6   | El_Alto_Aero | 8.2 | 7.7 | 7.1 | 5.9 | 5.0 | 5.6 | 5.8 | 7.3 | 9.0  | 8.9  | 9.3  | 8.8  | 7.4 |
| 7   | El_Alto_Sena | 8.2 | 8.0 | 7.0 | 5.9 | 4.9 | 5.7 | 5.3 | 8.1 | 9.2  | 9.5  | 9.3  | 8.9  | 7.5 |
| 9   | Hichucota    | 7.6 | 6.8 | 6.0 | 4.7 | 3.7 | 4.3 | 4.6 | 6.1 | 8.3  | 7.3  | 8.2  | 8.1  | 6.3 |
| 1   | Huacullani_B | 8.9 | 8.8 | 8.2 | 7.6 | 5.6 | 6.7 | 6.8 | 8.6 | 9.3  | 9.7  | 9.4  | 9.7  | 8.3 |
| 7   | Irpa_Chico   | 9.2 | 9.8 | 8.8 | 6.9 | 5.8 | 6.8 | 7.1 | 9.2 | 10.1 | 10.3 | 10.5 | 9.7  | 8.7 |
| 12  | Isla_Del_Sol | 8.4 | 8.3 | 8.8 | 6.7 | 6.7 | 6.2 | 6.4 | 7.7 | 8.8  | 7.3  | 8.5  | 8.9  | 7.7 |
| 12  | Laykacota    | 8.2 | 7.5 | 6.4 | 5.9 | 4.8 | 5.9 | 5.9 | 6.6 | 8.2  | 8.2  | 8.6  | 8.5  | 7.1 |
| 17  | Patacamaya   | 8.3 | 8.1 | 7.6 | 6.4 | 5.4 | 6.5 | 6.7 | 8.0 | 8.9  | 8.8  | 8.9  | 8.7  | 7.7 |
| 13  | Santiago_Mac | 8.6 | 8.4 | 9.6 | 8.8 | 8.1 | 7.8 | 7.4 | 8.2 | 10.8 | 9.5  | 9.8  | 10.4 | 9.0 |
| 15  | Tiahuanacu   | 9.3 | 8.4 | 8.6 | 6.3 | 5.4 | 5.8 | 6.0 | 8.4 | 9.4  | 9.6  | 9.7  | 9.0  | 8.0 |
| 22  | Viacha       | 8.1 | 7.6 | 7.0 | 6.5 | 5.1 | 6.4 | 6.3 | 7.1 | 8.7  | 8.3  | 8.6  | 8.5  | 7.4 |
| 4   | Caracollo_Ca | 9.5 | 9.3 | 9.3 | 7.4 | 6.5 | 7.4 | 7.3 | 9.7 | 10.5 | 10.9 | 10.4 | 10.2 | 9.0 |
| 16  | Oruro_Aeropu | 9.4 | 9.5 | 9.4 | 7.5 | 6.8 | 7.5 | 7.6 | 9.6 | 10.4 | 10.8 | 10.4 | 10.2 | 9.1 |
| 138 | Llallagua    | 8.4 | 8.2 | 7.4 | 6.3 | 5.2 | 5.6 | 6.3 | 7.9 | 9.0  | 9.1  | 9.0  | 9.2  | 7.6 |
| 5   | Chuquibambil | 8.1 | 8.1 | 7.0 | 6.4 | 5.0 | 5.6 | 5.6 | 6.7 | 8.6  | 8.9  | 9.3  | 9.0  | 7.4 |
| 21  | Puno         | 9.0 | 8.8 | 8.5 | 7.2 | 6.2 | 6.6 | 6.8 | 8.3 | 9.3  | 9.3  | 9.5  | 9.4  | 8.2 |
| 23  | Salcedo      | 8.2 | 8.4 | 8.2 | 7.0 | 6.1 | 6.0 | 6.7 | 7.8 | 8.5  | 8.5  | 8.5  | 8.5  | 7.7 |

**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

## 4.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE EVAPORACIÓN EN TANQUE

La evaporación guarda relación con la radiación solar, debido a que de la intensidad de este último parámetro depende la mayor o menor temperatura del suelo, lo que se manifiesta a través de la evaporación de la humedad retenida. Otra variable influye en el proceso de evaporación es el viento, porque a mayor intensidad de viento mayor evaporación.

### 4.6.1 INVENTARIO DE INFORMACIÓN DE EVAPORACIÓN EN TANQUE PARA EL PERÍODO 1960-2012 A NIVEL MENSUAL

Se dispuso de información de evaporación en tanque en 35 estaciones meteorológicas bolivianas a nivel diario y de 21 estaciones meteorológicas peruanas a nivel mensual.

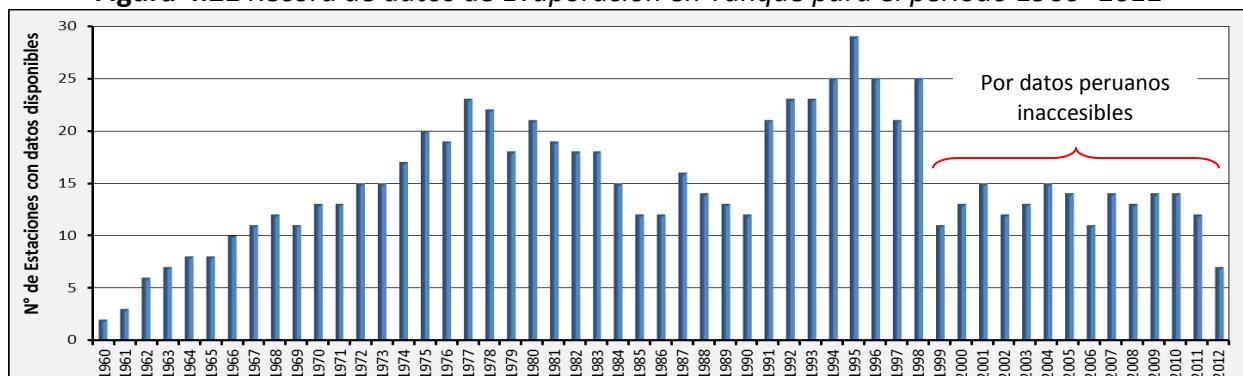
La tabla 4.14 muestra el diagrama de barras que ilustra la disponibilidad de los registros originales de evaporación en tanque de 56 estaciones (54 estaciones dentro del sistema y 2 estaciones de apoyo). Los datos validados ALT se muestran de color verde y los datos originales actualizados de color plomo. Los números indican meses de registro del año.

**Tabla 4.14** *Inventario de Datos Originales de Evaporación en Tanque a nivel Mensual (Diagrama de Barras)*

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

La disponibilidad de datos en el tiempo se muestra en la *figura 4.21*. Existe una gran reducción en los últimos años, debido a la poca disponibilidad de registros peruanos para el periodo 1999-2012.

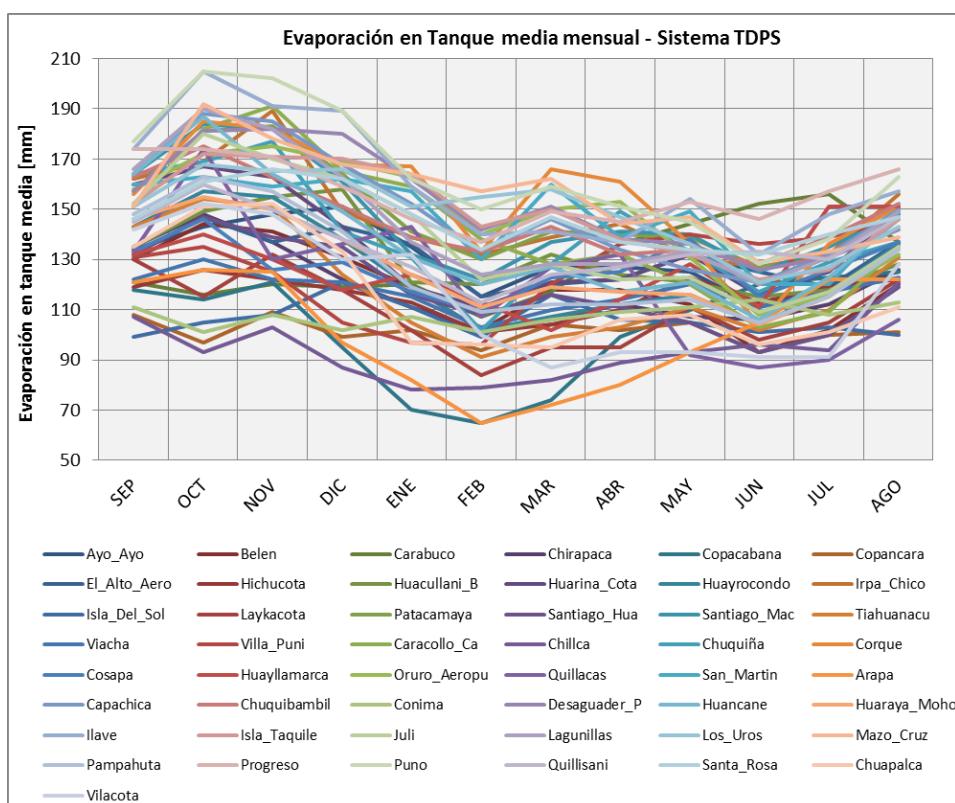
**Figura 4.21 Record de datos de Evaporación en Tanque para el periodo 1960 -2012**



**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

*La figura 4.22 muestra los valores medios mensuales de evaporación en tanque de las estaciones distribuidas a lo largo del sistema TDPS. Se observa que en la mayoría de las estaciones registran una mayor evaporación entre los meses de Octubre y Noviembre.*

**Figura 4.22** Evaporación en Tanque Media Mensual de las estaciones del sistema TDPS



**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.6.2 DATOS DE EVAPORACIÓN EN TANQUE MEDIA MENSUAL Y ANUAL

Después de evaluar la información de evaporación en tanque, se presenta la *tabla 4.15* con los valores de Evaporación Media Mensuales y Anuales de 49 estaciones distribuidas a lo largo del sistema TDPS para el periodo de 1960 a 2012.

