



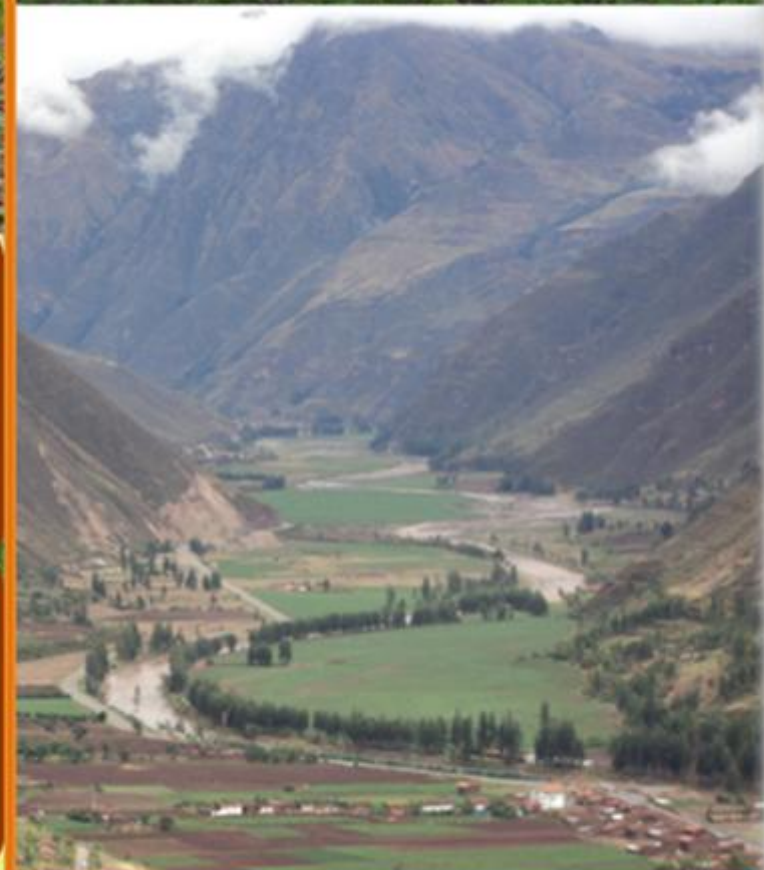
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

# CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN CUSCO





## Programa de Adaptación al Cambio Climático- PACC

# “CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN CUSCO”

### **PRESIDENTE EJECUTIVO**

General FAP(r) Wilar Gamarra Molina

### **DIRECTORA CIENTÍFICA**

Ph.D Elizabeth Silvestre Espinoza

### **DIRECTOR GENERAL DE AGROMETEOROLOGÍA**

Ing. Constantino Alarcón Velazco

## **PROGRAMA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO- PACC**

### **“CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN CUSCO”**

#### **RESPONSABLES DE LA COMPONENTE AGROMETEOROLÓGICA**

Ing. Constantino Alarcón Velazco  
MSc. Irene Trebejo Varillas

#### **EQUIPO TÉCNICO-SENAMHI**

Ing. Constantino Alarcón Velazco  
MSc. Irene Trebejo Varillas  
MSc. Janet Sanabria Quispe  
Ing. Nelly Pérez Díaz

#### **CONSULTORES**

Ing. Glicerio Canchari Carrasco - Agrónomo  
Ing. Víctor Iván Lizárraga Gamarra - Geógrafo  
Ing. Rocío Barbarán Gonzales –Agrónomo Apurímac  
Ing. José Antonio Campana Monzón –Agrónomo Cusco

#### **COLABORADORES**

Bach. Sayuri Ramírez  
Srta. Lucinda M. Montañez Alva

## ÍNDICE

### RESUMEN

### INTRODUCCIÓN

## PARTE 1. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN CUSCO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I. ZONAS DE ESTUDIO Y CULTIVOS PRIORIZADOS</b>               | <b>4</b>  |
| <b>II. GENERALIDADES</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1 Región Cusco  | 4         |
| 2.2 Zonas Priorizadas   | 9         |
| 2.2.1 Distrito de San Salvador                                  | 9         |
| 2.2.2 Distrito de Marangani                                     | 11        |
| 2.2.3 Microcuenca de Huacrahuacho                               | 13        |
| <b>III. OBJETIVOS</b>   | <b>16</b> |
| <b>IV. METODOLOGÍA</b>  | <b>16</b> |
| 4.1 Base de datos   | 16        |
| 4.1.1 Climática   | 16        |
| 4.1.2 Agrícola  | 17        |
| 4.2 Caracterización agrícola                                    | 22        |
| 4.2.1 Requerimientos agroclimáticos y edáficos                  | 22        |
| 4.2.2 Fenología de cultivos                                     | 22        |
| 4.2.3 Uso actual del suelo                                      | 23        |
| 4.2.4 Análisis edáfico de las zonas de estudio                  | 24        |
| 4.2.5 Calendario agrícola                                       | 27        |
| 4.3 Evaluación Agroclimática                                    | 28        |
| 4.3.1 A nivel regional  | 28        |
| 4.3.2 A nivel de zonas priorizadas                              | 30        |
| 4.4 Percepción local  | 31        |
| <b>V. CARACTERIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS PRIORITARIOS</b> | <b>32</b> |
| 5.1 Caracterización Agrícola                                    | 32        |
| 5.1.1 Requerimientos agroclimáticos y edáficos                  | 33        |
| 5.1.1.1 Cultivo papa mejorada                                   | 33        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 5.1.1.2    | Cultivo papa nativa  | 35        |
| 5.1.1.3    | Cultivo de maíz  | 37        |
| 5.1.1.4    | Cultivo de haba  | 38        |
| 5.1.1.5    | Cultivo de trigo   | 40        |
| 5.1.1.6    | Cultivo de cebada  | 42        |
| 5.1.1.7    | Pastos naturales   | 43        |
| 5.1.1.8    | Cultivo de alfalfa   | 43        |
| 5.1.2      | Fenología de cultivos priorizados                                      | 45        |
| 5.1.2.1    | Cultivo de maíz  | 45        |
| 5.1.2.2    | Cultivo papa mejorada  | 46        |
| 5.1.2.3    | Cultivo de haba  | 47        |
| 5.1.2.4    | Cultivo de trigo   | 48        |
| 5.1.2.5    | Cultivo de cebada  | 48        |
| 5.1.2.6    | Cultivo de Alfalfa   | 49        |
| 5.1.2.7    | Pasto natural alto andino  | 50        |
| 5.1.3      | Análisis del uso actual del suelo                                      | 51        |
| 5.1.3.1    | Distrito de San Salvador   | 51        |
| 5.1.3.2    | Distrito de Marangani  | 51        |
| 5.1.3.3    | Microcuenca de Huacrahuacho  | 52        |
| 5.1.4      | Análisis edáfico de las zonas de estudio                               | 52        |
| 5.1.4.1    | Distrito de San Salvador   | 52        |
| 5.1.4.2    | Distrito de Marangani  | 55        |
| 5.1.4.3    | Microcuenca de Huacrahuacho  | 58        |
| 5.1.5      | Calendario Agrícola  | 61        |
| 5.1.5.1    | Distrito de San Salvador   | 62        |
| 5.1.5.2    | Distrito de Marangani  | 64        |
| 5.1.5.3    | Microcuenca de Huacrahuacho  | 68        |
| <b>VI.</b> | <b>EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN CUSCO Y ZONAS PRIORIZADAS</b> | <b>69</b> |
| 6.1        | Región Cusco   | 69        |
| 6.1.1      | Régimen de la temperatura del aire                                     | 69        |
| 6.1.1.1    | Distribución temporal  | 69        |
| 6.1.1.2    | Distribución espacial  | 73        |
| 6.1.1.3    | Temperatura mínima absoluta  | 76        |
| 6.1.2      | Régimen de heladas   | 81        |
| 6.1.3      | Régimen de la precipitación  | 94        |
| 6.1.3.1    | Distribución temporal  | 94        |
| 6.1.3.2    | Distribución espacial  | 97        |
| 6.1.3.3    | Distribución porcentual y estación lluviosa                            | 99        |
| 6.1.4      | Evapotranspiración referencial   | 100       |
| 6.1.5      | Balance Hídrico  | 101       |

|   |            |
|---|------------|
| 6.2. Zonas priorizadas  | 106        |
| 6.2.1 Distrito de San Salvador  | 106        |
| 6.2.1.1 Régimen de las variables climáticas   | 106        |
| 6.2.1.2 Distribución espacial de la temperatura y precipitación   | 108        |
| 6.2.1.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias  | 112        |
| 6.2.1.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados  | 113        |
| 6.2.1.4.1 Período de crecimiento efectivo   | 113        |
| 6.2.1.4.2 Cultivo de haba   | 115        |
| 6.2.1.4.3 Cultivo de maíz   | 118        |
| 6.2.1.4.4 Cultivo de papa   | 120        |
| 6.2.1.5 Eventos extremos  | 123        |
| 6.2.1.5.1 Heladas   | 123        |
| 6.2.1.5.2 Sequías   | 128        |
| 6.2.2 Distrito de Marangani   | 132        |
| 6.2.2.1 Régimen de las variables climáticas   | 132        |
| 6.2.2.2 Distribución espacial de la temperatura y precipitación   | 133        |
| 6.2.2.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias  | 137        |
| 6.2.2.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados  | 137        |
| 6.2.2.4.1 Período de crecimiento efectivo   | 137        |
| 6.2.2.4.2 Cultivo de cebada   | 139        |
| 6.2.2.4.3 Cultivo de haba   | 141        |
| 6.2.2.4.4 Cultivo de maíz   | 143        |
| 6.2.2.4.5 Cultivo de papa   | 145        |
| 6.2.2.4.6 Cultivo de trigo  | 147        |
| 6.2.2.5 Eventos extremos  | 149        |
| 6.2.2.5.1 Heladas   | 149        |
| 6.2.2.5.2 Sequías   | 153        |
| 6.2.3 Microcuenca de Huacrahuacho   | 155        |
| 6.2.3.1 Régimen de las variables climáticas   | 156        |
| 6.2.3.2 Distribución espacial de la temperatura y precipitación   | 157        |
| 6.2.3.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias  | 161        |
| 6.2.3.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados  | 161        |
| 6.2.3.4.1 Período de crecimiento efectivo   | 161        |
| 6.2.3.4.2 Cultivo de cebada   | 163        |
| 6.2.3.4.3 Pastos naturales  | 165        |
| 6.2.3.5 Eventos Extremos  | 167        |
| 6.2.3.5.1 Heladas   | 167        |
| 6.2.3.5.2 Sequías   | 171        |
| <b>VII. PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE EL IMPACTO DE LA VARIABILIDAD, CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN ACTUALES</b> | <b>173</b> |
| 7.1 Percepción de la ocurrencia de los eventos climáticos   | 173        |
| 7.1.1 Impacto de los eventos climáticos extremos en los cultivos  | 174        |

|   |     |
|---|-----|
| 7.1.2 Medidas y respuestas ante la ocurrencia de los eventos extremos                           | 175 |
| 7.1.3 Percepción del cambio climático   | 177 |
| 7.1.4 Cultivos más sensibles al cambio climático  | 178 |
| 7.1.5 Estrategias y medidas del productor al cambio climático                                   | 179 |
| 7.1.6 Medidas y Estrategias Institucionales locales frente a la Variabilidad y Cambio Climático | 182 |

## **PARTE 2. APTITUD AGROCLIMÁTICA DE LOS CULTIVOS PRIORIZADOS EN LA REGIÓN APURÍMAC**

|  |            |
|--|------------|
| <b>VIII. CONSIDERACIONES TEÓRICAS</b>                      | <b>183</b> |
| 8.1 Variables edafológicas                                 | 183        |
| 8.1.1 Textura  | 183        |
| 8.1.2 Materia orgánica                                     | 184        |
| 8.1.3 Reacción del suelo (pH)                              | 185        |
| 8.1.4 Pendiente  | 186        |
| 8.2 Variables agronómicas y agroclimáticas                 | 187        |
| 8.2.1 Rendimiento  | 187        |
| 8.2.2 Requerimientos edafoclimáticos                       | 190        |
| 8.3 El suelo según su Clase y Sub clase de capacidad       | 191        |
| <b>IX. METODOLOGÍA</b>                                     | <b>193</b> |
| <b>X. RESULTADOS</b>                                       | <b>193</b> |
| 10.1 Evaluación agronómica                                 | 193        |
| 10.2 Aptitud agrícola en base a indicadores agroclimáticos | 194        |
| 10.2.1 Distrito de San Salvador                            | 194        |
| 10.2.2 Distrito de Marangani                               | 201        |
| 10.2.3 Microcuenca de Huacrahuacho                         | 211        |
| <b>XI. BIBLIOGRAFÍA</b>                                    | <b>213</b> |