**Tabla 4.15** Evaporación en Tanque Media Mensual y Anual en [mm] de Estaciones meteorológicas del “Sistema TDPS” para el periodo 1960 - 2012

| Nº  | Id Estación  | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | AÑO  |
|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 9   | Ayo_Ayo      | 134 | 143 | 148 | 151 | 135 | 115 | 127 | 127 | 125 | 111 | 119 | 125 | 1560 |
| 12  | Belen        | 130 | 144 | 141 | 131 | 119 | 102 | 118 | 119 | 113 | 95  | 104 | 120 | 1436 |
| 17  | Carabuco     | 144 | 152 | 156 | 137 | 121 | 116 | 120 | 119 | 120 | 107 | 117 | 136 | 1273 |
| 24  | Chirapaca    | 135 | 148 | 137 | 122 | 111 | 102 | 106 | 112 | 107 | 106 | 112 | 126 | 1424 |
| 31  | Copacabana   | 118 | 114 | 121 | 95  | 70  | 65  | 74  | 99  | 110 | 120 | 123 | 125 | 1234 |
| 33  | Copancara    | 108 | 97  | 109 | 99  | 102 | 94  | 104 | 102 | 105 | 93  | 100 | 101 | 1214 |
| 38  | El_Alto_Aero | 132 | 147 | 137 | 143 | 136 | 115 | 120 | 122 | 132 | 125 | 119 | 137 | 1565 |
| 43  | Hichucota    | 119 | 126 | 122 | 118 | 113 | 101 | 104 | 110 | 123 | 113 | 119 | 122 | 1390 |
| 44  | Huacullani_B | 135 | 149 | 155 | 158 | 121 | 120 | 132 | 124 | 121 | 115 | 118 | 128 | 1576 |
| 46  | Huarina_Cota | 160 | 167 | 163 | 143 | 119 | 111 | 121 | 122 | 132 | 116 | 125 | 150 | 1629 |
| 49  | Huayrocondo  | 143 | 157 | 155 | 138 | 119 | 102 | 107 | 112 | 116 | 104 | 117 | 136 | 1506 |
| 51  | Irpa_Chico   | 162 | 169 | 189 | 149 | 139 | 132 | 139 | 144 | 131 | 127 | 132 | 156 | 1769 |
| 53  | Isla_Del_Sol | 99  | 105 | 108 | 121 | 111 | 99  | 116 | 106 | 105 | 101 | 103 | 100 | 1274 |
| 60  | Layakota     | 130 | 115 | 132 | 118 | 102 | 84  | 95  | 95  | 111 | 98  | 105 | 122 | 1307 |
| 68  | Patacamaya   | 157 | 181 | 183 | 164 | 141 | 130 | 141 | 140 | 139 | 127 | 130 | 150 | 1783 |
| 82  | Santiago_Hua | 132 | 147 | 139 | 135 | 116 | 108 | 116 | 111 | 105 | 93  | 100 | 119 | 1421 |
| 83  | Santiago_Mac | 164 | 184 | 182 | 161 | 132 | 122 | 137 | 141 | 140 | 125 | 135 | 148 | 1771 |
| 90  | Tiahuanacu   | 143 | 154 | 151 | 124 | 105 | 91  | 99  | 103 | 111 | 102 | 110 | 131 | 1424 |
| 96  | Viacha       | 122 | 130 | 122 | 121 | 115 | 103 | 110 | 114 | 120 | 111 | 117 | 123 | 1408 |
| 99  | Villa_Puni   | 131 | 135 | 125 | 105 | 97  | 96  | 120 | 136 | 140 | 136 | 139 | 146 | 1506 |
| 105 | Caracollo_Ca | 151 | 182 | 191 | 165 | 159 | 138 | 128 | 132 | 120 | 103 | 109 | 135 | 1713 |
| 107 | Chilca       | 107 | 93  | 103 | 87  | 78  | 79  | 82  | 89  | 93  | 96  | 94  | 121 | 1122 |
| 109 | Chuquiña     | 164 | 169 | 177 | 141 | 131 | 102 | 128 | 149 | 133 | 117 | 129 | 137 | 1677 |
| 114 | Corque       | 156 | 185 | 182 | 168 | 167 | 133 | 166 | 161 | 136 | 104 | 136 | 151 | 1845 |
| 115 | Cosapa       | 133 | 146 | 126 | 129 | 117 | 109 | 123 | 125 | 138 | 115 | 126 | 137 | 1524 |
| 120 | Huayllamarca | 132 | 140 | 130 | 118 | 124 | 113 | 102 | 114 | 128 | 111 | 151 | 151 | 1514 |
| 126 | Oruro_Aeropu | 158 | 172 | 175 | 169 | 163 | 140 | 150 | 153 | 131 | 108 | 116 | 132 | 1767 |
| 129 | Quillacas    | 133 | 174 | 130 | 136 | 143 | 107 | 127 | 132 | 92  | 87  | 90  | 106 | 1457 |
| 134 | San_Martin   | 160 | 163 | 159 | 162 | 157 | 130 | 160 | 139 | 149 | 120 | 120 | 149 | 1768 |
| 142 | Arapa        | 121 | 126 | 125 | 97  | 82  | 65  | 72  | 80  | 93  | 105 | 122 | 122 | 1210 |
| 147 | Capachica    | 164 | 188 | 185 | 168 | 152 | 133 | 146 | 134 | 126 | 121 | 132 | 150 | 1799 |
| 150 | Chuquibambil | 163 | 175 | 163 | 151 | 139 | 133 | 143 | 132 | 134 | 128 | 139 | 152 | 1752 |
| 153 | Conima       | 111 | 101 | 108 | 102 | 107 | 101 | 106 | 109 | 111 | 114 | 108 | 113 | 1291 |
| 155 | Desaguader_P | 157 | 181 | 182 | 180 | 162 | 142 | 151 | 138 | 136 | 126 | 131 | 142 | 1828 |
| 156 | Huancane     | 164 | 187 | 164 | 149 | 131 | 120 | 127 | 117 | 121 | 106 | 123 | 146 | 1655 |
| 157 | Huaraya_Moho | 146 | 155 | 150 | 138 | 124 | 111 | 119 | 117 | 116 | 104 | 115 | 135 | 1530 |
| 158 | Ilave        | 174 | 205 | 191 | 189 | 159 | 140 | 141 | 137 | 154 | 132 | 148 | 157 | 1927 |
| 162 | Isla_Taquile | 152 | 172 | 171 | 170 | 164 | 143 | 150 | 138 | 132 | 122 | 126 | 146 | 1786 |
| 164 | Juli         | 152 | 180 | 170 | 162 | 148 | 122 | 128 | 122 | 123 | 109 | 117 | 135 | 1668 |
| 166 | Lagunillas   | 166 | 190 | 182 | 163 | 137 | 124 | 128 | 128 | 133 | 120 | 131 | 149 | 1751 |
| 170 | Los_Uros     | 151 | 168 | 165 | 166 | 151 | 155 | 158 | 147 | 136 | 121 | 127 | 143 | 1788 |
| 172 | Mazo_Cruz    | 151 | 192 | 178 | 168 | 164 | 157 | 162 | 144 | 147 | 129 | 133 | 139 | 1864 |
| 176 | Pampahuta    | 148 | 163 | 157 | 141 | 119 | 109 | 112 | 112 | 114 | 105 | 115 | 134 | 1529 |
| 179 | Progreso     | 174 | 174 | 171 | 159 | 146 | 137 | 149 | 145 | 153 | 146 | 157 | 166 | 1877 |
| 181 | Puno         | 177 | 205 | 202 | 189 | 162 | 150 | 159 | 151 | 145 | 128 | 138 | 163 | 1969 |
| 183 | Quillisaní   | 145 | 160 | 150 | 138 | 127 | 113 | 124 | 127 | 132 | 133 | 130 | 147 | 1626 |
| 187 | Santa_Rosa   | 146 | 161 | 166 | 162 | 148 | 134 | 147 | 137 | 134 | 132 | 140 | 147 | 1754 |
| 192 | Chuopalca    | 135 | 151 | 152 | 133 | 97  | 96  | 95  | 106 | 108 | 96  | 101 | 111 | 1381 |
| 194 | Vilacota     | 142 | 152 | 148 | 130 | 132 | 100 | 87  | 93  | 93  | 91  | 91  | 128 | 1387 |

**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

## CAPITULO 5. ANÁLISIS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN

En la ingeniería hidrológica se considera muy importante conocer: la cantidad de agua que se pierde por evaporación en grandes depósitos como embalses (naturales o artificiales), canales abiertos, etc., y la cantidad de agua necesaria en proyectos de riego para determinar las dimensiones y fuentes de los sistemas de abastecimiento. (Salas 2001)

La evapotranspiración (ETP) de una superficie natural es a la vez función de la humedad al nivel de la superficie, y de la energía disponible (radioactiva, si la energía viene del sol y advectiva, si la energía es aportada por la masa de aire en movimiento). Existe un gran número de fórmulas empíricas, nacidas de la necesidad de obtener valores de la ETP a falta de su medición directa (material costoso y sofisticado).

Se decidió aplicar el método de Penman para el cálculo de la ETP del sistema TDPS. Este método ha sido ampliamente utilizado en la región del Altiplano con resultados generalmente satisfactorios.

### 5.1 MÉTODO DE PENMAN

Es un método aerodinámico basado en principios físico-teóricos de balance de energía y de transporte aerodinámico. Las principales suposiciones del método son que prevalezca un flujo de energía de estado permanente y que los cambios temporales en el almacenamiento del calor en el agua no sean significativos. Estas suposiciones limitan su aplicación a intervalos de tiempo diarios o mayores y a situaciones que no involucren gran almacenamiento de calor (ej. lagos grandes). La fórmula utilizada es:

$$E = \frac{\frac{\Delta \cdot H + E_a \cdot \gamma}{\Delta + \gamma}}{\frac{\Delta + \gamma}{\gamma}} = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} \cdot H + E_a}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1} \quad ..... [5.1]$$

Donde:

$E$  = Evaporación del periodo en mm

$\Delta/\gamma$  = Se determina en función a la temperatura media diaria. Este cociente adimensional es una función de la temperatura y de la altitud que se debe multiplicar por el cociente  $P_0/P_z$  ( $P_0$  = presión al nivel del mar y  $P_z$  = presión a la altitud del lugar).

$\gamma$  = Constante psicrométrica de valor 0.65

$\Delta$  = Pendiente de la curva de presión de saturación “ee”, en función a la temperatura del aire, en el punto  $\theta = \theta_{AIRE}$

$$\Delta = 1.3356 \cdot e_s \cdot \frac{17.27 \cdot 237.3}{(T + 237.3)^2} \quad ..... [5.2]$$

H = Balance de energía diaria, calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$H = \frac{R_o}{59} \cdot \left( a + b \cdot \frac{n}{N} \right) \cdot (1 - \alpha) - \frac{\sigma \cdot \theta^4}{59} \cdot (0.56 - 0.0913 \cdot \sqrt{e}) \cdot \left( 0.1 + 0.9 \cdot \frac{n}{N} \right) \quad \dots \dots \dots [5.3]$$

Donde:

$R_o$  : Radiación solar diaria en el límite superior de la atmósfera, en (cal/cm<sup>2</sup>-día), estimada en función de la latitud y época del año (*tabla 5.1*)

a, b : Coeficientes para la radiación solar global. Para el caso del sistema TDPS, se han determinado coeficientes en el estudio de climatología de la ALT (Intecsia *et al.* 1993a), se definieron los siguientes valores:

- Zona Norte (Aprox. De 14° a 16° de Latitud Sur) a = 0.344 y b = 0.323
- Zona Central (Aprox. De 16° a 17° de Latitud Sur) a = 0.419 y b = 0.378
- Zona Sur (Aprox. De 17° a 19° de Latitud Sur) a = 0.251 y b = 0.623

n : Número de horas de brillo solar, aproximado hasta la décima, obtenido de los heliógrafos.

N : Número máximo de horas de brillo solar aproximado hasta la décima, en función de la latitud del lugar (*tabla 5.2*)

$\alpha$  : Albedo de la superficie. Está en función al tipo de suelo, varía de 0 a 1 (*tabla 5.3*)

$\theta$  : Temperatura media ambiente (aire) en (°K),  $\theta = (T \text{ [°C]} + 273)$

$\sigma$  : Constante de Stefan-Boltzmann, igual a 1.18 \* 10<sup>-7</sup> (cal / cm<sup>2</sup>-día)

e : Valor medio de la presión parcial del vapor de agua, en [mmHg], calculado con la ecuación:

$$e = \frac{H_{RM}}{100} \cdot e_s \quad \dots \dots \dots [5.4]$$

Donde:

$H_{RM}$  = Humedad relativa media en [%]

$e_s$  = Presión de vapor de saturación (en función de la temperatura media ambiente)

$E_a$  : Poder evaporante del aire en función del viento y del gradiente de la presión del vapor, (m/día), calculado a partir de la expresión:

$$E_a = 0.3473 \cdot \left( 1 + 0.4 \cdot \left( \frac{10}{H_v} \right)^{\frac{1}{5.4}} \cdot V \right) \cdot (e_s - e) \quad \dots \dots \dots [5.5]$$

Donde:

$H_v$  : Altura a la que se mide la velocidad del viento en (m), (se consideró 2.0 m)

V : Velocidad media del viento en (m/s)

**Tabla 5.1 Radiación Solar Ro en el límite superior de la atmósfera (cal/cm<sup>2</sup>-día)**

| Latitud | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic  |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 10 S    | 920 | 920 | 873 | 802 | 720 | 684 | 702 | 767 | 850 | 897 | 915 | 920  |
| 12 S    | 938 | 920 | 867 | 791 | 696 | 661 | 684 | 755 | 838 | 897 | 926 | 932  |
| 14 S    | 950 | 926 | 861 | 773 | 679 | 637 | 661 | 738 | 838 | 903 | 938 | 944  |
| 16 S    | 956 | 932 | 856 | 755 | 661 | 614 | 637 | 720 | 826 | 903 | 944 | 956  |
| 18 S    | 968 | 932 | 850 | 743 | 637 | 590 | 620 | 702 | 814 | 903 | 956 | 974  |
| 20 S    | 979 | 932 | 838 | 720 | 614 | 566 | 596 | 684 | 802 | 897 | 962 | 985  |
| 22 S    | 991 | 932 | 826 | 702 | 590 | 543 | 572 | 661 | 791 | 897 | 968 | 991  |
| 24 S    | 991 | 932 | 814 | 684 | 566 | 519 | 549 | 643 | 779 | 897 | 968 | 1003 |

Fuente: UNESCO (1982)

**Tabla 5.2 Medias mensuales de la duración astronómica del día N (horas)**

| Latitud | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10 S    | 12.6 | 12.4 | 12.1 | 11.9 | 11.7 | 11.5 | 11.6 | 11.8 | 12.0 | 12.3 | 12.6 | 12.7 |
| 12 S    | 12.7 | 12.5 | 12.2 | 11.8 | 11.6 | 11.4 | 11.5 | 11.7 | 12.0 | 12.4 | 12.7 | 12.8 |
| 14 S    | 12.8 | 12.6 | 12.2 | 11.8 | 11.5 | 11.3 | 11.4 | 11.6 | 12.0 | 12.4 | 12.8 | 12.9 |
| 16 S    | 13.0 | 12.7 | 12.2 | 11.7 | 11.4 | 11.2 | 11.2 | 11.6 | 12.0 | 12.4 | 12.9 | 13.1 |
| 18 S    | 13.1 | 12.7 | 12.2 | 11.7 | 11.3 | 11.1 | 11.1 | 11.5 | 12.0 | 12.5 | 13.0 | 13.2 |
| 20 S    | 13.2 | 12.8 | 12.2 | 11.6 | 11.2 | 10.9 | 11.0 | 11.4 | 12.0 | 12.5 | 13.2 | 13.3 |
| 22 S    | 13.4 | 12.8 | 12.2 | 11.6 | 11.1 | 10.8 | 10.9 | 11.3 | 12.0 | 12.6 | 13.2 | 13.5 |

Fuente: UNESCO (1982)

**Tabla 5.3 Albedo  $\alpha$  en función al tipo de suelo**

| Tipo de suelo     | $\alpha$    | Tipo de suelo | $\alpha$    | Tipo de suelo      | $\alpha$    |
|-------------------|-------------|---------------|-------------|--------------------|-------------|
| Agua              | 0.02 - 0.06 | Cereales      | 0.10 - 0.25 | Nieve              | 0.40 - 0.90 |
| Arcillas humedas  | 0.02 - 0.08 | Cesped Verde  | 0.26        | Pastos             | 0.26        |
| Arcillas Secas    | 0.16        | Cesped seco   | 0.19        | Pastos y cultivos  | 0.22        |
| Arenas Claras     | 0.35 - 0.40 | Cultivos      | 0.18        | Rocas              | 0.13 - 0.15 |
| Arenas Obscuras   | 0.35        | Hielo         | 0.36 - 0.50 | Tierras inundables | 0.35        |
| Bosques de pinos  | 0.10 - 0.14 | Lechugas      | 0.22        | Zonas urbanizadas  | 0.15 - 0.25 |
| Bosques frondosos | 0.18        |               |             |                    |             |

Fuente: Molina, Villarroel y Espinoza, 2007

## 5.2 CÁLCULO DE LA ETP CON EL MÉTODO DE PENMAN

Para obtener valores de ETP en el mayor número de estaciones para el periodo de estudio 1960-2012, se adoptaron los siguientes criterios:

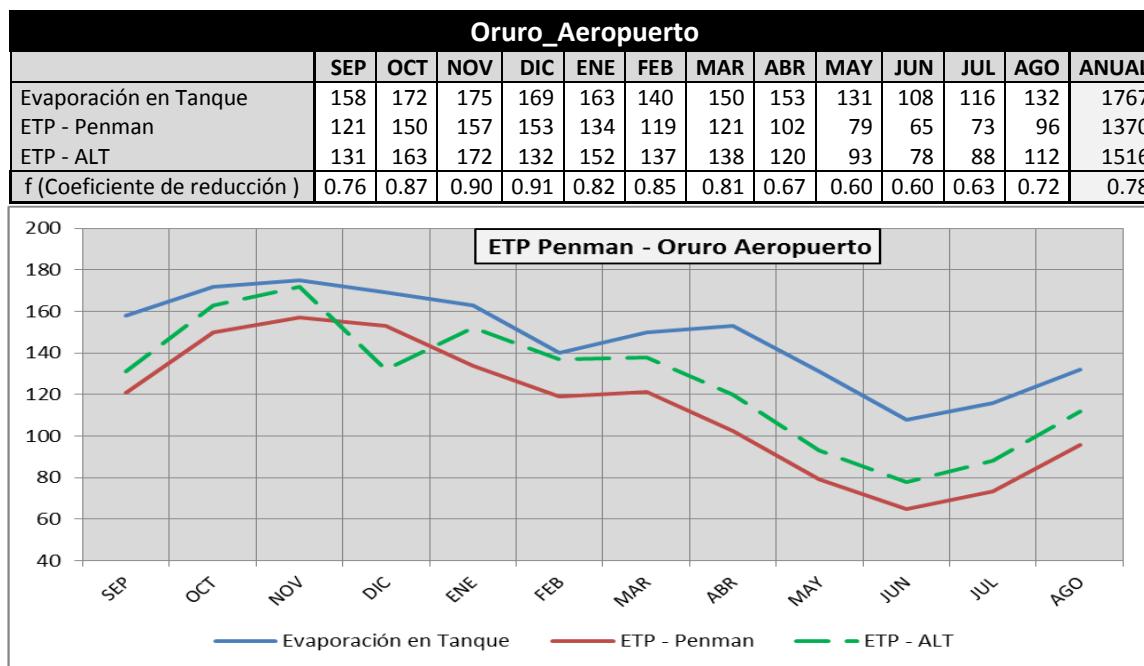
- Datos mensuales faltantes de una variable climática, se llenaron con el promedio mensual de dicha variable.
- Para las estaciones que no contaban con registros de vientos y horas de sol, se realizó la transposición de datos medios de otra estación próxima que contase con esos registros.
- En general de acuerdo a la cobertura vegetal del sistema se eligió el albedo igual a 0,20.

Debido a estas consideraciones, que implican ciertas limitaciones de aplicación, pueden presentarse errores sistemáticos difíciles de detectar en la estimación de la ETP en ciertas estaciones meteorológicas.

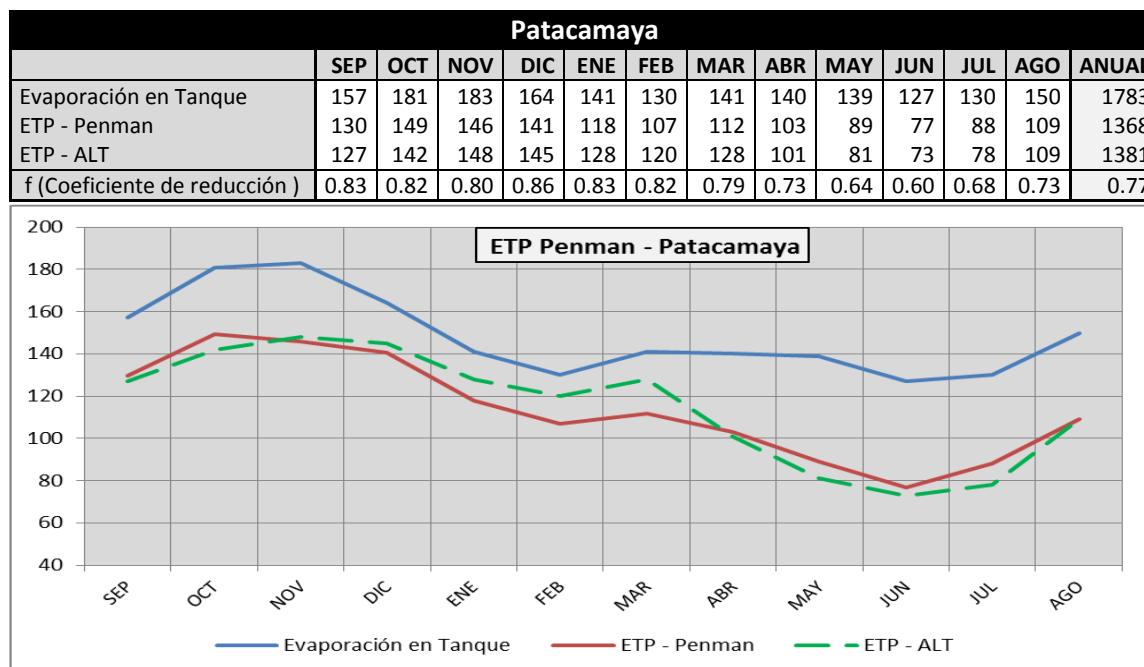
Después de un análisis individual por estación, se relizó la comparación entre el cálculo de la ETP (Penman) y las medidas de evaporación en tanque.