## LISTA DE CUADROS

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Tabla 1</b>  | Zonas de estudio y cultivos priorizados  | 4  |
| <b>Tabla 2</b>  | Estructura de la superficie agropecuaria   | 7  |
| <b>Tabla 3</b>  | Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales                                      | 8  |
| <b>Tabla 4</b>  | Población pecuaria por especie de ganado   | 8  |
| <b>Tabla 5</b>  | Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de San Salvador                            | 10 |
| <b>Tabla 6</b>  | Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de San Salvador         | 10 |
| <b>Tabla 7</b>  | Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de Marangani                               | 12 |
| <b>Tabla 8</b>  | Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de Marangani            | 12 |
| <b>Tabla 9</b>  | Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de Juan Kunturkunki y Checca               | 14 |
| <b>Tabla 10</b> | Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de Kunturkunki y Checca | 15 |
| <b>Tabla 11</b> | Relación de estaciones meteorológicas y record de información de la Región Cusco                 | 18 |
| <b>Tabla 12</b> | Categorías de usos de la Tierra (UGI)  | 23 |
| <b>Tabla 13</b> | Categorías y sub categorías del uso del suelo  | 24 |
| <b>Tabla 14</b> | Categorías de uso actual del suelo (UGI)   | 25 |
| <b>Tabla 15</b> | Calendario Agrícola en el Perú   | 28 |
| <b>Tabla 16</b> | Información levantada en campo   | 32 |
| <b>Tabla 17</b> | Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de papa                                     | 34 |
| <b>Tabla 18</b> | Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de papa nativa                              | 36 |
| <b>Tabla 19</b> | Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de maíz                                     | 38 |
| <b>Tabla 20</b> | Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de haba                                     | 39 |
| <b>Tabla 21</b> | Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de trigo                                    | 41 |
| <b>Tabla 22</b> | Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de cebada                                   | 42 |
| <b>Tabla 23</b> | Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de alfalfa                                  | 44 |
| <b>Tabla 24</b> | Etapas del cultivo de maíz en días   | 45 |
| <b>Tabla 25</b> | Etapas del cultivo de papa en días   | 46 |
| <b>Tabla 26</b> | Etapas del cultivo de haba en días   | 47 |
| <b>Tabla 27</b> | Etapas del cultivo de trigo en días  | 48 |
| <b>Tabla 28</b> | Etapas del cultivo de cebada en días   | 49 |
| <b>Tabla 29</b> | Etapas del cultivo de alfalfa  | 49 |
| <b>Tabla 30</b> | Etapas y ciclo de los pastos Naturales   | 50 |
| <b>Tabla 31</b> | Categorías de usos de la tierra en el Distrito de San Salvador                                   | 51 |
| <b>Tabla 32</b> | Categorías de usos de la tierra en el Valle de Marangani   | 51 |



|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| <b>Tabla 33</b> | Categorías de usos de la tierra en la Microcuenca de Huacrahuacho                             | 52  |
| <b>Tabla 34</b> | Indicadores edafológicos del distrito de San Salvador:  | 53  |
| <b>Tabla 35</b> | Indicadores edafológicos del distrito de Marangani:   | 55  |
| <b>Tabla 36</b> | Indicadores edafológicos de la microcuenca de Huacrahuacho                                    | 59  |
| <b>Tabla 37</b> | Calendario Agrícola en el Perú  | 61  |
| <b>Tabla 38</b> | Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de maíz                             | 62  |
| <b>Tabla 39</b> | Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de papa                             | 63  |
| <b>Tabla 40</b> | Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de haba                             | 63  |
| <b>Tabla 41</b> | Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de maíz                                | 64  |
| <b>Tabla 42</b> | Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de papa                                | 65  |
| <b>Tabla 43</b> | Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de haba                                | 65  |
| <b>Tabla 44</b> | Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de trigo                               | 66  |
| <b>Tabla 45</b> | Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de Cebada                              | 67  |
| <b>Tabla 46</b> | Microcuenca de Huacrahuacho. Calendario agrícola del cultivo de cebada                        | 68  |
| <b>Tabla 47</b> | Microcuenca de Huacrahuacho. Calendario agrícola de pastos naturales                          | 68  |
| <b>Tabla 48</b> | Régimen de las primeras primera y última heladas y periodo libre de heladas                   | 82  |
| <b>Tabla 49</b> | Precipitación Porcentual con respecto al valor promedio y duración de la estación lluviosa    | 99  |
| <b>Tabla 50</b> | Balance Hídrico por estación meteorológica  | 102 |
| <b>Tabla 51</b> | Valores promedio y extremos decadales para temperatura y precipitación en Caycay y Pisac      | 107 |
| <b>Tabla 52</b> | Periodo de crecimiento efectivo   | 114 |
| <b>Tabla 53</b> | Frecuencia Multianual de heladas meteorológicas   | 123 |
| <b>Tabla 54</b> | Frecuencia relativa decadal de heladas  | 124 |
| <b>Tabla 55</b> | Fecha media de la primera y última helada y período libre de heladas                          | 125 |
| <b>Tabla 56</b> | Intensidad de heladas en Caycay y Pisac   | 127 |
| <b>Tabla 57</b> | Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y periodo libre de heladas en Caycay | 127 |
| <b>Tabla 58</b> | Promedio decadal de la temperatura y precipitación del periodo agrícola                       | 133 |
| <b>Tabla 59</b> | Periodo de crecimiento efectivo en Sicuani  | 138 |
| <b>Tabla 60</b> | Frecuencia multianual de heladas meteorológicas en Sicuani                                    | 149 |
| <b>Tabla 61</b> | Frecuencia relativa decadal de heladas en Sicuani   | 150 |
| <b>Tabla 62</b> | Fecha media de la primera y última helada y período libre de heladas en Sicuani               | 151 |
| <b>Tabla 63</b> | Intensidad de heladas en Sicuani  | 152 |

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| <b>Tabla 64</b> | Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y periodo libre de heladas para Sicuani | 153 |
| <b>Tabla 65</b> | Valores promedio y extremos decadales para temperatura y precipitación en Yauri                  | 156 |
| <b>Tabla 66</b> | Periodo de crecimiento de cultivo efectivo   | 162 |
| <b>Tabla 67</b> | Frecuencia Multianual de heladas meteorológicas  | 167 |
| <b>Tabla 68</b> | Frecuencia relativa decadal de heladas   | 168 |
| <b>Tabla 69</b> | Fecha media de la primera y última helada y período libre de heladas                             | 169 |
| <b>Tabla 70</b> | Intensidad de heladas  | 170 |
| <b>Tabla 71</b> | Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y periodo libre de heladas              | 171 |
| <b>Tabla 72</b> | Frecuencia de ocurrencia de eventos climáticos en las zonas de estudio (%)                       | 174 |
| <b>Tabla 73</b> | Eventos climáticos que mayor impacto causan a los cultivos (%)                                   | 174 |
| <b>Tabla 74</b> | Impacto de los eventos extremos en la fenología de los cultivos (%)                              | 175 |
| <b>Tabla 75</b> | Medidas más utilizadas por los agricultores para contrarrestar las heladas y las granizadas      | 176 |
| <b>Tabla 76</b> | Medidas y estrategias institucionales locales frente a la variabilidad y cambio climático        | 182 |
| <b>Tabla 77</b> | Tipo de ayuda recibida   | 182 |
| <b>Tabla 78</b> | Clasificación de textura   | 184 |
| <b>Tabla 79</b> | Cantidad de materia orgánica en el suelo   | 185 |
| <b>Tabla 80</b> | Características del pH   | 186 |
| <b>Tabla 81</b> | Relación entre la pendiente y la aptitud agrícola del terreno                                    | 187 |
| <b>Tabla 82</b> | Rendimiento regional y nacional de cultivos priorizados  | 188 |
| <b>Tabla 83</b> | Rendimiento del cultivo de maíz (t/ha)   | 188 |
| <b>Tabla 84</b> | Rendimiento del cultivo de papa (t/ha)   | 188 |
| <b>Tabla 85</b> | Rendimiento del cultivo de haba (t/ha)   | 189 |
| <b>Tabla 86</b> | Rendimiento del cultivo de trigo (t/ha)  | 189 |
| <b>Tabla 87</b> | Rendimiento del cultivo de cebada (t/ha)   | 189 |
| <b>Tabla 88</b> | Nivel de rendimiento de los cultivos priorizados   | 190 |
| <b>Tabla 89</b> | Requerimientos agroclimáticos de los cultivos priorizados  | 191 |
| <b>Tabla 90</b> | Requerimientos edáficos de los cultivos priorizados  | 191 |
| <b>Tabla 91</b> | Clase y subclase de capacidad del suelo  | 192 |
| <b>Tabla 92</b> | Nivel de productividad alcanzado en las zonas de estudio y cultivos priorizados                  | 193 |
| <b>Tabla 93</b> | Aptitud agrícola del cultivo de haba en el distrito de San Salvador                              | 195 |
| <b>Tabla 94</b> | Aptitud agrícola del cultivo de maíz en el distrito de San Salvador                              | 197 |
| <b>Tabla 95</b> | Aptitud agrícola del cultivo de papa en el distrito de San Salvador                              | 199 |

|                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| <b>Tabla 96</b>  | Aptitud agrícola del cultivo de haba en el distrito de Marangani         | 201 |
| <b>Tabla 97</b>  | Aptitud agrícola del cultivo de maíz en el distrito de Marangani         | 203 |
| <b>Tabla 98</b>  | Aptitud agrícola del cultivo de papa en el distrito Marangani            | 205 |
| <b>Tabla 99</b>  | Aptitud agrícola del cultivo de trigo en el distrito de Marangani        | 207 |
| <b>Tabla 100</b> | Aptitud agrícola del cultivo de cebada en el distrito de Marangani       | 209 |
| <b>Tabla 101</b> | Aptitud agrícola del cultivo de cebada en la microcuenca de Huacrahuacho | 211 |

## LISTA DE FIGURAS

|                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| <b>Figura 01</b> | Determinación de la primera, última, y período libre de heladas. Temperatura Umbral = 0°C, Estación Granja Kcayra.     | 29  |
| <b>Figura 02</b> | Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de maíz  | 62  |
| <b>Figura 03</b> | Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de papa  | 63  |
| <b>Figura 04</b> | Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de haba  | 64  |
| <b>Figura 05</b> | Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de maíz   | 64  |
| <b>Figura 06</b> | Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de papa   | 65  |
| <b>Figura 07</b> | Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de haba   | 66  |
| <b>Figura 08</b> | Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de trigo  | 67  |
| <b>Figura 09</b> | Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de cebada   | 67  |
| <b>Figura 10</b> | Microcuenca de Huacrahuacho. Calendario agrícola del cultivo de cebada   | 68  |
| <b>Figura 11</b> | Distribución temporal de la temperatura del aire en estaciones de la región Cusco                                      | 72  |
| <b>Figura 12</b> | Temperatura mínima absoluta registrada en cada estación meteorológica de la región Cusco                               | 76  |
| <b>Figura 13</b> | Variación interanual de la temperatura mínima absoluta en estaciones de la región Cusco                                | 79  |
| <b>Figura 14</b> | Caracterización de las heladas por estación meteorológica de la región Cusco   | 89  |
| <b>Figura 15</b> | Distribución temporal de la precipitación por estación en la Región Cusco  | 97  |
| <b>Figura 16</b> | Distribución temporal de la Evapotranspiración de referencia en la región Cusco  | 101 |
| <b>Figura 17</b> | Balance Hídrico por estación para la región Cusco  | 105 |
| <b>Figura 18</b> | Comportamiento temporal de la humedad relativa y velocidad del viento para Caycay y Pisac                              | 108 |
| <b>Figura 19</b> | Periodos secos y frecuencia de lluvias en Caycay   | 112 |
| <b>Figura 20</b> | Periodos secos y frecuencia de lluvias en Pisac  | 113 |
| <b>Figura 21</b> | Periodo de crecimiento por humedad en Caycay   | 114 |
| <b>Figura 22</b> | Periodo de crecimiento por humedad en Pisac  | 114 |
| <b>Figura 23</b> | Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de haba en Caycay y Pisac | 115 |
| <b>Figura 24</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de haba en Caycay   | 116 |
| <b>Figura 25</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de haba en Pisac  | 117 |
| <b>Figura 26</b> | Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de maíz                   | 118 |
| <b>Figura 27</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de maíz en Pisac  | 119 |
| <b>Figura 28</b> | Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de papa                   | 120 |