Las figuras 5.1 a 5.5 muestran la comparación entre los valores de: evaporación en tanque, los ETP obtenidos por el método de Penman y los valores de las ETP presentados por la ALT. Se muestran estaciones que van desde la estación de Oruro\_Aeropuerto (región sur) atravesando el sistema hasta llegar a la estación de Chuquibambilla (región norte). Se incluye los respectivos coeficientes de reducción en tanque.

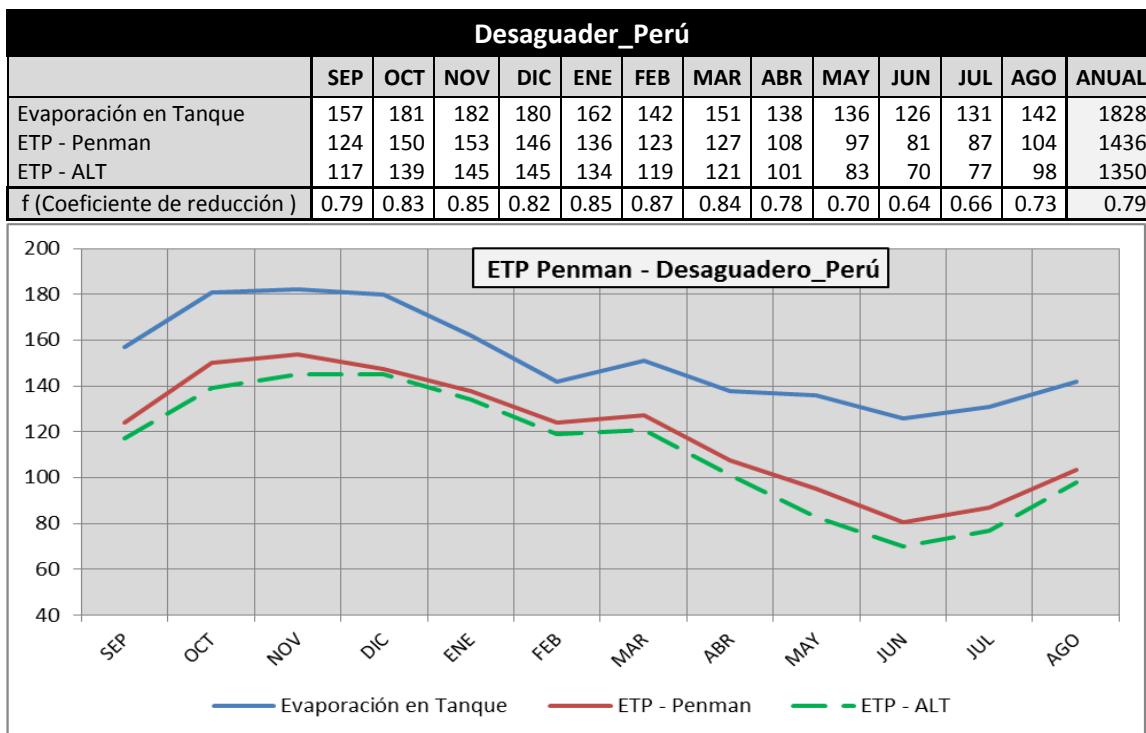
**Figura 5.1 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación Oruro Aeropuerto**



**Figura 5.2 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación Patacamaya**

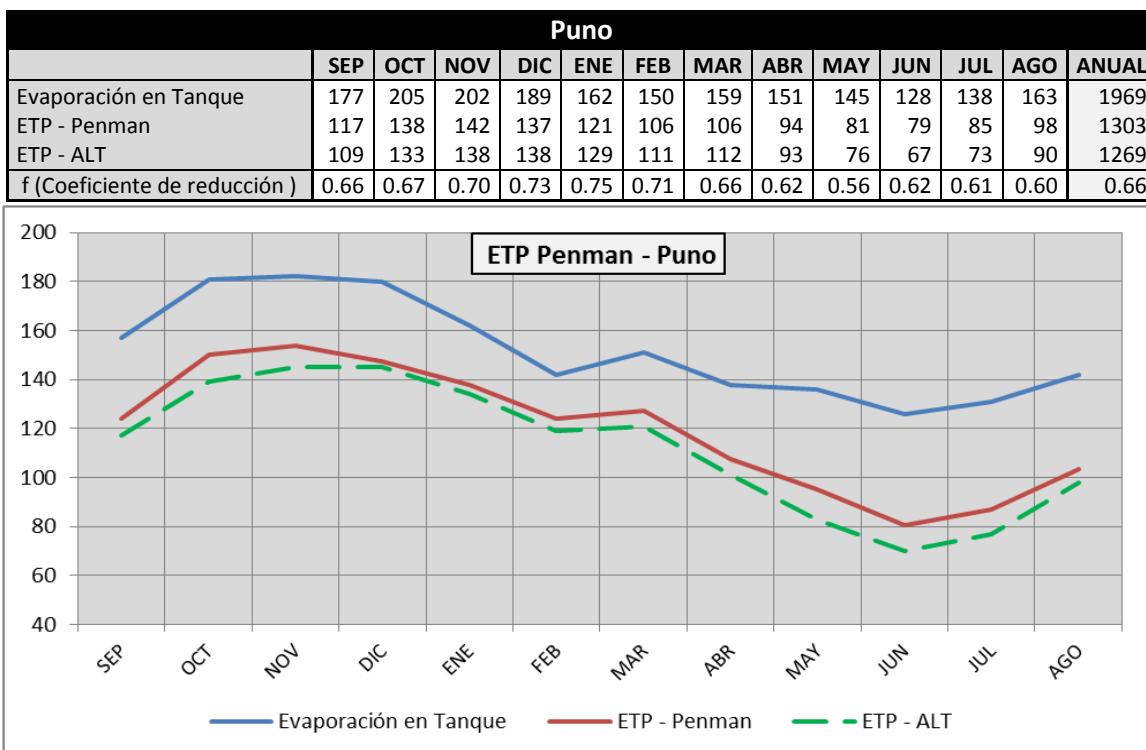


**Figura 5.3 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación Desaguadero Perú**

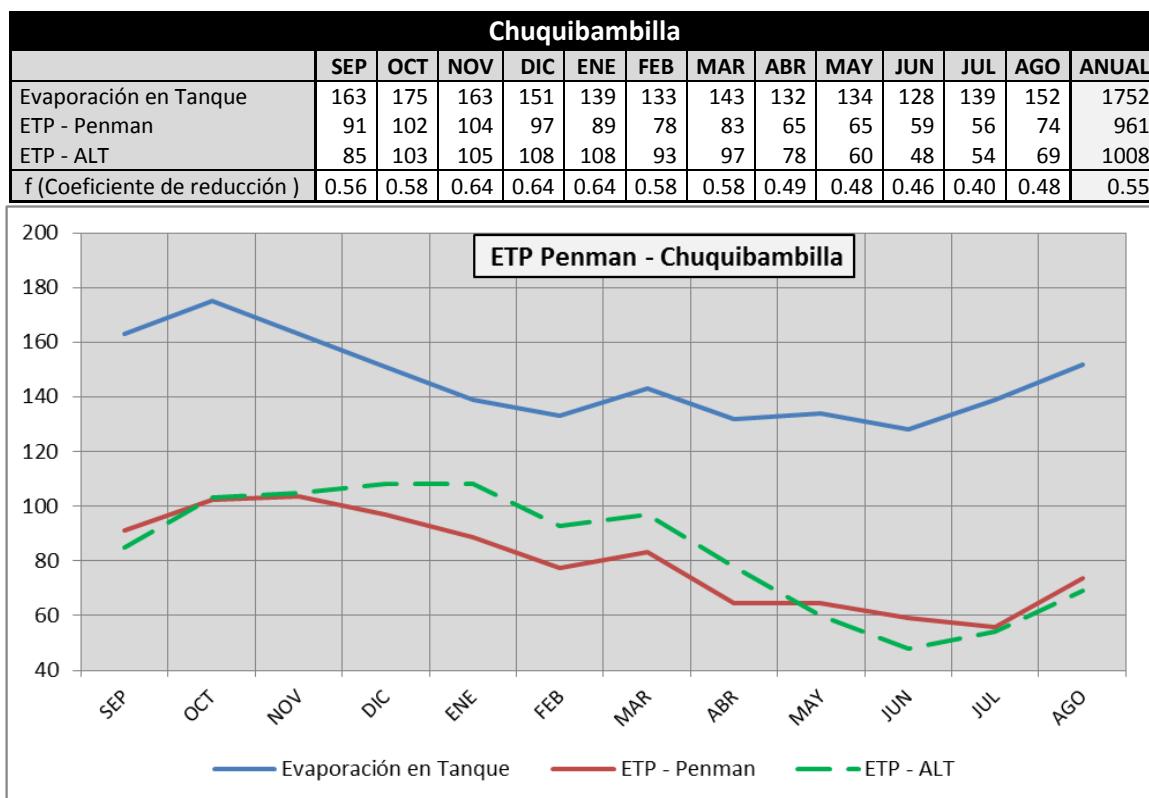


**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Perú

**Figura 5.4 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación Puno**



**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Perú

**Figura 5.5 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación Chuquibambilla**

**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Perú

Se puede apreciar (en las *figuras 5.1 a 5.5*) que las curvas obtenidas por el método de Penman tienen una evolución muy similar a las curvas de evaporación en tanque. La coincidencia que existe entre los máximos y mínimos entre ambas curvas (relativamente paralelas), sustenta la aplicación del método de Penman para las características climáticas del sistema.