|                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| <b>Figura 29</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa en Caycay   | 121 |
| <b>Figura 30</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa en Pisac  | 122 |
| <b>Figura 31</b> | Frecuencia multianual de heladas meteorológicas  | 123 |
| <b>Figura 32</b> | Frecuencia relativa decadal de heladas meteorológicas  | 124 |
| <b>Figura 33</b> | Variación multianual de las fechas de la primera y última helada                                       | 126 |
| <b>Figura 34</b> | Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada en Caycay.                                    | 128 |
| <b>Figura 35</b> | Frecuencia del Índice de sequía en Caycay  | 128 |
| <b>Figura 36</b> | Porcentaje mensual de sequías en Caycay  | 129 |
| <b>Figura 37</b> | Índice de Severidad de Sequía en Caycay  | 129 |
| <b>Figura 38</b> | Frecuencia del Índice de sequía en Pisac   | 130 |
| <b>Figura 39</b> | Porcentaje mensual de sequía en Pisac  | 131 |
| <b>Figura 40</b> | Índice de Severidad de Sequía en Pisac   | 131 |
| <b>Figura 41</b> | Comportamiento temporal de la humedad relativa y viento  | 133 |
| <b>Figura 42</b> | Periodos secos y frecuencia de lluvias   | 137 |
| <b>Figura 43</b> | Periodo de crecimiento por humedad   | 138 |
| <b>Figura 44</b> | Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de cebada | 139 |
| <b>Figura 45</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de cebada   | 140 |
| <b>Figura 46</b> | Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de haba   | 141 |
| <b>Figura 47</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de haba   | 142 |
| <b>Figura 48</b> | Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de maíz   | 143 |
| <b>Figura 49</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de maíz   | 144 |
| <b>Figura 50</b> | Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de papa   | 145 |
| <b>Figura 51</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa   | 146 |
| <b>Figura 52</b> | Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de trigo  | 147 |
| <b>Figura 53</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de trigo  | 148 |
| <b>Figura 54</b> | Frecuencia multianual de heladas meteorológicas  | 149 |
| <b>Figura 55</b> | Frecuencia Relativa decadal de heladas   | 150 |
| <b>Figura 56</b> | Variación multianual de las fechas de la primera y última helada                                       | 151 |
| <b>Figura 57</b> | Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada   | 153 |
| <b>Figura 58</b> | Frecuencia del Índice de sequía  | 153 |
| <b>Figura 59</b> | Porcentaje mensual de sequías  | 154 |
| <b>Figura 60</b> | Índice de Severidad de Sequía  | 155 |
| <b>Figura 61</b> | Comportamiento temporal de la humedad relativa, viento y horas de sol                                  | 157 |
| <b>Figura 62</b> | Periodos secos y frecuencia de lluvias   | 161 |
| <b>Figura 63</b> | Periodo de crecimiento por humedad   | 162 |
| <b>Figura 64</b> | Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de cebada | 163 |

|                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| <b>Figura 65</b> | Balance hídrico agrícola para el cultivo de cebada   | 164 |
| <b>Figura 66</b> | Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas para pastos naturales   | 165 |
| <b>Figura 67</b> | Balance hídrico agrícola para pastos naturales   | 166 |
| <b>Figura 68</b> | Frecuencia multianual de heladas meteorológicas  | 167 |
| <b>Figura 69</b> | Frecuencia Relativa decadal de heladas   | 168 |
| <b>Figura 70</b> | Variación multianual de las fechas de la primera y última helada   | 169 |
| <b>Figura 71</b> | Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada   | 171 |
| <b>Figura 72</b> | Frecuencia del Índice de sequía  | 171 |
| <b>Figura 73</b> | Porcentaje mensual de sequías  | 172 |
| <b>Figura 74</b> | Índice de Severidad de Sequía  | 173 |
| <b>Figura 75</b> | Medidas utilizadas por los agricultores Marangani y Huacrahuacho para atenuar los efectos de los eventos extremos                              | 176 |
| <b>Figura 76</b> | Indicadores de cambio climático en las zonas priorizadas   | 177 |
| <b>Figura 77</b> | Variedad de cultivos más sensibles al cambio climático   | 178 |
| <b>Figura 78</b> | Alternativas tecnológicas locales para la adaptación al Cambio Climático en San salvador   | 179 |
| <b>Figura 79</b> | Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en San Salvador.                   | 180 |
| <b>Figura 80</b> | Alternativas tecnológicas locales para la adaptación al Cambio Climático en Marangani  | 180 |
|                  | Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en el Valle de Marangani.          | 181 |
| <b>Figura 81</b> | Alternativas tecnológicas locales para la adaptación al Cambio Climático en la microcuenca de Huacrahuacho                                     | 181 |
| <b>Figura 82</b> | Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en la microcuenca de Huacrahuacho. | 182 |

## LISTA DE MAPAS

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| <b>Mapa 01</b>  | Zonas de estudio y topografía de la región Cusco                                      | 5   |
| <b>Mapa 02</b>  | Distribución espacial de las estaciones meteorológicas                                | 21  |
| <b>Mapa 03</b>  | Distrito de San Salvador: Unidades de Suelo por Capacidad de Uso Mayor                | 54  |
| <b>Mapa 04</b>  | Distrito de Marangani: Unidades de Suelo por Capacidad de Uso Mayor                   | 57  |
| <b>Mapa 05</b>  | Microcuenca de Huacrahuacho: Unidades de suelos por Capacidad de Uso Mayor            | 60  |
| <b>Mapa 06</b>  | Distribución Espacial de temperatura Máxima   | 74  |
| <b>Mapa 07</b>  | Distribución Espacial de temperatura Mínima   | 75  |
| <b>Mapa 08</b>  | Distribución espacial de la temperatura mínima absoluta                               | 80  |
| <b>Mapa 09</b>  | Distribución de la fecha promedio de la primera helada en la región Cusco             | 91  |
| <b>Mapa 10</b>  | Distribución de la fecha promedio de la última helada en la región Cusco              | 92  |
| <b>Mapa 11</b>  | Distribución del período libre de heladas en la región Cusco                          | 93  |
| <b>Mapa 12.</b> | Distribución espacial de la precipitación total anual en la región Cusco              | 98  |
| <b>Mapa 13</b>  | Distribución espacial de la temperatura máxima en San Salvador                        | 109 |
| <b>Mapa 14</b>  | Distribución espacial de la temperatura mínima en San Salvador                        | 110 |
| <b>Mapa 15</b>  | Distribución espacial de la temperatura precipitación en San Salvador                 | 111 |
| <b>Mapa 16</b>  | Distribución espacial de la temperatura máxima en el Valle de Marangani               | 134 |
| <b>Mapa 17</b>  | Distribución espacial de la temperatura mínima en el Valle de Marangani               | 135 |
| <b>Mapa 18</b>  | Distribución espacial de la temperatura precipitación en el Valle de Marangani        | 136 |
| <b>Mapa 19</b>  | Distribución espacial de la temperatura máxima en la Microcuenca de Huacrahuacho.     | 158 |
| <b>Mapa 20</b>  | Distribución espacial de la temperatura mínima en la Microcuenca de Huacrahuacho.     | 159 |
| <b>Mapa 21</b>  | Distribución espacial de la precipitación en la Microcuenca de Huacrahuacho.          | 160 |
| <b>Mapa 22</b>  | Distrito de San Salvador: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de haba | 196 |
| <b>Mapa 23</b>  | Distrito de San Salvador. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de maíz | 198 |
| <b>Mapa 24</b>  | Distrito de San Salvador. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de papa | 200 |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| <b>Mapa 25</b> | Distrito de Marangani. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de haba         | 202 |
| <b>Mapa 26</b> | Distrito de Marangani. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de maíz         | 204 |
| <b>Mapa 27</b> | Distrito de Marangani. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de papa         | 206 |
| <b>Mapa 28</b> | Distrito de Marangani. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de trigo        | 208 |
| <b>Mapa 29</b> | Distrito de Marangani. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de cebada       | 210 |
| <b>Mapa 30</b> | Microcuenca de Huacrahuacho. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de cebada | 212 |



## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la caracterización agroclimática de la región Cusco, así como de las tres zonas priorizadas distrito de San Lorenzo, distrito de Marangani y Microcuenca de Huacrahuacho. Para lo cual se analizó la información a agrometeorológica existente a nivel diario en las 41 estaciones meteorológicas de la Región.

Se partió de una caracterización agrícola de los cultivos priorizados (papa mejorada, papa nativa, maíz, haba, trigo, cebada y pastos), definiendo sus requerimientos agroclimáticos y edáficos, así como su fenología. Asimismo para cada una de las zonas priorizadas se evaluó el uso actual y las características del suelo, y un análisis del calendario agrícola.

En cuanto a la evaluación agroclimática, para la región Cusco fue evaluado el comportamiento espacio temporal de la temperatura, precipitación y la evapotranspiración potencial para el período agrícola, enfatizando en las heladas y el balance hídrico. A nivel de las zonas priorizadas adicionalmente se analizó los períodos secos y frecuencia de lluvias; la evaluación agroclimática de cada uno de los cultivos priorizados a través del análisis del período de crecimiento efectivo y el balance hídrico. Asimismo, un análisis de las heladas y las sequías. Encontrándose que las heladas, se constituyen en una limitante para los cultivos de la región, principalmente las heladas “tempranas”, las que se registran entre noviembre a abril, cuando los cultivos se encuentran en pleno crecimiento y desarrollo.

El periodo de crecimiento efectivo de los cultivos, determinado a través de los criterios de temperatura (fechas de las últimas y primeras heladas al 20% de probabilidad) y de humedad (balance hídrico agrícola), muestran que por lo general, el inicio del periodo de crecimiento efectivo está limitado por la precipitación y el final por la ocurrencia de heladas. Asimismo se ha encontrado que para gran parte de los cultivos, la precipitación no cubre sus requerimientos hídricos durante la fase inicial de establecimiento y crecimiento de los cultivos, siendo necesario recurrir al riego complementario.

A través del análisis de sequías se encontró que en la provincia de San salvador los años 1967 y 1984 se presentaron sequías entre severas y extremas, mientras que el año 1971 fue extremadamente húmedo. En Marangani la sequía ocurrida entre el año 1979 y 1984, fue una de las más prolongadas, con 74 meses de sequía ininterrumpida y llegando a ser extrema en el año 1984 y los años 2002 y 2003 fueron extremadamente húmedos. En la microcuenca de Huacrahuacho se observa dos periodos con sequías moderadas, la primera durante el año 1999 y la segunda durante los años 2007, 2008 y parte del año 2009, siendo este periodo el más extenso con 34 meses de sequía, por el contrario los años 1994, 2001 y 2003 los índices húmedos incrementaron en intensidad, presentando años entre moderadamente húmedos y muy húmedos.

Así mismo, se evaluó la percepción de la población sobre el impacto de la variabilidad y el cambio climático, así como las medidas de adaptación que el poblador viene naturalmente adoptando.

Finalmente, se determinó la aptitud agroclimática de las zonas de estudio, es así que el distrito de San Salvador presenta mayor disponibilidad de tierras aptas y moderadamente aptas (34 a 36%) para la producción de cultivos de haba, maíz y papa que el distrito de Marangani (21 a 22%). Por otra parte, en San Salvador, el cultivo de maíz amiláceo es el que más destaca por su desempeño productivo, siendo sus principales limitantes la baja temperatura, escasa precipitación, la textura y pendiente del suelo. En Marangani, los cultivos que mayor desempeño presentan son el haba y la cebada, siendo sus principales limitaciones las bajas temperaturas, textura y pendiente, más no la precipitación. En la microcuenca de Huacrahuacho, por lo general la productividad es baja, alcanzando la producción de cebada niveles medios a bajos, con limitaciones de temperatura baja y pendiente del terreno principalmente.

## INTRODUCCION

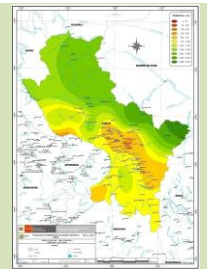
La región Cusco, las condiciones climáticas, edáficas y topográficas son muy diversificados y determinan que la actividad agrícola sea muy variada, la misma que está expuesta a la ocurrencia de meteorológicos extremos que impactan su desarrollo; más aún cuando en la última década la influencia del cambio climático es más evidente.