Es importante mencionar, que los resultados de ETP obtenidos para las estaciones peruanas son menores a los valores presentados por la ALT. Principalmente, porque se uso valores medios mensuales para los últimos años (de 1999 a 2012) por la falta de registros de Humedad Relativa. Esto podría en algunos casos llevar a resultados que podrían apartarse de la realidad.

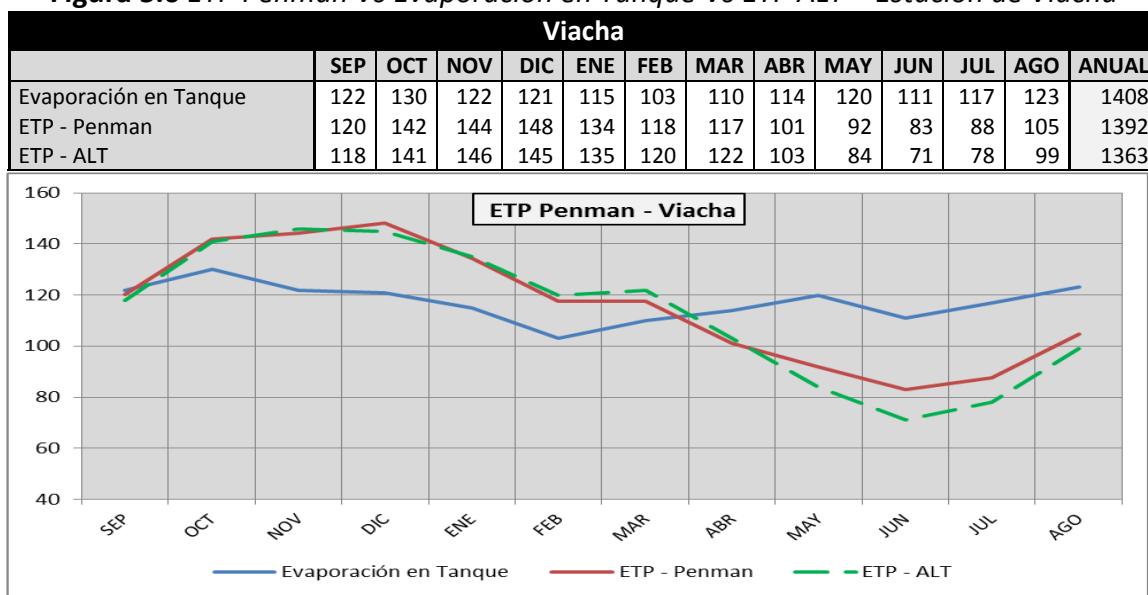
Después de evaluar las estaciones que tienen los registros de evaporación en tanque, se presentan en la *tabla 5.4* los coeficientes de reducción en tanque de 23 estaciones seleccionadas. Las estaciones están ordenadas en función de su latitud (de norte a sur del sistema). De forma general, considerando los datos anuales, los valores mínimos de "f" se encuentran en la región norte (latitud aprox. 14°) y los valores máximos en la región sur (latitud aprox. 19°).

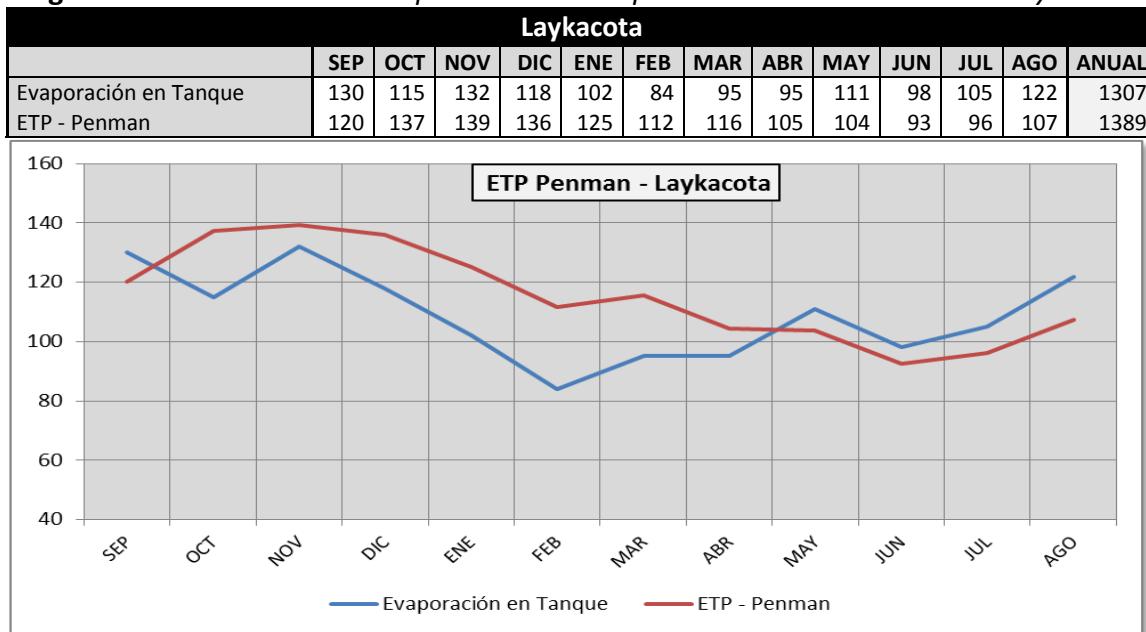
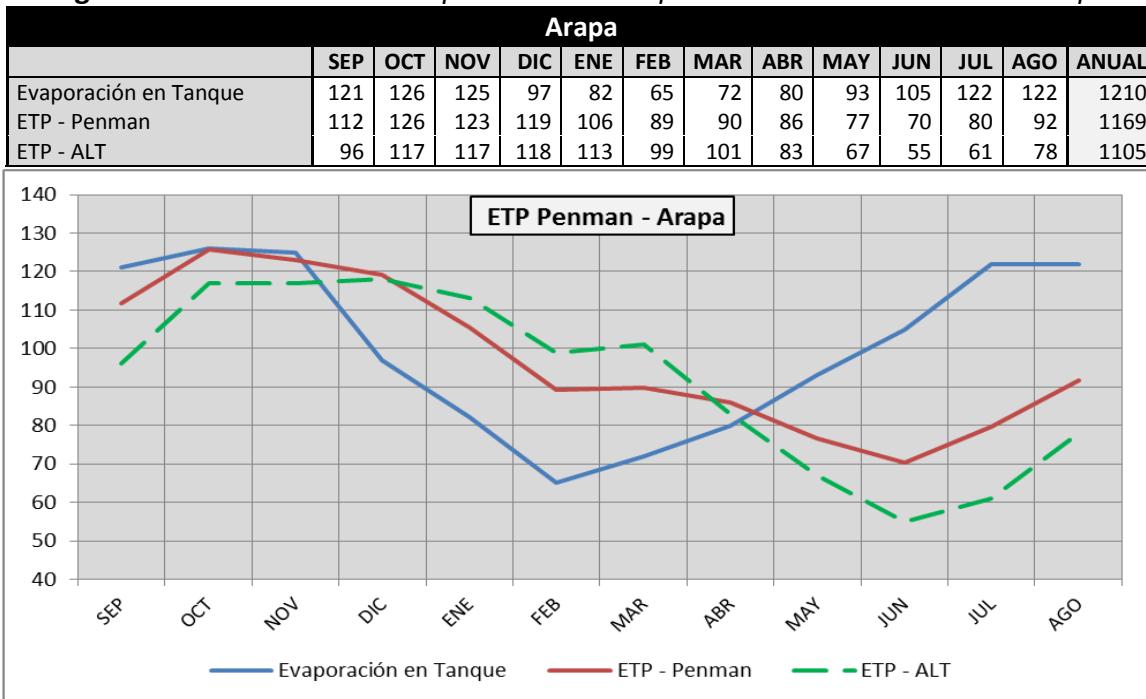
**Tabla 5.4 Coeficiente de reducción “f” (Tanque tipo A – Penman) a nivel mensual y anual**