La agricultura, actividad principal de la población de la región Cusco, en la mayor parte de la zona andina se ve limitada a solo una parte del año debido a que la mayoría de los cultivos se conduce bajo el régimen de secano, donde el crecimiento y desarrollo de los cultivos están condicionados por el régimen pluviométrico y la ocurrencia de temperaturas bajas (heladas). La ocurrencia de eventos meteorológicos extremos destruye los cultivos o reducen sus rendimientos, por lo que es indispensable conocer las características agroclimáticas particulares de cada zona.

La caracterización agroclimática de esta región permitirá conocer para el período agrícola la disponibilidad térmica, la demanda por evapotranspiración, la disponibilidad de agua para los diferentes estados fenológicos de los cultivos priorizados, el período de crecimiento efectivo de los cultivos, la frecuencia de eventos extremos registrados (heladas, sequias); así como otros parámetros agrometeorológicos de utilidad para los diferentes actores relacionados a la actividad agrícola. Esta caracterización permitirá planificar la producción agrícola durante la época del año en que el recurso climático es óptimo para los cultivos, permitiendo así estimar las potencialidades de rendimiento de la zona.

El estudio se desarrolla en dos partes, la primera a nivel de la región Cusco y la segunda a nivel de las zonas priorizadas (Distrito de San Salvador en el valle sagrado, distrito de Marangani en la provincia de Canchis y la Microcuenca de Huacrahuacho en la provincia de Canas) y para los cultivos priorizados (papa, maíz, haba, trigo, cebada, y pastos). Se presenta el comportamiento de los parámetros agroclimáticos relacionados a la actividad agrícola y a las necesidades de los cultivos. Se utiliza la base de datos de clima, suelo, estadísticas agrarias para la zona de estudio y alrededores para el período agrícola (setiembre-mayo), así como software especializado. Asimismo, se recoge información de percepciones de la población sobre la presencia de eventos extremos y el cambio climático.

# CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN CUSCO



## I. ZONAS DE ESTUDIO Y CULTIVOS PRIORIZADOS

El estudio se concentra en una primera etapa a nivel de la región Cusco y luego enfatiza en las zonas priorizadas: distrito de San Salvador, distrito de Marangani, y Microcuenca de Huacrahuacho. Para cada zona se priorizaron cultivos representativos, seleccionados en función a la extensión del área cultivada, importancia económica, entre otros criterios. Estos cultivos contribuyen a la seguridad alimentaria y a la actividad pecuaria de las zonas, los cuales fueron seleccionados en talleres con funcionarios, agricultores y productores (**tabla 1** y **mapa 1**).

**Tabla 1.** Zonas de estudio y cultivos priorizados

| Localidades   | Altitud   | Cultivos priorizados por Zona de Vida   |
|---|-----------|---|
| Distrito de San Salvador (Valle sagrado)                                      | 2500-3350 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maíz</li> <li>• Papa</li> <li>• Habas</li> </ul>                         |
| Distrito de Marangani en la provincia de Canchis.                             | 2800-3800 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Papa</li> <li>• Maíz</li> <li>• Habas</li> <li>• Trigo-Cebada</li> </ul> |
| Microcuenca Huacrahuacho (distritos Checca y Kunturkanki, provincia de Canas) | 3900-4500 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cebada</li> <li>• Pastos naturales</li> </ul>                            |

## II. GENERALIDADES

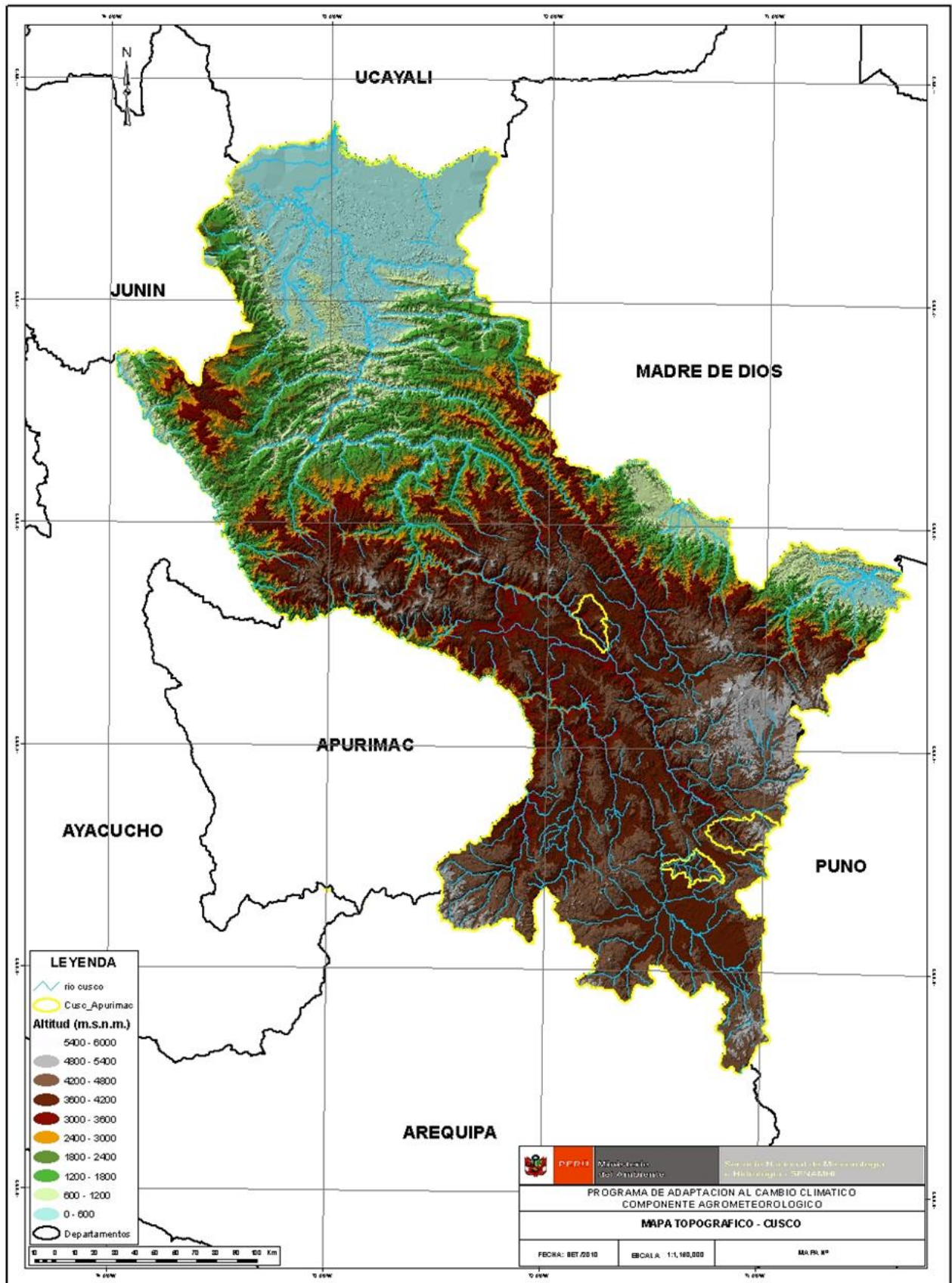
### 2.1 Región Cusco

La región Cusco se sitúa en la región sur oriental del país, entre los paralelos 11°22' y 15°40' de latitud sur y los meridianos 70°30' y 73°55' de longitud oeste, con una superficie de 71 891,97 km<sup>2</sup>.

Geográficamente está estructurada por una gran cuenca hidrográfica que nace en el Nevado Cunurana en los bordes de la altiplanicie del Titicaca, cuyos deshielos forman el río Vilcanota. Este curso de agua va de sureste a noroeste hasta Quillabamba donde toma el nombre de Urubamba. Este nucleó central Vilcanota-Urubamba está constituido por una serie de valles y quebradas que convergen hacia el gran valle de La Convención.

Según la clasificación de Pulgar Vidal (1996), destacan los pisos altitudinales de quechua, Suni, Jalca o Puna, Janca o cordillera y Selva alta o Rupa Rupa.

Mapa 01. Zonas de estudio y topografía de la región Cusco



Orográficamente la región se puede dividir en dos áreas: La primera que abarca aproximadamente el 60% de la superficie total, ubicada al sur de la latitud 13, conformado por dos sistemas de grandes cordilleras que forman el Nudo de Vilcanota, que a su vez la separan de la Meseta del Titicaca. Este sistema, se prolonga hacia el Oeste a través de la Cordillera de Vilcabamba; comprendiendo diferentes pisos ecológicos, con alturas mayores a 3000 msnm y algunas elevaciones importantes como: El Ausangate (6384 m), Salcantay (6093 m) y Sacrarayoc (5994 m). La segunda, ubicada al norte de la latitud 13°S, su relieve disminuye gradualmente hasta menos de 500 msnm en la región de selva baja con una gran diversidad de exuberante vegetación, donde predomina el clima cálido continental.

El Valle Sagrado de los Incas entre las poblaciones de Pisac y Ollantaytambo y regado por el río Vilcanota, está formado por una serie de abanicos aluviales que se extienden al pie de las montañas, donde se cultiva intensamente la tierra.

Todos los ríos de la región Cusco forman parte de la cuenca hidrográfica del Amazonas. Hidrográficamente la región está conformada por las cuencas de los ríos Apurímac y Urubamba. El Apurímac, nace en los nevados de Culluncuya, Mismi y Quehuisha, ubicados sobre 5400 metros de altitud, con una longitud aproximada de 266 km, desde sus nacientes hasta la confluencia con el río Santo Tomas. La cuenca del río Apurímac posee una extensión aproximada de 18 827 km<sup>2</sup>, hasta la confluencia con el río Santo Tomas; los principales ríos tributarios son: Chanchamayo, Oquero, Livitaca, Vellile y Santo Tomas por la margen izquierda, mientras que los ríos Huayllumayo y Salado por la margen derecha.

El río Urubamba, con una longitud aproximada de 862 km es el más importante de la región por el volumen de agua y la extensión del valle que concentra gran población en la región Andina. Nace en los deshielos del Nevado Cunurana, a 5443 msnm, con el nombre de río Vilcanota, atraviesa la meseta alta de Quequepampa y se dirige de sureste a noroeste, atravesando centros poblados como Marangani, Sicuani, Combapata, Quiquijana, Andahuaylillas, etc. Al pasar el Vilcanota por la ciudad de Urubamba, toma la denominación de este centro poblado, hasta confluir con el Tambo. Sus aguas discurren siempre de sureste a noroeste, hasta Quillabamba, donde cambia de suroeste a noreste, hasta confluir con el río Lares; allí forma una curva pronunciada con dirección este a oeste, hasta confluir con el río Consebidayoc y a partir de aquí fluye corre de sur a norte hasta confluir con los ríos Mishagua y Shepahua, cambiando de dirección luego toma un rumbo sureste-noroeste, hasta confluir con el Tambo.

El valle que forma el Urubamba y sus afluentes en la selva alta, aguas arriba del pongo de Mainique, es conocida con el nombre de Valle de la Convención.

En la región del Cusco se practica una agricultura extensiva con carencia de asistencia técnica; sin embargo, es una de las regiones con mayor potencial agrario; así en 1993 ocupó el segundo lugar en la producción de maíz blanco, tercero en soya y café y cuarto en trigo. Siendo el café y el té, productos de exportación.

Básicamente la actividad agropecuaria se desarrolla en tres zonas geográficas definidas, la primera en la zona quechua, la segunda en las provincias altas y la

tercera en la zona de la selva alta.

La zona quechua se encuentra principalmente en los alrededores de la ciudad del Cusco y se basa esencialmente en el cultivo de granos y cereales. Hay zonas especializadas en determinados productos, es así que Glave (1983), la denomina la subregión del maíz, integrada por Urubamba, Urquillos, Calca, Cusco, Quispicanchis, Canchis, Paucartambo (maíz morado y jora), Limatambo, Acomayo, Paruro y la pampa de Anta. El Trigo se cultiva principalmente en San Jerónimo, San Sebastián, Paruro, Chinchaypuquio (Anta), Calea y Urubamba. La cebada se encuentra principalmente en Paucartambo Anta; Canas y Chumbivilcas, Urubamba y Calca. La zona productora de papa se encuentra sobre todo en Paucartambo.