| Nº  | Id Estación  | Lat.   | Long.  | Alt. | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | AÑO  |
|-----|--------------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 179 | Progreso     | 14.695 | 70.356 | 3905 | 0.54 | 0.59 | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.56 | 0.56 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.40 | 0.48 | 0.53 |
| 150 | Chuquibambil | 14.796 | 70.728 | 3910 | 0.56 | 0.58 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.59 | 0.58 | 0.49 | 0.49 | 0.46 | 0.40 | 0.49 | 0.55 |
| 156 | Huancane     | 15.203 | 69.762 | 3860 | 0.55 | 0.59 | 0.66 | 0.70 | 0.71 | 0.69 | 0.65 | 0.62 | 0.49 | 0.43 | 0.43 | 0.50 | 0.59 |
| 157 | Huaraya_Moho | 15.390 | 69.491 | 3890 | 0.66 | 0.68 | 0.69 | 0.71 | 0.71 | 0.75 | 0.70 | 0.61 | 0.47 | 0.42 | 0.50 | 0.56 | 0.63 |
| 176 | Pampahuta    | 15.491 | 70.677 | 4320 | 0.61 | 0.66 | 0.69 | 0.70 | 0.73 | 0.72 | 0.70 | 0.69 | 0.65 | 0.64 | 0.66 | 0.64 | 0.67 |
| 147 | Capachica    | 15.616 | 69.844 | 3819 | 0.71 | 0.73 | 0.71 | 0.74 | 0.72 | 0.74 | 0.69 | 0.73 | 0.69 | 0.69 | 0.64 | 0.67 | 0.71 |
| 17  | Carabuco     | 15.755 | 69.064 | 3823 | 0.76 | 0.84 | 0.80 | 0.88 | 0.91 | 0.86 | 0.86 | 0.71 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.65 | 0.92 |
| 166 | Lagunillas   | 15.768 | 70.661 | 4250 | 0.58 | 0.60 | 0.61 | 0.65 | 0.66 | 0.67 | 0.66 | 0.62 | 0.54 | 0.53 | 0.54 | 0.54 | 0.60 |
| 181 | Puno         | 15.823 | 70.018 | 3840 | 0.66 | 0.67 | 0.70 | 0.72 | 0.75 | 0.71 | 0.67 | 0.62 | 0.56 | 0.62 | 0.62 | 0.60 | 0.66 |
| 12  | Belen        | 16.016 | 68.698 | 3833 | 0.75 | 0.79 | 0.80 | 0.85 | 0.86 | 0.90 | 0.78 | 0.66 | 0.58 | 0.60 | 0.63 | 0.67 | 0.74 |
| 158 | Ilave        | 16.085 | 69.644 | 3850 | 0.64 | 0.69 | 0.73 | 0.71 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.64 | 0.55 | 0.52 | 0.53 | 0.59 | 0.65 |
| 164 | Juli         | 16.203 | 69.457 | 3825 | 0.74 | 0.77 | 0.81 | 0.82 | 0.80 | 0.86 | 0.82 | 0.75 | 0.72 | 0.67 | 0.70 | 0.72 | 0.77 |
| 44  | Huacullani_B | 16.467 | 68.733 | 3880 | 0.77 | 0.81 | 0.82 | 0.81 | 0.92 | 0.86 | 0.76 | 0.67 | 0.58 | 0.55 | 0.58 | 0.68 | 0.74 |
| 38  | El_Alto_Aero | 16.510 | 68.180 | 4071 | 0.80 | 0.84 | 0.91 | 0.83 | 0.76 | 0.80 | 0.78 | 0.70 | 0.64 | 0.64 | 0.71 | 0.71 | 0.76 |
| 155 | Desaguader_P | 16.569 | 69.040 | 3860 | 0.79 | 0.83 | 0.84 | 0.81 | 0.84 | 0.87 | 0.84 | 0.78 | 0.71 | 0.64 | 0.67 | 0.73 | 0.79 |
| 51  | Irpa_Chico   | 16.733 | 68.367 | 3875 | 0.72 | 0.84 | 0.79 | 0.93 | 0.89 | 0.86 | 0.81 | 0.72 | 0.71 | 0.69 | 0.68 | 0.68 | 0.78 |
| 172 | Mazo_Cruz    | 16.746 | 69.712 | 3970 | 0.71 | 0.70 | 0.74 | 0.79 | 0.75 | 0.68 | 0.68 | 0.70 | 0.56 | 0.53 | 0.62 | 0.70 | 0.68 |
| 9   | Ayo_Ayo      | 17.091 | 68.003 | 3880 | 0.93 | 0.99 | 0.96 | 0.92 | 0.87 | 0.92 | 0.86 | 0.80 | 0.75 | 0.73 | 0.76 | 0.86 | 0.87 |
| 68  | Patacamaya   | 17.241 | 67.924 | 3793 | 0.83 | 0.82 | 0.80 | 0.86 | 0.84 | 0.82 | 0.79 | 0.74 | 0.64 | 0.61 | 0.68 | 0.73 | 0.77 |
| 105 | Caracollo Ca | 17.636 | 67.200 | 3795 | 0.85 | 0.80 | 0.80 | 0.86 | 0.79 | 0.80 | 0.85 | 0.78 | 0.81 | 0.89 | 0.83 | 0.87 | 0.82 |
| 126 | Oruro Aeropu | 17.967 | 67.117 | 3702 | 0.77 | 0.87 | 0.90 | 0.91 | 0.82 | 0.85 | 0.81 | 0.67 | 0.60 | 0.60 | 0.63 | 0.73 | 0.78 |
| 114 | Corque       | 18.351 | 67.683 | 3758 | 0.60 | 0.61 | 0.67 | 0.71 | 0.65 | 0.76 | 0.58 | 0.52 | 0.50 | 0.51 | 0.45 | 0.51 | 0.59 |
| 134 | San Martin   | 19.275 | 67.595 | 3732 | 0.79 | 0.91 | 0.96 | 0.93 | 0.77 | 0.76 | 0.62 | 0.76 | 0.53 | 0.48 | 0.63 | 0.58 | 0.74 |

**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

No todas las curvas de evaporación en tanque siguen el comportamiento de los valores calculados por Penman; como es el caso (por ejemplo) de las estaciones de Viacha, Laykacota y Arapa (ver figuras 5.6 a 5.8).

**Figura 5.6 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación de Viacha**


**Figura 5.7 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación de Laykacota**

**Figura 5.8 ETP Penman Vs Evaporación en Tanque Vs ETP ALT – Estación de Arapa**


Las figuras 5.6 a 5.8 muestran que las curvas obtenidas por el método de Penman tienen un comportamiento muy similar a las curvas obtenidas por la ALT pero no así con las curvas de evaporación en tanque. El cruce de las curvas de evaporación en tanque se debe a varias posibilidades como por ejemplo el valor de albedo que se adopto para todo el sistema.