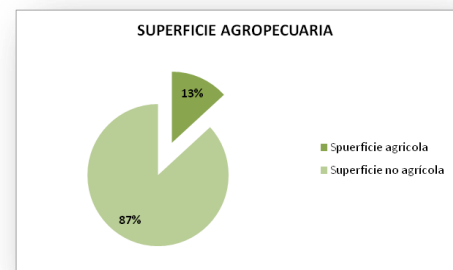
Las zonas altas son esencialmente ganaderas debido a la abundancia de pastos naturales. Abarca las provincias de Canchis, Canas, Chumbivilcas y Espinar, donde la crianza de camélidos americanos (llama, alpaca, etc.) es de suma importancia.

La zona de la selva alta, de clima húmedo y caluroso. Abarca la provincia de La Convención, Lares y Camantí (Paucartambo). En esa zona se cultiva el té, la caña de azúcar, el cacao, el palillo, el achiote, la canela y también la coca.

La estructura de la superficie agropecuaria, tamaño de las unidades agropecuarias, principales cultivos y población pecuaria de acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO), realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) se muestran en las tablas 2, 3 y 4.

**Tabla 2.** Estructura de la superficie agropecuaria

|                               | Superficie (ha)  | Porcentaje  |
|-------------------------------|------------------|-------------|
| <b>Total</b>                  | <b>2 763 668</b> |             |
| <b>Superficie Agrícola</b>    | <b>364 601</b>   | <b>13,2</b> |
| Bajo riego                    | 53 797           |             |
| Bajo seco                     | 310 804          |             |
| • Tierras de labranza         | 277 523,47       | 10,0        |
| • Cultivos permanentes        | 69 538,57        | 2,5         |
| • Cultivos asociados          | 17 539,37        | 0,6         |
| <b>Superficie no Agrícola</b> | <b>2 399 067</b> | <b>86,8</b> |
| • Pastos naturales            | 1 826 711        | 66,1        |
| Manejados                     | 30 108           |             |
| No manejados                  | 1 796 603        |             |
| • Montes y bosques            | 313 598          | 11,3        |
| • Otra clase de tierra        | 258 757          | 9,4         |



Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO)

La región de Cusco tiene 14 6437 unidades agropecuarias (UA) con 276 4718 ha. Solo el 13,2% de su superficie es agrícola.



**Tabla 3.** Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales

|  | <b>Unidad agropecuaria</b> | <b>Superficie (ha)</b> | <b>Porcentaje</b> |
|--|----------------------------|------------------------|-------------------|
| <b>Principales cultivos transitorios</b> | <b>122 245</b>             | <b>117 560</b>         |                   |
| Papa                                     | 72 278                     | 34 027                 | 28,9              |
| Maíz amiláceo                            | 52 617                     | 28 383                 | 24,1              |
| Trigo                                    | 20 732                     | 8 207                  | 7,0               |
| Cebada grano                             | 23 143                     | 8 906                  | 7,6               |
| Haba                                     | 34 086                     | 9 040                  | 7,7               |
| Avena forrajera                          | 1 746                      | 612                    | 0,5               |
| Cebada forrajera                         | 394                        | 171                    | 0,1               |
| <b>Principales cultivos permanentes</b>  | <b>24 354</b>              | <b>64 148</b>          |                   |
| Café                                     | 17 557                     | 34 696                 | 54,1              |
| Cacao                                    | 6 761                      | 11 900                 | 18,6              |
| Achiote                                  | 5 649                      | 7 231                  | 11,3              |
| Té                                       | 916                        | 1 729                  | 2,7               |
| <b>Pastos cultivados</b>                 | <b>1 643</b>               | <b>2 546</b>           |                   |
| Alfalfa                                  | 706                        | 364                    | 14,30             |
| Braquiaria o brachiaria                  | 218                        | 1 358                  | 53,34             |
| Rey grass                                | 673                        | 418                    | 16,42             |

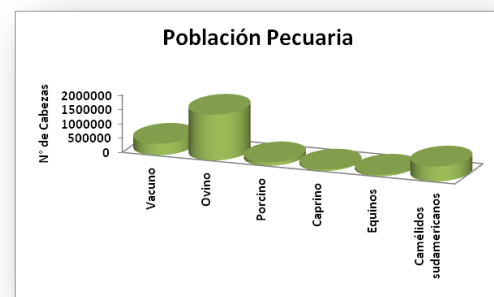
Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO)

La papa y el maíz amiláceo representan un mayor porcentaje de superficie agrícola con un 28,9 y 24,1 % respectivamente.

**Tabla 4.** Población pecuaria por especie de ganado

| <b>Especie de ganado</b> | <b>Unidad agropecuaria</b> | <b>Población</b> |
|--------------------------|----------------------------|------------------|
| Vacuno                   | 81 712                     | 405 508          |
| Ovino                    | 64 685                     | 1 599 979        |
| Porcino                  | 44 369                     | 122 167          |
| Caprino                  | 7 855                      | 51 761           |
| Equinos                  | 146 284                    | 56 170           |
| Camélidos sudamericanos  | 28 219                     | 524 675          |
| • Alpacas                | 11 541                     | 345 800          |
| • Llamas                 | 16 471                     | 178 000          |
| • Guanacos               | 207                        | 875              |

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO)



## 2.2 Zonas Priorizadas

### 2.2.1 Distrito de San Salvador

El distrito de San Salvador se encuentra ubicado sobre la cadena montañosa andina que corre de este a oeste, en la provincia de Calca de la región Cusco. Abarca una superficie de 120 807 ha, su posición geográfica está comprendida entre el paralelo: 13°30'17" de latitud Sur y el meridianos 65°46'30" de longitud Oeste y se encuentra entre 2500 y 4400 msnm.

Geomorfológicamente se distinguen tres zonas: La zona baja, constituida por tierras de alto potencial agrícola, ubicadas a manera de una franja delgada en ambas bandas del río Vilcanota, cuyo ancho varía entre los 200 a 1000 metros. La zona intermedia, se caracteriza por el incremento gradual de las pendientes, la mayor parte del territorio del distrito tiene esta condición (70%); en esta zona se desarrolla la agricultura de cultivos andinos bajo el sistema de rotación colectiva temporal así como actividades de pastoreo. En la zona alta, la topografía está conformada por altiplanicies cubiertas de pastos, con ligeras ondulaciones y afloraciones rocosas.

El clima es variado y marcadamente diferenciado entre la zona baja y la zona alta. En esta última, el clima es frígido con una alta variación entre el día y la noche, y en la zona baja, el clima es más bien templado, con variaciones climáticas menores.

Según la clasificación de zonas de vida de Pulgar Vidal, el territorio del distrito se distribuye entre tres zonas de vida: zona Quechua con el 25,5%, zona Suni con el 24% y zona Puna con el 50,5% del territorio.

El sistema hidrológico del distrito es parte de la cuenca del río Vilcanota, que atraviesa al distrito de sureste a noroeste en una extensión de 55 km, con 9 tributarios, de los cuales 7 por la margen derecha y 2 por la margen izquierda. Destaca la microcuenca de Chuecamayo, porque es la más grande y en su entorno se han formado numerosas poblaciones.

La economía del distrito está sustentada fundamentalmente en la actividad agrícola, ganadera y de manera complementaria y en pequeña escala, de otras actividades como el comercio y la artesanía.

La estructura de la superficie agropecuaria, tamaño de las unidades agropecuarias y principales cultivos de acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO), realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para el distrito de San Salvador, se muestran en las **tablas 5 y 6**.

**Tabla 5.** Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de San salvador

|                               | Superficie (ha) | Porcentaje  |
|-------------------------------|-----------------|-------------|
| <b>Total</b>                  | <b>7 827,06</b> |             |
| <b>Superficie agrícola</b>    | <b>1 593,85</b> | <b>20,4</b> |
| Bajo riego                    | 460,72          |             |
| Bajo seco                     | 1 133,14        |             |
| • Tierras de labranza         | 1 511,6         | 19,3        |
| • Cultivos permanentes        | 82,2            | 1,1         |
| • Cultivos asociados          | 0,1             | 0,001       |
| <b>Superficie no agrícola</b> | <b>6 233,19</b> | <b>79,6</b> |
| • Pastos naturales            | 5 158,25        | 65,9        |
| Pastos manejados              | 26,56           |             |
| Pastos no manejados           | 5 131,69        |             |
| • Montes y bosques            | 233,11          | 3,0         |
| • Otra clase de tierra        | 841,82          | 10,8        |

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO)

La superficie agrícola es de 7827,06 ha, representa el 20,4% de la superficie del distrito, de estas 460,72 ha son con riego principalmente en la zona baja y 1133,14 ha sin riego donde se desarrolla agricultura en seco, principalmente en la zona de ladera y alta. La superficie no agrícola representa el 79,6% de la superficie, siendo el mayor porcentaje la de pastos naturales.

**Tabla 6.** Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de San Salvador

|  | Unidad agropecuaria | Superficie (ha) | Porcentaje |
|--|---------------------|-----------------|------------|
| <b>Principales cultivos transitorios</b> | 981                 | 758,11          |            |
| Maíz amiláceo                            | 465                 | 355,42          | 46,9       |
| Papa                                     | 581                 | 226,07          | 29,8       |
| Cebada grano                             | 134                 | 47,02           | 6,2        |
| Haba                                     | 181                 | 36,66           | 4,8        |
| Trigo                                    | 52                  | 15,38           | 2,0        |
| Principales cultivos perennes            | 7                   | 2,35            | 0,3        |
| Frutales                                 | 6                   | 2,25            | 0,3        |

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO)

Los cultivos con mayor superficie sembrada son: maíz con el 46,9%, seguida de la papa con el 29,8%. El cultivo que se incrementó significativamente el año 2003 fue la kiwicha con 17,63% de área cultivada.



*Vistas de la topografía y zonas agrícolas del distrito de San Salvador*

## 2.2.2 Distrito de Marangani

El distrito de Marangani se encuentra en la cuenca del río Vilcanota, en la región Cusco, abarcando una superficie de 452,56 km<sup>2</sup>, su posición geográfica está comprendida entre el Paralelo: 14°21'15" de latitud Sur y el meridianos 71°10'03" de longitud oeste y latitudinalmente se ubica entre 3500 y 5000 msnm.

El distrito es atravesado de sur a norte por el río Vilcanota que nace en la Raya, al pie del nevado Hatun Ccocha a una altura de 4 518 msnm., discurriendo sus aguas en dirección sur a norte.

Su fisiografía muy irregular da origen a diferentes paisajes, la ONERN (1986) identifica 4 tipos de paisajes mayores: Paisaje aluvial, paisaje de lomada y colina, paisaje montañoso y paisaje de cimas y laderas de montaña, predominando el paisaje montañoso.

Su economía se basa en las actividades pecuarias, agrícolas y artesanía.

La estructura de la superficie agropecuaria, tamaño de las unidades agropecuarias y principales cultivos de acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO), realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para el distrito de San Salvador, se muestran en las **tablas 7 y 8**.

**Tabla 7.** Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de Marangani

|                               | Superficie (ha)  | Porcentaje  |
|-------------------------------|------------------|-------------|
| <b>Total</b>                  | <b>42 061,84</b> |             |
| <b>Superficie Agrícola</b>    | <b>1 454,72</b>  | <b>3,5</b>  |
| Bajo riego                    | 966,41           |             |
| Bajo Seco                     | 488,32           |             |
| • Tierras de labranza         | 1 399,82         | 3,3         |
| • Cultivos permanentes        | 18,48            | 0,04        |
| • Cultivos asociados          | 36,42            | 0,09        |
| <b>Superficie no Agrícola</b> | <b>40 607,13</b> | <b>96,5</b> |
| • Pastos Naturales            | 36 641,06        | 87,1        |
| Pastos manejados              | 773,98           |             |
| Pastos no manejados           | 35 867,08        |             |
| • Montes y bosques            | 587,14           | 1,4         |
| • Otra clase de tierra        | 3 378,91         | 8,0         |

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO)

De un total de 42 061,84 ha, sólo 1 454,72 ha (3,5 %) son aptas para el desarrollo agrícola, de las cuales 966,41 ha son tierras bajo riego y se encuentran principalmente en el valle, mientras que las tierras de cultivo en seco son 488,32 ha. La superficie no agrícola es 40 607,13 ha (96,5%), de los cuales el 87,1 % son de pastos naturales.