**Tabla 5.5 Evaporación potencial media mensual y anual [mm] del Sistema TDPS**  
**Método de Penman**

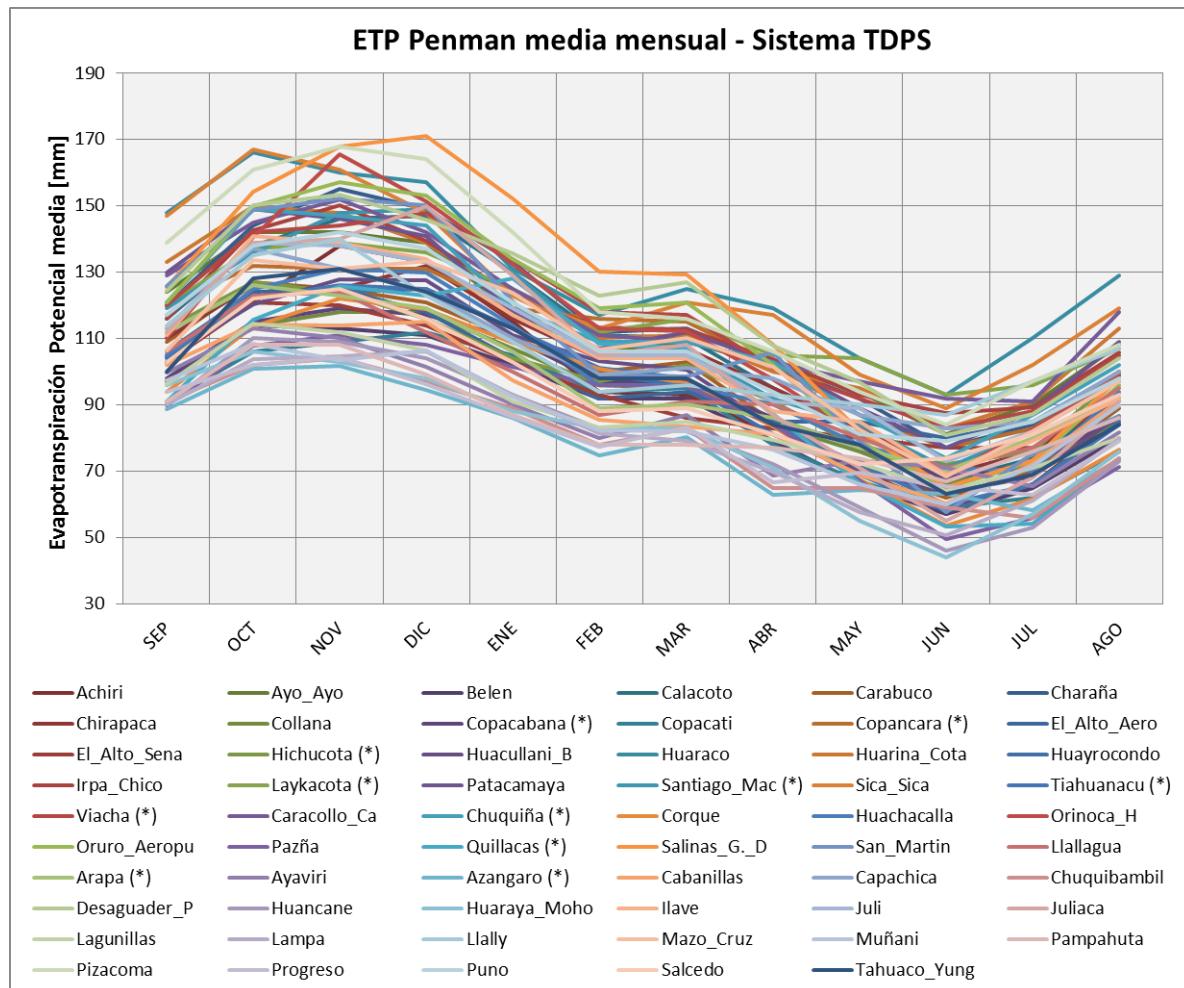
| Nº  | Nombre           | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | ETP AÑO | ETP ALT |
|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|---------|
| 3   | Achiri           | 103 | 121 | 138 | 133 | 115 | 94  | 93  | 81  | 70  | 59  | 66  | 86  | 1160    |         |
| 9   | Ayo_Ayo          | 124 | 142 | 142 | 139 | 118 | 106 | 109 | 102 | 94  | 81  | 90  | 108 | 1354    | 1428    |
| 12  | Belen            | 97  | 114 | 113 | 111 | 102 | 92  | 92  | 79  | 66  | 57  | 65  | 80  | 1068    | 1415    |
| 14  | Calacoto         | 116 | 138 | 146 | 147 | 130 | 111 | 110 | 95  | 83  | 67  | 74  | 92  | 1311    | 1457    |
| 17  | Carabuco         | 109 | 127 | 125 | 121 | 110 | 100 | 103 | 85  | 71  | 62  | 70  | 89  | 1173    |         |
| 22  | Charaña          | 120 | 144 | 155 | 149 | 133 | 112 | 113 | 102 | 92  | 77  | 84  | 100 | 1381    | 1498    |
| 24  | Chirapaca        | 110 | 126 | 125 | 132 | 116 | 104 | 107 | 95  | 83  | 69  | 76  | 92  | 1234    |         |
| 26  | Collana          | 97  | 114 | 118 | 118 | 107 | 96  | 95  | 84  | 76  | 66  | 72  | 85  | 1128    | 1401    |
| 31  | Copacabana (*)   | 98  | 115 | 119 | 117 | 110 | 97  | 97  | 86  | 77  | 68  | 72  | 86  | 1139    | 1279    |
| 32  | Copacati         | 91  | 106 | 109 | 112 | 105 | 94  | 95  | 78  | 67  | 59  | 62  | 76  | 1055    |         |
| 33  | Copancara (*)    | 120 | 132 | 131 | 131 | 119 | 116 | 115 | 102 | 87  | 77  | 83  | 100 | 1313    |         |
| 38  | El_Alto_Aero     | 106 | 124 | 125 | 118 | 104 | 92  | 94  | 85  | 85  | 80  | 85  | 97  | 1195    | 1344    |
| 39  | El_Alto_Sena     | 103 | 121 | 120 | 114 | 103 | 93  | 86  | 83  | 80  | 77  | 77  | 92  | 1149    |         |
| 43  | Hichucota (*)    | 113 | 127 | 124 | 116 | 104 | 97  | 102 | 91  | 77  | 72  | 76  | 99  | 1198    | 1399    |
| 44  | Huacullani_B     | 104 | 120 | 128 | 128 | 111 | 103 | 101 | 83  | 70  | 63  | 68  | 87  | 1166    | 1334    |
| 45  | Huaraco          | 148 | 166 | 160 | 157 | 131 | 117 | 125 | 119 | 104 | 93  | 110 | 129 | 1558    |         |
| 46  | Huarina_Cota     | 133 | 150 | 148 | 139 | 123 | 110 | 111 | 100 | 95  | 83  | 91  | 113 | 1396    | 1291    |
| 49  | Huayrocondo      | 104 | 123 | 124 | 125 | 113 | 99  | 96  | 81  | 69  | 58  | 66  | 85  | 1143    |         |
| 51  | Irpa_Chico       | 116 | 143 | 150 | 139 | 123 | 113 | 113 | 104 | 93  | 88  | 89  | 106 | 1377    | 1376    |
| 60  | Laykacota (*)    | 120 | 137 | 139 | 136 | 125 | 112 | 116 | 105 | 104 | 93  | 96  | 107 | 1389    |         |
| 68  | Patacamaya       | 130 | 149 | 146 | 141 | 118 | 107 | 112 | 103 | 89  | 77  | 88  | 109 | 1368    | 1381    |
| 83  | Santiago_Mac (*) | 119 | 136 | 148 | 149 | 130 | 109 | 106 | 92  | 84  | 71  | 82  | 99  | 1324    | 1516    |
| 85  | Sica_Sica        | 147 | 167 | 161 | 148 | 123 | 113 | 121 | 117 | 99  | 89  | 102 | 119 | 1506    | 1469    |
| 90  | Tiahuanacu (*)   | 105 | 122 | 126 | 125 | 113 | 101 | 98  | 84  | 72  | 60  | 66  | 84  | 1157    | 1347    |
| 96  | Viacha (*)       | 120 | 142 | 144 | 148 | 134 | 118 | 117 | 101 | 92  | 83  | 88  | 105 | 1392    | 1363    |
| 105 | Caracollo_Ca     | 129 | 145 | 152 | 142 | 125 | 111 | 109 | 103 | 97  | 92  | 91  | 118 | 1413    | 1505    |
| 150 | Chuquiña (*)     | 121 | 149 | 147 | 144 | 119 | 109 | 109 | 103 | 87  | 74  | 87  | 102 | 1352    | 1527    |
| 114 | Corque           | 94  | 114 | 122 | 119 | 109 | 101 | 97  | 84  | 67  | 54  | 62  | 77  | 1098    | 1631    |
| 119 | Huachacalla      | 105 | 125 | 131 | 130 | 114 | 96  | 96  | 90  | 78  | 71  | 70  | 94  | 1199    | 1701    |
| 125 | Orinoca_H        | 110 | 141 | 166 | 151 | 133 | 113 | 112 | 98  | 80  | 69  | 83  | 99  | 1354    | 1731    |
| 126 | Oruro_Aeropu     | 121 | 150 | 157 | 153 | 134 | 119 | 121 | 102 | 79  | 65  | 73  | 96  | 1370    | 1516    |
| 127 | Pazña            | 90  | 108 | 111 | 108 | 101 | 96  | 96  | 84  | 67  | 50  | 56  | 71  | 1038    | 1671    |
| 129 | Quillacas (*)    | 91  | 116 | 126 | 123 | 128 | 108 | 107 | 87  | 66  | 53  | 54  | 74  | 1134    |         |
| 132 | Salinas_G_D      | 125 | 154 | 168 | 171 | 152 | 130 | 129 | 108 | 82  | 65  | 73  | 98  | 1457    | 1840    |
| 134 | San_Martin       | 126 | 149 | 152 | 150 | 121 | 99  | 99  | 106 | 79  | 57  | 75  | 87  | 1300    |         |
| 138 | Llallagua        | 106 | 123 | 124 | 112 | 100 | 87  | 91  | 90  | 80  | 71  | 77  | 95  | 1155    |         |
| 142 | Arapa (*)        | 112 | 126 | 123 | 119 | 106 | 89  | 90  | 86  | 77  | 70  | 80  | 92  | 1169    | 1105    |
| 144 | Ayaviri          | 100 | 113 | 110 | 101 | 90  | 80  | 87  | 69  | 73  | 71  | 65  | 82  | 1041    | 1054    |
| 145 | Azangaro (*)     | 89  | 101 | 102 | 95  | 86  | 75  | 80  | 63  | 64  | 63  | 58  | 74  | 949     | 1060    |
| 146 | Cabanillas       | 102 | 114 | 114 | 115 | 97  | 85  | 84  | 81  | 69  | 60  | 72  | 91  | 1085    | 1196    |
| 147 | Capachica        | 117 | 137 | 131 | 124 | 110 | 99  | 101 | 98  | 87  | 83  | 85  | 100 | 1272    | 1199    |
| 150 | Chuquibambil     | 91  | 102 | 104 | 97  | 89  | 78  | 83  | 65  | 65  | 59  | 56  | 74  | 961     | 1008    |
| 155 | Desaguader_P     | 124 | 150 | 153 | 146 | 136 | 123 | 127 | 108 | 97  | 81  | 87  | 104 | 1436    | 1350    |
| 156 | Huancane         | 90  | 110 | 109 | 104 | 93  | 83  | 82  | 72  | 59  | 46  | 53  | 73  | 975     | 1093    |
| 157 | Huaraya_Moho     | 96  | 106 | 103 | 98  | 88  | 83  | 83  | 71  | 55  | 44  | 57  | 76  | 961     | 1105    |
| 158 | Ilave            | 111 | 141 | 139 | 134 | 117 | 104 | 104 | 88  | 85  | 69  | 79  | 92  | 1261    | 1406    |
| 164 | Juli             | 113 | 139 | 138 | 133 | 119 | 105 | 105 | 91  | 89  | 73  | 82  | 97  | 1284    | 1293    |
| 165 | Juliaca          | 112 | 139 | 140 | 150 | 129 | 105 | 108 | 87  | 71  | 55  | 68  | 91  | 1255    | 1166    |
| 166 | Lagunillas       | 96  | 114 | 112 | 106 | 91  | 83  | 85  | 79  | 72  | 64  | 71  | 80  | 1054    | 1042    |
| 167 | Lampa            | 90  | 104 | 105 | 106 | 93  | 81  | 79  | 70  | 58  | 51  | 61  | 80  | 977     | 1145    |
| 169 | Llally           | 114 | 135 | 140 | 123 | 109 | 94  | 96  | 93  | 90  | 87  | 97  | 107 | 1284    | 1064    |
| 172 | Mazo_Cruz        | 107 | 134 | 131 | 133 | 124 | 107 | 110 | 101 | 83  | 68  | 82  | 97  | 1277    | 1241    |
| 173 | Muñani           | 97  | 108 | 103 | 106 | 92  | 82  | 82  | 77  | 66  | 60  | 72  | 90  | 1036    | 1031    |
| 176 | Pampahuta        | 91  | 108 | 108 | 99  | 87  | 78  | 78  | 77  | 74  | 67  | 76  | 86  | 1029    | 1166    |
| 178 | Pizacoma         | 139 | 161 | 168 | 164 | 142 | 118 | 116 | 106 | 94  | 84  | 97  | 108 | 1497    | 1401    |
| 179 | Progreso         | 94  | 102 | 104 | 96  | 86  | 77  | 83  | 67  | 70  | 65  | 63  | 79  | 986     | 1038    |
| 181 | Puno             | 117 | 138 | 142 | 137 | 121 | 106 | 106 | 94  | 81  | 79  | 85  | 98  | 1303    | 1269    |
| 185 | Salcedo          | 103 | 122 | 125 | 116 | 103 | 88  | 89  | 81  | 72  | 74  | 81  | 93  | 1145    | 1237    |
| 188 | Tahuaco_Yung     | 100 | 128 | 131 | 124 | 113 | 98  | 98  | 84  | 78  | 63  | 69  | 84  | 1170    | 1299    |

(\*) Estaciones con diferencias respecto a evaporación en tanque

La tabla 5.5 muestra los resultados de ETP para el periodo 1960-2012 de 59 estaciones. Se evidencia que los valores de ETP aumentan conforme aumenta la aridez de la región, con un gradiente norte-sur y oeste-este.

La evolución de la ETP de las estaciones sigue un comportamiento relativamente homogéneo en todo el sistema (ver figura 5.9). Presentan valores máximos en verano (Octubre a Marzo) y valores mínimos en invierno (Mayo a Agosto).

**Figura 5.9** ETP Penman de estaciones del Sistema TDPS



**Fuente:** Elaboracion propia en base a datos de SENAMHI Bolivia y Perú

## CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

El presente estudio comprende el análisis, tratamiento y actualización de la base de datos climáticos del sistema TDPS. El periodo de estudio considerado abarca de Septiembre de 1960 a Agosto de 2012. La base de datos conformada tiene como fuentes a la institución del SENAMHI-Bolivia para las estaciones ubicadas en territorio boliviano y la información disponible de las páginas web de SENAMHI-Perú y ANA para el territorio peruano.

El análisis de la información pluviométrica se inició con 197 estaciones meteorológicas de las cuales 139 se ubican en territorio boliviano, 56 en territorio peruano y 2 en territorio chileno. Se tomó como punto de partida los datos a nivel mensual de 114 estaciones presentados por la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema TDPS (ALT) para el periodo 1960-90 (datos validados por un acuerdo bilateral entre Bolivia y Perú).

Los datos pluviométricos fueron analizados por medio del método “Vector Regional”, que sirvió para evaluar su consistencia y calidad. Como resultado de ese análisis se seleccionaron 159 estaciones (102 bolivianas, 55 peruanas y 2 chilenas). Se formaron 8 grupos regionales dentro del sistema (*esquema - página 82*). Mediante este análisis se detectaron datos dudosos que fueron corregidos y completados a nivel mensual por medio del método de correlación lineal múltiple, empleando datos de estaciones que pertenecen a un mismo grupo regional.

Los resultados obtenidos muestran que los datos ALT deben ser sometidos a una etapa de revisión y corrección de algunos de sus registros. Los datos corregidos y completados (ALT) presentan una interpolación excesiva (relleno de años completos y continuos). Se corrigieron algunos datos (ALT) muy malos de 4 estaciones ubicados al sur del sistema (Coipasa, Quillacas, Salinas Garci de Mendoza y San Martín) catalogados con un nivel bajo de confiabilidad.

El mapa de isoyetas anuales permite identificar a la región más seca al suroeste del sistema (zona del Salar de Coipasa) con valores de precipitación menores a los 200mm y la región más húmeda en el Lago Titicaca con valores de orden de 600 a 1400mm. Los márgenes Noroeste del sistema (cabeceras de la cuenca del río Ramis y Coata) registran valores entre 600 a 1000mm. Sobre la Cordillera Oriental se presentan precipitaciones orográficas con variaciones de 600 a 700mm en la parte Este y de 500mm en la parte Sureste. De acuerdo a lo descrito, se concluye que la distribución espacial de la precipitación media anual tiene un patrón decreciente de norte a sur a lo largo del sistema, y de este a oeste en la región sur.