Los principales cultivos son: habas, trigo, papa, cebada, maíz, arvejas. Siendo el cultivo de haba el más importante con una superficie de 347,09 ha.

**Tabla 8.** Tamaño de unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de Marangani

|  | Unidad agropecuaria | Superficie (ha) | Porcentaje |
|--|---------------------|-----------------|------------|
| <b>Principales cultivos transitorios</b> | <b>2073</b>         | <b>962,61</b>   |            |
| Avena grano                              | 88                  | 8,99            | 0,9        |
| Cebada grano                             | 488                 | 78,7            | 8,18       |
| Maíz amiláceo                            | 139                 | 12,07           | 1,25       |
| Quinua                                   | 56                  | 12,6            | 1,3        |
| Trigo                                    | 1 500               | 263,92          | 27,4       |
| Arveja (alberjon)                        | 32                  | 2,76            | 0,3        |
| Haba                                     | 1 849               | 347,09          | 36,1       |
| Papa                                     | 1 024               | 184,59          | 19,2       |
| <b>Pastos Cultivados</b>                 | <b>37</b>           | <b>18,26</b>    |            |
| Alfalfa                                  | 21                  | 9,03            | 49,5       |
| Rey grass                                | 16                  | 9,23            | 50,5       |

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO)



*Vistas de la topografía y zona agrícola del distrito de Marangani*

### **2.2.3 Microcuenca de Huacrahuacho**

La microcuenca Huacrahuacho se encuentra ubicada entre los distritos de Checca y Kunturkanqui, provincia de Canas de la región Cusco. Geográficamente se sitúa entre los paralelos 14°45'00" y 14°63'00" de latitud Sur y los meridianos 71° 17'00" y 71°46'00" de longitud Oeste. La altitud de microcuenca varía entre 3750 y 4700 msnm.

Morfológicamente su territorio está ubicado dentro del paisaje de alta montaña, con predominancia de superficies planas a onduladas de origen lacustre, terrazas de origen aluvial o coluvio-aluvial.

Hidrográficamente la microcuenca de Huacrahuacho se encuentra ubicada en la margen derecha de la cuenca del río Apurímac, con 40,07 km de longitud y 258,97 km<sup>2</sup> superficie.

Ecológicamente, presenta 3 zonas de vida, siendo la más representativa el Páramo muy húmedo Subalpino Subtropical (pmh-SaS, Holdridge, L), cubre el territorio con una cobertura vegetal que posibilita el desarrollo de las actividades productivas como la agricultura y ganadería.

La microcuenca se caracteriza por su aptitud agropecuaria, predominando la actividad pecuaria, principalmente la crianza de vacunos, ovinos, alpacas y cuyes.

Esta actividad viene incrementando el cultivo de forrajes, que se generaliza cada vez más.

La estructura de la superficie agropecuaria, tamaño de las unidades agropecuarias y principales cultivos de acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO), realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para los distritos de Kunturkanki y Checca que conforman la microcuenca, se muestran en las **tablas 9 y 10**.

**Tabla 9.** Estructura de la superficie agropecuaria de los distritos de Kunturkanki y Checca

|                               | Kunturkanki     |             | Checca          |             |
|-------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
|                               | Superficie (ha) | Porcentaje  | Superficie (ha) | Porcentaje  |
| <b>Total</b>                  | <b>35415,28</b> |             | <b>34954,55</b> |             |
| <b>Superficie agrícola</b>    | <b>1494,1</b>   | <b>4,2</b>  | <b>1599,97</b>  | <b>4,6</b>  |
| Bajo riego                    | 68,07           |             | 3,77            |             |
| Bajo Seco                     | 1426,03         |             | 1596,20         |             |
| • Tierras de labranza         | 1454,03         | 4,10        | 1598,82         | 4,6         |
| • Cultivos permanentes        | 15,82           | 0,04        | 0,05            | 0,00014     |
| • Cultivos asociados          | 24,25           | 0,07        | 1,10            | 0,00315     |
| <b>Superficie no agrícola</b> | <b>33921,18</b> | <b>95,8</b> | <b>33354,6</b>  | <b>95,4</b> |
| • Pastos Naturales            | 32346,48        | 91,3        | 23832,08        | 68,2        |
| Pastos manejados              | 1499,65         |             | 845,21          |             |
| Pastos no manejados           | 30846,83        |             | 22986,88        |             |
| • Montes y bosques            | 47,55           | 0,1         | 36,70           | 0,1         |
| • Otra clase de tierra        | 1527,15         | 4,3         | 9485,83         | 27,1        |

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO)

La superficie agrícola en Kunturkanki es de 1494,1 ha, representa el 4,2% de la superficie del distrito; 68,07 ha son conducidos bajo riego y 1426,03 ha sin riego donde se desarrolla agricultura en secano. La superficie no agrícola representa el 95,8% de la superficie, siendo el mayor porcentaje la de pastos naturales (91,3%).

La superficie agrícola en Checca es de 1599,97 ha, representa el 4,6% de la superficie del distrito, de ésta 3,77 ha son con riego y 1596,2 ha sin riego donde se desarrolla agricultura en secano. La superficie no agrícola representa el 95,4%, siendo el mayor porcentaje la de pastos naturales (68,2%).

Los cultivos de mayor superficie sembrados en Kunturkanki son: papa, 48,0% de área cultivada, seguida por la avena forrajera (19,7%) y cañihua (12,4%). En Checca el cultivo con mayor superficie sembrada es la papa (55,3%), seguida por la cebada grano con 21,2%.

**Tabla 10.** Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales de los distritos de Kunturkanki y Checca

|                              | Unidad agropecuaria | Superficie (ha) | Porcentaje | Unidad Agropecuaria | Superficie (ha) | Porcentaje |
|------------------------------|---------------------|-----------------|------------|---------------------|-----------------|------------|
| <b>Cultivos transitorios</b> | <b>1 161</b>        | <b>472,70</b>   |            | <b>1 059</b>        | <b>497,85</b>   |            |
| Papa                         | 1 134               | 226,83          | 48,0       | 1 053               | 275,07          | 55,3       |
| Avena forrajera              | 401                 | 93,02           | 19,7       | 20                  | 2,80            | 0,6        |
| Avena grano                  |                     |                 |            | 285                 | 29,88           | 6,0        |
| Cañihua                      | 545                 | 58,82           | 12,4       | 563                 | 42,69           | 8,6        |
| Cebada grano                 | 374                 | 42,50           | 9,0        | 660                 | 105,52          | 21,2       |
| Quinua                       | 138                 | 13,99           | 3,0        |                     |                 |            |
| Haba                         | 109                 | 13,49           | 2,9        | 73                  | 2,58            | 0,5        |
| Trigo                        | 31                  | 4,61            | 1,0        | 76                  | 6,20            | 1,2        |
| <b>Pastos cultivados</b>     | <b>23</b>           | <b>15,70</b>    |            |                     |                 |            |
| Rey grass                    | 21                  | 15,50           | 98,7       |                     |                 |            |

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994 (III CENAGRO)



*Vistas de la topografía y zona agrícola de la microcuenca de Huacrahuacho*



### III. OBJETIVOS

#### Objetivo general

Realizar la caracterización agroclimática de los cultivos significativos para la seguridad alimentaria de zonas priorizadas de la región Cusco, y evaluar el impacto de la variabilidad y cambio climático a través de percepciones locales.

#### Objetivos Específicos

##### **Objetivo Específico 1:**

Establecer la caracterización agrícola de los cultivos priorizados

##### **Objetivo Específico 2:**

Caracterizar agroclimáticamente la región Cusco y las zonas priorizadas.

##### **Objetivo Específico 3:**

Evaluar a través de percepciones locales el impacto de la variabilidad y cambio climático, así como medidas de adaptación actual en las zonas priorizadas.

##### **Objetivo Específico 4:**

Determinar la aptitud agroclimática para las zonas priorizadas.

### IV. METODOLOGÍA

#### 4.1 Base de Datos

##### 4.1.1 Climática

Para la caracterización se ha utilizado las series históricas diarias de la red estaciones meteorológicas del SENAMHI ubicadas en la región Cusco, de los parámetros climáticos: humedad relativa, horas de sol, precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima y velocidad de viento. El récord de información meteorológica utilizada corresponde al período 1964-2009. La relación y su distribución espacial se presentan en la **tabla 11** y el **mapa 2** respectivamente.

La región Cusco cuenta con los registros de 40 estaciones meteorológicas, de las cuales, actualmente veinte están operativas.

Para la caracterización agroclimática de las zonas priorizadas se utilizó la información meteorológica de las siguientes estaciones:

| Localidades  | Estaciones Meteorológicas |
|--|---------------------------|
| Valle Sagrado (distrito de San Salvador)                                       | Pisac y Caycay            |
| Distrito de Marangani en la provincia de Canchis.                              | Sicuani                   |
| Microcuenca Huacrahuacho, (distritos Checca y Kunturkanki, provincia de Canas) | Yauri                     |

Si bien las series de tiempo con las que se cuenta superan en su mayoría los 15 años, en mayor o menor medida, no tienen continuidad en el registro de una o más variables, y en algunos casos con intervalos alternos. A fin de asegurar lo más posible un periodo confiable, continuo y estadísticamente representativo, se realizó el control de calidad primario y secundario.

La información climática básica es parte del estudio: “Caracterización climática de las regiones de Cusco y Apurímac”. Información que pasó por un control de calidad primario y secundario. El control de calidad primario se realizó en dos fases: la primera fase en forma automatizada, aplicando criterios meteorológicos y estadísticos generales de control de calidad. La segunda fase consistió en realizar la prueba de Homogeneidad de las series, para ello se realizó primero la prueba F-Fisher de homogeneidad de varianzas y segundo la prueba t-student de homogeneidad de medias. Si la prueba estadística t-student concluye que existe homogeneidad, entonces la serie es consistente y por lo tanto el parámetro analizado es validado. En caso contrario, antes de desechar la información, se verificó si la inhomogeneidad obedece a un factor artificial o real. El control de calidad secundario consistió en la verificación manual de datos dudosos en las planillas meteorológicas y la corrección de unidades (SENAMHI, 2010).

#### 4.1.2 Agrícola

La información estadística sobre la producción, rendimiento, así como el área sembrada de los cultivos priorizados provienen de la Dirección Regional Agraria (DRA) de Cusco, y corresponde a las campañas agrícolas 1999 al 2009 para los cultivos de la región Cusco. El nivel de detalle es a nivel distrital y mensual para la variable de producción y área sembrada; para el rendimiento es a nivel distrital y anual.

Para la caracterización agroclimática de las zonas priorizadas se utilizó la información agrícola por cultivo de las siguientes agencias agrarias:

| Localidades  | Agencia agraria                                     |
|--|---|
| Distrito de San Salvador (Valle Sagrado)                                       | San salvador<br>(maíz, papa y haba)                 |
| Distrito de Marangani en la provincia de Canchis.                              | Sicuani<br>(papa, maíz, habas y trigo-cebada)       |
| Microcuenca Huacrahuacho, (distritos Checca y Kunturkanki, provincia de Canas) | Checca y Kunturkanki<br>(Cebada y pastos naturales) |

**Tabla 11.** Relación de estaciones meteorológicas y récord de información de la región Cusco

| Estación      | Provincia     | Distrito     | Longitud  | Latitud   | Altitud (m) | Parámetro | Período |      | Total |
|---------------|---------------|--------------|-----------|-----------|-------------|-----------|---------|------|-------|
|               |               |              |           |           |             |           | Inicio  | Fin  |       |
| Acomayo       | Acomayo       | Acomayo      | 71° 41'1  | 13° 55'1  | 3160        | Hr        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Hs        | 2003    | 2009 | 7     |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Tmín      | 1964    | 2009 | 46    |
| Anta          | Anta          | Zurite       | 72° 12'57 | 13° 28'6  | 3340        | Vv        | 1965    | 2009 | 45    |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Tmáx      | 1992    | 2009 | 18    |
|               |               |              |           |           |             | Tmín      | 1992    | 2009 | 18    |
| Calca         | Calca         | Lamay        | 71° 57'1  | 13° 20'1  | 2926        | Vv        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 1965    | 1998 | 34    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1965    | 1998 | 34    |
|               |               |              |           |           |             | Tmáx      | 1965    | 1998 | 34    |
|               |               |              |           |           |             | Tmín      | 1965    | 1998 | 34    |
| Caycay        | Paucartambo   | Caycay       | 71° 42'1  | 13° 36'1  | 3150        | Vv        | 1965    | 1996 | 32    |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 1999    | 2009 | 11    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Tmáx      | 1999    | 2009 | 11    |
|               |               |              |           |           |             | Tmín      | 1999    | 2009 | 11    |
| Ccatcca       | Quispicanchi  | Ccatcca      | 71° 33'37 | 13° 36'36 | 3729        | Vv        | 2002    | 2009 | 8     |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Tmín      | 1964    | 2009 | 46    |
| Challabamba   | Paucartambo   | Challabamba  | 71° 43'0  | 13° 06'0  | 2518        | Vv        | 1965    | 2009 | 45    |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 2000    | 2009 | 10    |
|               |               |              |           |           |             | Hs        | 2000    | 2009 | 10    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 2000    | 2009 | 10    |
|               |               |              |           |           |             | Tmáx      | 2000    | 2009 | 10    |
| Chitapampa    | Calca         | Coya         | 71° 58'29 | 13° 24'54 | 3600        | Tmín      | 2000    | 2009 | 10    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 1999 | 36    |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 2000    | 2009 | 10    |
|               |               |              |           |           |             | Hs        | 2000    | 2009 | 10    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 2000    | 2009 | 10    |
| Chontachaca   | Paucartambo   | Kosñipata    | 71° 28'4  | 13° 01'26 | 982         | Tmáx      | 2000    | 2009 | 10    |
|               |               |              |           |           |             | Tmín      | 2000    | 2009 | 10    |
|               |               |              |           |           |             | Vv        | 2000    | 2009 | 10    |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 1964    | 1978 | 15    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 1978 | 15    |
| Cirialo       | La convención | Echarate     | 73° 11'1  | 12° 43'1  | 900         | Tmáx      | 1966    | 1978 | 13    |
|               |               |              |           |           |             | Tmín      | 1966    | 1978 | 13    |
|               |               |              |           |           |             | Vv        | 1966    | 1978 | 13    |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 2001    | 2009 | 9     |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
| Colquepata    | Paucartambo   | Colquepata   | 71° 40'24 | 13° 21'48 | 3729        | Tmáx      | 2001    | 2009 | 9     |
|               |               |              |           |           |             | Tmín      | 2001    | 2009 | 9     |
|               |               |              |           |           |             | Vv        | 2001    | 2009 | 9     |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 1964    | 1997 | 34    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 1997 | 34    |
| Combapata     | Canchis       | Combapata    | 71° 26'0  | 14° 06'0  | 3464        | Tmáx      | 1967    | 1982 | 16    |
|               |               |              |           |           |             | Tmín      | 1967    | 1982 | 16    |
|               |               |              |           |           |             | Vv        | 1965    | 1995 | 31    |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 1964    | 1981 | 18    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 1981 | 18    |
| Echarate      | La convención | Echarate     | 72° 40'1  | 12° 47'1  | 667         | Hr        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Hs        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Tmín      | 1964    | 2009 | 46    |
| Granja kcayra | Cusco         | San Jerónimo | 71° 52'30 | 13° 33'24 | 3219        | Vv        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Hr        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Hs        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|               |               |              |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 2009 | 46    |
| Huachibamba   | Calca         | Lares        | 72° 06'1  | 13° 03'1  | 2900        | Pp        | 1964    | 1978 | 15    |

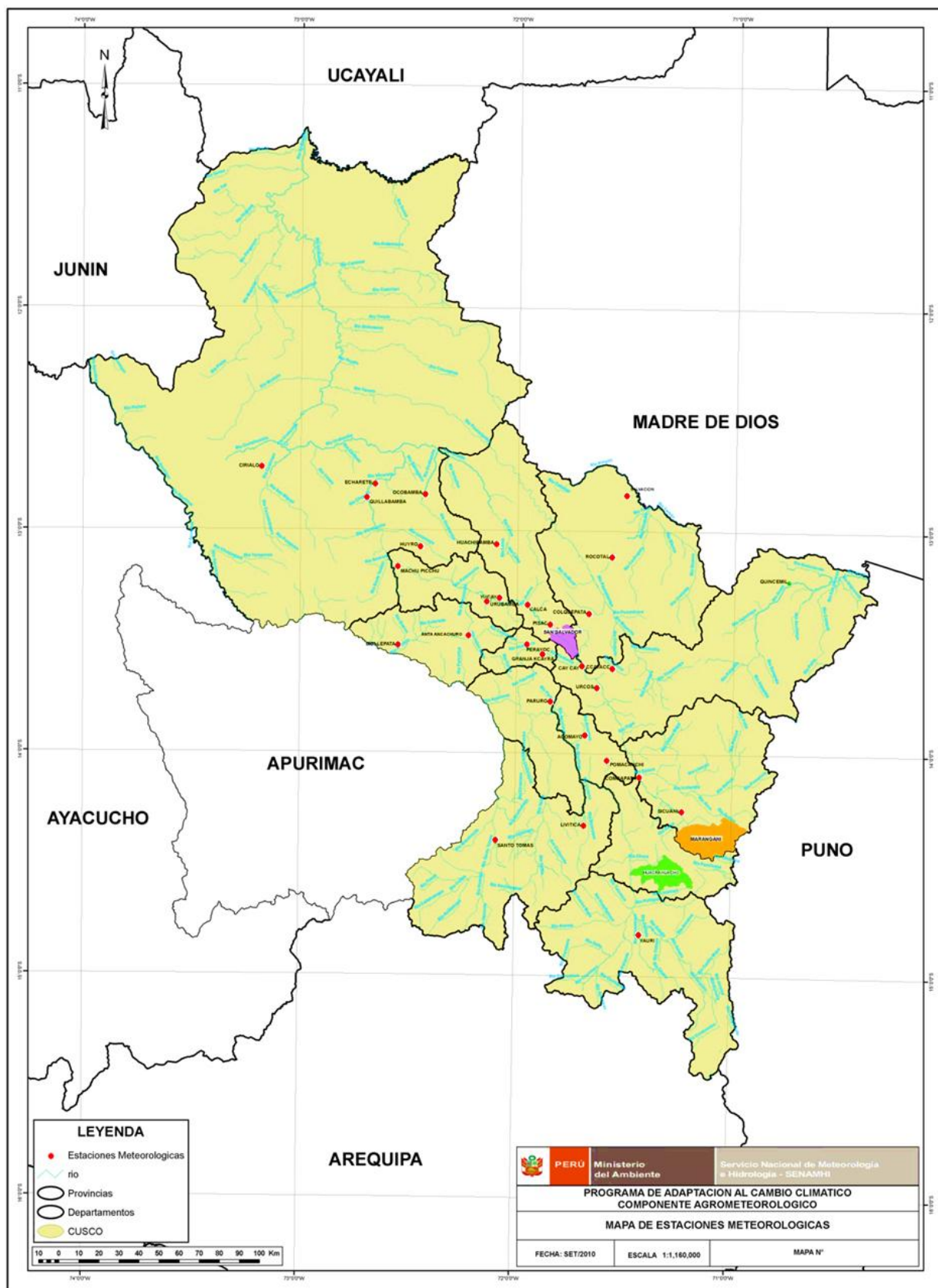
| Estación     | Provincia     | Distrito      | Longitud  | Latitud   | Altitud (m) | Parámetro | Período |      | Total |
|--------------|---------------|---------------|-----------|-----------|-------------|-----------|---------|------|-------|
|              |               |               |           |           |             |           | Inicio  | Fin  |       |
| Huayllapampa | Quispicanchi  | Ccarhuayo     | 71° 26'1  | 13° 34'1  | 3230        | Hr        | 1981    | 1987 | 7     |
|              |               |               |           |           |             | Hs        | 1981    | 1987 | 7     |
|              |               |               |           |           |             | Pp        | 1981    | 1987 | 7     |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1981    | 1987 | 7     |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1981    | 1987 | 7     |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1981    | 1987 | 7     |
| Huyro        | La convención | Huayopata     | 72° 27'1  | 13° 04'1  | 1700        | Hr        | 1964    | 1981 | 18    |
|              |               |               |           |           |             | Pp        | 1964    | 1981 | 18    |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 1981 | 18    |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1964    | 1981 | 18    |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1964    | 1981 | 18    |
| Livitaca     | Chumbivilcas  | Livitaca      | 71° 41'1  | 14° 19'1  | 3741        | Pp        | 1964    | 1983 | 20    |
| Machupicchu  | Urubamba      | Machupicchu   | 72° 32'45 | 13° 10'1  | 2563        | Hr        | 1998    | 2009 | 12    |
|              |               |               |           |           |             | Hs        | 1998    | 2009 | 12    |
|              |               |               |           |           |             | Pp        | 1998    | 2009 | 12    |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1998    | 2009 | 12    |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1998    | 2009 | 12    |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1999    | 2009 | 11    |
| Maranura     | La convención | Maranura      | 72° 40'1  | 12° 57'1  | 1500        | Hr        | 1970    | 1978 | 9     |
|              |               |               |           |           |             | Pp        | 1970    | 1978 | 9     |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1970    | 1978 | 9     |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1970    | 1978 | 9     |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1970    | 1978 | 9     |
| Mollepata    | Anta          | Mollepata     | 72° 33'1  | 13° 31'1  | 2803        | Hr        | 1964    | 1978 | 15    |
|              |               |               |           |           |             | Pp        | 1964    | 1978 | 15    |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 1978 | 15    |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1964    | 1978 | 15    |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1965    | 1978 | 14    |
| Ocobamba     | La convención | Ocobamba      | 72° 26'1  | 12° 50'1  | 1900        | Hr        | 1964    | 1983 | 20    |
|              |               |               |           |           |             | Pp        | 1964    | 1983 | 20    |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 1983 | 20    |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1964    | 1983 | 20    |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1965    | 1983 | 19    |
| Ocongate     | Quispicanchi  | Ccarhuayo     | 71° 24'1  | 13° 38'1  | 3972        | Pp        | 1964    | 1970 | 7     |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 1970 | 7     |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1964    | 1970 | 7     |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1965    | 1970 | 6     |
|              |               |               |           |           |             | Hr        | 1964    | 2009 | 46    |
| Paruro       | Paruro        | Paruro        | 71° 50'41 | 13° 46'3  | 3084        | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 2009 | 46    |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1964    | 2009 | 46    |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1965    | 2009 | 45    |
|              |               |               |           |           |             | Hr        | 1964    | 2009 | 46    |
| Paucartambo  | Paucartambo   | Paucartambo   | 71° 35'26 | 13° 19'28 | 3042        | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 2009 | 46    |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1964    | 2009 | 46    |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1964    | 2009 | 46    |
|              |               |               |           |           |             | Hs        | 1964    | 1971 | 8     |
| Perayoc      | Cusco         | San Sebastián | 71° 57'1  | 13° 31'1  | 3365        | Pp        | 1964    | 1971 | 8     |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 1971 | 8     |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1964    | 1971 | 8     |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1964    | 1971 | 8     |
|              |               |               |           |           |             | Hr        | 1964    | 1989 | 26    |
| Pilcopata    | Quispicanchi  | Camanti       | 71° 01'1  | 13° 05'1  | 900         | Pp        | 1964    | 1989 | 26    |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 1989 | 26    |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1964    | 1989 | 26    |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1964    | 1989 | 26    |
|              |               |               |           |           |             | Hr        | 1997    | 2009 | 13    |
| Pisac        | Calca         | Pisac         | 71° 50'59 | 13° 24'58 | 2950        | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1997    | 2009 | 13    |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1997    | 2009 | 13    |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1997    | 2009 | 13    |
|              |               |               |           |           |             | Hr        | 1985    | 2009 | 25    |
| Pomacanchi   | Acomayo       | Acopia        | 71° 34'22 | 14° 01'41 | 3200        | Pp        | 1985    | 2009 | 25    |
|              |               |               |           |           |             | Tmáx      | 1985    | 2009 | 25    |
|              |               |               |           |           |             | Tmín      | 1985    | 2009 | 25    |
|              |               |               |           |           |             | Vv        | 1985    | 2009 | 25    |
|              |               |               |           |           |             | Hr        | 1985    | 2009 | 25    |