Por lo general, la precipitación en el sistema TDPS tiene registros más bajos entre los meses de Mayo a Octubre (época seca) y los más altos entre los meses de Diciembre a Marzo (época de lluvias), con valores máximos centrados en Enero.

Los grupos regionales están formados por estaciones de comportamiento similar en el tiempo, que puede ser representado por el vector del grupo. Algunos episodios extremos, como los ENSO 1983 y 1992, se han manifestado en mayor o menor grado en todos los grupos

regionales y por tanto en todo el sistema TDPS. Sin embargo, en general el sistema TDPS y por tanto la región del Altiplano no tiene un comportamiento pluviométrico homogéneo, lo que se manifiesta en los vectores de cada grupo. En algunos años se observan comportamientos pluviométricos diferentes e incluso opuestos entre regiones, como es el caso de los años 1977, 1988 y en particular, el año 2003. Algunos grupos, como el grupo regional B, situado al suroeste del sistema TDPS y que incluye a estaciones de las subcuenca del río Mauri y el salar de Coipasa, presentan comportamientos más diferentes del resto.

Realizando el contraste entre los diferentes vectores, obtenidos para cada grupo regional, se evidencia que el periodo 1960-1990 es mucho más húmedo con respecto al periodo 1990-2012. Con una diferencia del 13% de años húmedos entre periodos. Esta variación condiciona la toma de decisiones, porque la base de datos ALT que es empleada como referente principal de proyectos no representa la realidad actual.

La información de las otras variables meteorológicas tienen una densidad mucho menor que la pluviométrica. Por lo tanto, los resultados obtenidos son menos representativos. Con el objetivo de tener datos confiables se decidió tratar la información a partir de los registros diarios disponibles en las estaciones bolivianas para todo el periodo de estudio (1960-2012). El análisis de datos meteorológicos en la región peruana queda limitado por las dificultades presentadas al acceso de sus registros.

En consideración a lo expuesto, el análisis de la información termométrica se realizó con 98 estaciones (57 estaciones bolivianas, 40 estaciones peruanas y 1 estación chilena). Los resultados del análisis de temperatura permitieron identificar tres regiones en función de la altitud: el primero, ubicado al sureste del sistema con gradiente de  $0.88^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ; el segundo, ubicado al noreste del sistema con  $0.54^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  y el tercero agrupa estaciones colindantes al Lago Titicaca y el lado este del sistema con un gradiente de  $0.87^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ .

Algunos valores de la base de datos ALT quedan observados nuevamente. Ese es el caso de los registros de temperatura promedio para la estación de Oruro\_Aeropuerto, porque los datos que presentan no corresponden a la semisuma de los datos de temperatura máxima y mínima como lo establecen en el informe de climatología del 2003 (Intecsa *et al.* 1993a).

El mapa de temperatura promedio anual identifica a las temperaturas más bajas en la zona suroeste (región del monte Sajama y la cuenca del río Mauri) con valores en torno a los  $-12^{\circ}\text{C}$ . Siguen en orden de regiones frías los sectores oeste y norte (cabeceras de los ríos Ilave, Coata, Ramis y Suchez). En las zonas de las subcuenca del Alto Desaguadero y la parte meridional de la cuenca, los valores de temperatura están alrededor de  $8^{\circ}\text{C}$ . Las regiones más cálidas se encuentran en el sector del Lago Titicaca y la parte sur central del sistema con temperaturas alrededor de  $9^{\circ}\text{C}$ .

En el análisis de los valores medios mensuales de la temperatura promedio se evidenció que los valores más elevados se registran de Noviembre a Marzo y los más bajos se producen en Junio y Julio.

El mapa de temperatura máxima media anual indica que la región sur del sistema es más cálida, con valores máximos próximos a los 19°C (Quillacas). En las planicies del sector meridional se registran valores altos que varían entre 16 y 18°C. Se aprecia en las regiones cercanas al Lago un efecto de atemperación con valores alrededor de 15°C. Las periferias de la parte oeste y norte del sistema presentan temperaturas bajas por la presencia de nevados. Al norte central (Pucara) se tiene temperaturas cerca de los 16°C.

El mapa de temperatura mínima media anual muestra que el incremento de la temperatura está orientado del suroeste hacia el noreste. El sector sur presenta temperaturas mínimas muy bajas con registro alrededor de -4°C. Las temperaturas mínimas promedio alcanzan valores superiores a 0°C en el Lago y en sus inmediaciones, es decir desde las proximidades de la zona de Progreso-Muñani (norte) hasta la zona de Jesús de Machaca. También se registran temperaturas mínimas medias superiores a cero en la parte este entre las zonas de Calamarca y Oruro.

En el análisis de la humedad relativa, se ha observado que los mayores valores se encuentran en las cercanías del Lago Titicaca, disminuyendo hacia el sur donde los valores son inferiores al 50% (característica de climas aridos). Los valores de humedad relativa más altos se registran entre los meses de Diciembre a Marzo (época de lluvias) y los más bajos entre los meses de Mayo a Noviembre. Se tiene un promedio anual de 55.8% de humedad relativa para el conjunto de estaciones.

Los vientos dentro del sistema, que es topográficamente variable, presentan patrones locales. La velocidad media del viento está entre los rangos de 0 (calma) hasta 4 (Bonancible ó brisa moderada) en la escala de Beaufort. Los mayores valores ocurren hacia la parte sur (Altiplano) del sistema y sobre el espejo de agua (Lago Titicaca).

La disponibilidad de registros de horas de sol es bastante reducida en el sistema. Se utilizó el registro de 19 estaciones que nos permitieron identificar al periodo de Mayo – Octubre con mayores valores con una media de 9horas/día y los menores valores en Noviembre – Abril con una media de 6.8horas/día.

Por los fundamentos expuestos en muchos estudios precedentes, se utilizó el método empírico de Penman para la estimación de la evapotranspiración potencial (ETP) dentro del sistema. Los valores de evaporación en tanque son superiores (como es de esperar) y relativamente semejantes a los valores determinados por Penman. De acuerdo a ello se presentaron coeficientes de reducción (referenciales) para los valores de evaporación en tanque. Los buenos resultados permiten validar la aplicación del método de Penman dentro del sistema TDPS.

La variación de la ETP a nivel anual en el sistema oscila entre 1000 y 1550mm. Los mayores valores de ETP se registran en el periodo de Octubre – Marzo (verano) y los menores valores en el periodo de Mayo - Agosto (invierno). Siguiendo principalmente la evolución de la radiación.

El sistema TDPS presenta la siguiente variación: La región nor-occidental más húmeda, con una radiación menor y menos ventosa, presenta un ETP menor, próximo a 1000mm/año. Por el contrario las regiones con un ETP más elevado se encuentran en el sector sur-oriental con valores promedio en torno a 1550mm/año (mayor velocidad de viento).

El presente estudio se constituirá en un punto de partida para estudios posteriores dentro de las actividades del proyecto de fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al Cambio Climático en el Altiplano Boliviano. Es el primer estudio que se realiza sobre el conjunto del sistema TDPS, desde los estudios del Plan Director (Intecsa et al 1993).

## **6.2 RECOMENDACIONES**

El número de estaciones meteorológicas en operación del sistema TDPS, en la parte boliviana, disminuyó en años recientes. Se recomienda mantener activas las estaciones, mejorarlas con equipos de tecnología moderna para el monitoreo de todas las variables climáticas. En especial en la región sur del sistema que tiene una densidad baja de estaciones. Como se evidenció, esta región es la que sufre los efectos más extremos (en eventos ENSO).

En vista que la exactitud de la estimación de ETP en el modelo de Penman depende principalmente de la precisión con que se estime la radiación, se recomienda que se inicien mediciones de este parámetro en el sistema TDPS. Con objeto de determinar con mayor precisión las ETP.

Se recomienda que se lleguen a acuerdos internacionales entre las instituciones que manejan la información meteorológica e hidrológica de Bolivia y Perú. Con el fin de tener información completa y suficiente para corroborar los estudios realizados. Permitiendo así sustentar la toma de decisiones de ambos países. Tarea prioritaria que debería realizar la ALT.

Con la información obtenida para el periodo 1990-2012, se recomienda revisar y actualizar el Plan Director del sistema TDPS. Procurando en lo posible completar los datos peruanos faltantes.

Crear un servicio o institución que se haga cargo del control y manejo de toda la red de información hidrometeorológica en todas las cuencas internacionales. Permitiendo la elaboración de base de datos automatizados en el software de fácil manejo Hydraccess.

## REFERENCIAS

- Andrade, F. & Aliaga, A. 2003. *Balance Hídrico superficial de la cuenca del Lago Titicaca*. La Paz, Bolivia. 244 p.
- Garcia C., Magali. 2011. Adapting to Climate Change in the Bolivian Andean communities depending on Tropical glaciers, *Componente Agroclimático*. La Paz, Bolivia. 55 p.
- INEI, 2009. *PUNO compendio estadístico 2009*. Puno, Perú. 634 p.
- Intecsa, CNR, AIC 1993a. Plan Director Global Binacional de Protección – Prevención de inundaciones y aprovechamiento de los recursos del lago Titicaca, río Desaguadero, lago Poopó y Salar de Coipasa (Sistema TDPS), *Estudio de Climatología*. La Paz, Bolivia. 110 p.
- Intecsa, CNR, AIC 1993b. Plan Director Global Binacional. *Estudio de Climatología, Apéndice 1, Estaciones meteorológicas*. La Paz, Bolivia. 110 p.
- Intecsa, CNR, AIC 1993c. Plan Director Global Binacional, *Estudio de Climatología, Apéndice 2, Contraste y corrección de las series pluviométricas históricas (Tomo I)*. La Paz, Bolivia. 309 p.
- Intecsa, CNR, AIC 1993d. Plan Director Global Binacional, *Estudio de Climatología, Apéndice 3, Contraste y corrección de las series pluviométricas históricas (Tomo II)*. La Paz, Bolivia. 228 p.
- Gutiérrez, B. & Molina C., J. 2012. *Estudio de Hidrología en las cuencas Mauri y Desaguadero*, Informe Final. La Paz, Bolivia. 85 p.
- Molina, J., Villarroel, O. & Espinoza, D. 2007. Proyecto: Derechos de Agua – Fase II Estudio de Hidrología y Recursos Hídricos, Informe Final. La Paz, Bolivia: Agua Sustentable.
- UNEP, 1996. *Diagnóstico Ambiental del Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (Sistema TDPS) Bolivia – Perú*. La Paz, Bolivia. 223 p.