| Estación          | Provincia     | Distrito    | Longitud  | Latitud   | Altitud (m) | Parámetro | Período |      | Total |
|-------------------|---------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|---------|------|-------|
|                   |               |             |           |           |             |           | Inicio  | Fin  |       |
| Quebrada Yanatile | Calca         | Yanatile    | 72° 17'1  | 12° 41'1  | 1200        | Hr        | 1999    | 2009 | 11    |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1999    | 2009 | 11    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 1999    | 2009 | 11    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 1999    | 2009 | 11    |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 1999    | 2009 | 11    |
| Quillabamba       | La convención | Santa Ana   | 72° 41'31 | 12° 51'22 | 990         | Hr        | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Hs        | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 1968    | 2009 | 42    |
| Quincemil         | Quispicanchi  | Camanti     | 70° 45'1  | 13° 13'1  | 651         | Hr        | 1997    | 2009 | 13    |
|                   |               |             |           |           |             | Hs        | 1997    | 2009 | 13    |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1997    | 2009 | 13    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 1997    | 2009 | 13    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 1997    | 2009 | 13    |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 1997    | 2009 | 13    |
| Santo tomas       | Chumbivilcas  | Santo tomas | 72° 05'19 | 14° 23'58 | 3253        | Hr        | 1999    | 2009 | 11    |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1999    | 2009 | 11    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 2003    | 2009 | 7     |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 2001    | 2009 | 9     |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 2000    | 2009 | 10    |
| Sicuani           | Canchis       | Sicuani     | 71° 14'14 | 14° 15'13 | 3574        | Hr        | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 1964    | 2009 | 46    |
| Teresita          | La convención | Pichari     | 73° 48'1  | 12° 33'1  | 650         | Pp        | 1964    | 1969 | 6     |
| Urcos             | Quispicanchi  | Urcos       | 71° 38'1  | 13° 42'1  | 3149        | Hr        | 1964    | 1981 | 18    |
|                   |               |             |           |           |             | Hs        | 1964    | 1981 | 18    |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1964    | 1981 | 18    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 1967    | 1981 | 15    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 1967    | 1981 | 15    |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 1964    | 1981 | 18    |
| Urubamba          | Urubamba      | Urubamba    | 72° 07'26 | 13° 18'38 | 2863        | Hr        | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Hs        | 1986    | 2009 | 24    |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 1964    | 2009 | 46    |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 1964    | 2009 | 46    |
| Vilcabamba        | La convención | Vilcabamba  | 73° 01'1  | 13° 07'1  | 4000        | Hr        | 1964    | 1970 | 7     |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1964    | 1970 | 7     |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 1964    | 1970 | 7     |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 1964    | 1970 | 7     |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 1965    | 1970 | 6     |
| Yauri             | Espinar       | Espinar     | 71° 25'1  | 14° 49'1  | 3927        | Hr        | 1992    | 2009 | 18    |
|                   |               |             |           |           |             | Hs        | 2000    | 2009 | 10    |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1992    | 2009 | 18    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 1992    | 2009 | 18    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 1992    | 2009 | 18    |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 1993    | 2009 | 17    |
| Yucay             | Urubamba      | Yucay       | 72° 05'1  | 13° 18'1  | 2940        | Hr        | 1971    | 1983 | 13    |
|                   |               |             |           |           |             | Hs        | 1968    | 1983 | 16    |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1968    | 1983 | 16    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 1968    | 1983 | 16    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 1968    | 1983 | 16    |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 1968    | 1983 | 16    |
| Zurite            | Anta          | Zurite      | 72° 16'1  | 13° 28'1  | 3391        | Hr        | 1964    | 1983 | 20    |
|                   |               |             |           |           |             | Pp        | 1964    | 1983 | 20    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmáx      | 1972    | 1983 | 12    |
|                   |               |             |           |           |             | Tmín      | 1972    | 1983 | 12    |
|                   |               |             |           |           |             | Vv        | 1969    | 1983 | 15    |

Hr Humedad relativa  
Hs Horas de sol  
Pp Precipitación

Tmáx Temperatura máxima  
Tmín Temperatura mínima  
Vv Velocidad de viento

**Mapa 2.** Distribución espacial de la estaciones meteorológicas



## 4.2 Caracterización Agrícola

### 4.2.1 Requerimientos Agroclimáticos y Edáficos

Se recopiló y consolidó la información bibliográfica existente sobre los requerimientos agroclimáticos y edafológicos de los cultivos priorizados, los mismos que fueron evaluados por el equipo técnico de la Dirección General de Agrometeorología del SENAMHI y validada en campo a través de encuestas a los agricultores y especialistas de la zona.

Se determinaron los siguientes parámetros agroclimáticos y edafológicos para los cultivos priorizados: altitud, temperatura óptima<sup>1</sup>, temperatura umbral<sup>2</sup>, precipitación, fotoperiodo, textura, pH, materia orgánica, y profundidad.

### 4.2.2 Fenología de cultivos

La fenología es el estudio de las fases<sup>3</sup> de la vida de las plantas y animales en relación con el tiempo y clima (OMM, 2004 citado por López 2004); es el estudio de la influencia del medio ambiente físico sobre los seres vivos (SENAMHI, 2009). Estos factores del medio ambiente físico son: temperatura, precipitación, fotoperiodo, ubicación geográfica y la altitud que tienen una influencia directa en la aparición de las diferentes fases o estados vegetativos y los procesos fisiológicos en las plantas (Estrada y Bravo, 2010).

#### Fases y etapas fenológicas

Las fases fenológicas se definen como el periodo durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. También se define como el tiempo de una manifestación biológica. Mientras que una etapa fenológica está delimitada por dos fases fenológicas sucesivas. El estudio de las etapas fenológicas nos permite evaluar la velocidad de crecimiento y desarrollo de las plantas a través de sus diferentes fases. (SENAMHI, 2009)

#### Etapas y fases fenológicas para los cultivos priorizados

Tomando en consideración las fases fenológicas establecidos por los diferentes autores, para cada uno de los cultivos priorizados, se establecieron las etapas y fases fenológicas siguientes: vegetativa<sup>4</sup>, reproductiva<sup>5</sup> y maduración<sup>6</sup>.

1 Es la temperatura a la cual el proceso fisiológico se realiza con máxima eficiencia y velocidad.

2 Es la temperatura por debajo o por encima del cual el proceso fisiológico se detiene. No se refiere a la temperatura crítica, donde la planta puede sufrir daños irreversibles (muerte).

3 Cada uno de los distintos estados sucesivos que atraviesa la planta para llegar a su desarrollo final.

4 Es la etapa en el desarrollo de planta que se caracteriza por ser acumulativo, acumulación de la materia seca, reservas y órganos vegetativos (tallos, hojas, etc.), según algunos autores esta etapa abarca desde la siembra y termina cuando aparecen los órganos reproductivos (botón floral, panoja, flores, etc.). Las fases importantes que ocurren dentro de esta etapa son: germinación, aparición de hojas, tallos, entre otros.

5 Es la etapa de la planta en la cual se desarrollan los órganos reproductivos, botones florales y flores, etc. Se caracteriza por que la generación de nuevos órganos vegetativos se detiene, aunque puede seguir la elongación de algunos órganos vegetativo. En esta etapa ocurren las fases importantes, tales como floración masculina, femenina, polinización, entre otros. La etapa reproductiva comienza con la aparición de los reproductivos y finaliza cuando con la polinización y el inicio de crecimiento del fruto o semilla.

6 Es la etapa de la planta en la cual ocurre el proceso de translocación de las reservas hacia el fruto o semilla y los cambios bioquímicos subsiguientes independientes del mecanismo de control de la planta (degenerativo) Esta etapa comienza después de la polinización y el inicio de crecimiento del fruto o semilla y finaliza cuando la semilla está completamente madura (independiente). En caso de las plantas en las cuales el órgano de reserva constituyen los rizomas, raíces o tubérculos no necesariamente sigue este proceso para la acumulación de sus reservas.

La etapa vegetativa abarca las subetapas: siembra-emergencia y emergencia-botón floral (en caso de la papa, habas y alfalfa), para los cereales se considera panoja o espiga. La etapa reproductiva abarca desde botón floral hasta la floración, panoja o inicio de crecimiento de vainas (en caso de alfalfa y habas). La etapa de maduración abarca desde la floración o inicio de crecimiento de vainas hasta la madurez final.

Para la definición de las fases fenológicas de los cultivos se realizaron búsquedas y consultas bibliográficas diversas, las mismas que fueron evaluadas por parte de especialistas del SENAMHI y en campo con especialistas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) los Andes del Cusco.

### 4.2.3 Uso actual del Suelo

El uso actual del suelo es el resultado de las interacciones de los factores físicos o naturales con los factores humanos o culturales como consecuencia de las actividades económicas y asentamientos humanos. Es el procedimiento mediante el cual se determina la distribución de los diferentes tipos de uso actual de las tierras por parte de la población e instituciones.

La evaluación del uso del suelo de las zonas de estudio, se efectuó a través de información secundaria disponible, para lo cual se tomaron en cuenta diversas fuentes para la clasificación de las categorías y subcategorías del uso del suelo.

De acuerdo a la Unión Internacional de Geografía (UGI) citado por el Consorcio Villarrica, las categorías del uso del suelo se muestran en la **tabla 12**

**Tabla 12.** Categorías de usos de la Tierra (UGI)

| N° | Categorías de Usos de la Tierra (UGI)    |
|----|--|
| 1  | Centros poblados y tierras no agrícolas  |
| 2  | Horticultura                             |
| 3  | Árboles y otros cultivos permanentes     |
| 4  | Tierras de cultivo                       |
| 5  | Pastos mejorados permanentes             |
| 6  | Praderas no mejoradas (pastos naturales) |
| 7  | Tierras boscosas                         |
| 8  | Pantanos y ciénagas                      |
| 9  | Tierras improductivas                    |

Fuente: Unión Internacional de Geografía – UGI

Por otro lado, el III Censo Nacional Agropecuario 1994 (CENAGRO) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) utiliza categorías agrícola y no agrícola con su respectivas subcategorías para estimar la superficie agrícola y no agrícola (**tabla 13**)



**Tabla 13.** Categorías y subcategorías del uso del suelo

| N° | Categoría    | Subcategoría                                |
|----|--------------|---|
| 1  | Agrícola     | Bajo riego                                  |
|    |              | En seco                                     |
| 2  | No agrícolas | Pastos naturales (manejados y no manejados) |
|    |              | Montes y bosques                            |
|    |              | Toda otra clase de tierra                   |

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994

Con la finalidad de integrar las categorías UGI con la información de CENAGRO se elaboró la **tabla 14**, en la que las categorías: horticultura, árboles y otros cultivos permanentes, pastos mejorados permanentes y tierras de cultivo se integran en tierras de uso agrícola. En cambio, las praderas no mejoradas (pastos naturales) se clasifican en pastos naturales, tierras boscosas en montes y bosques; las tierras improductivas, centros poblados, tierras no agrícolas, pantanos y ciénagas se agrupan en tierras de uso de otra clase.

**Tabla 14.** Categorías de uso actual del suelo (UGI)

| N° | Categorías INEI 1994  | Categorías UGI                           |
|----|-----------------------|--|
| 1  | Agrícola              | Horticultura                             |
|    |                       | Tierras de cultivos                      |
|    |                       | Pastos mejorados permanentes             |
|    |                       | Árboles y otros cultivos permanentes     |
| 2  | Pastos naturales      | Praderas no mejoradas (pastos naturales) |
|    | Montes y bosques      | Tierras boscosas                         |
|    | Otra clase de tierras | Tierras improductivas                    |
|    |                       | Pastos y ciénagas                        |
|    |                       | Centros poblados y tierras no agrícolas  |

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1994 y UGI

#### 4.2.4 Análisis Edáfico de las zonas de estudio

Para realizar la evaluación de los indicadores edafológicos de las zonas de estudio de Apurímac se utilizó la información proveniente del Mapa de Capacidad de Uso Mayor de la Tierras del Perú (ONERN, 1981) y la Clasificación de las Tierras del Perú (ONERN, 1982); basado en algunas definiciones.

#### Asociación por capacidad de uso mayor

Representa una unidad cartográfica<sup>7</sup> que involucra por lo general dos o más componentes edáficos o unidades de tierras<sup>8</sup>. La unidad cartográfica puede estar representada por una sola clase de tierras en una proporción no menor de 75%,

<sup>7</sup> Grupo de unidades edáficas asociadas por su origen o ubicación geográfica bajo condiciones ecológicas similares (es una asociación)

<sup>8</sup> Unidad de suelo con características edafológicas similares y bajo condiciones de clima y ecología también similares.

siendo considerado una consociación. Para establecer una asociación se utiliza criterios aparte de grupo de uso mayor, la clase agrológica y la limitación dominante.

Un ejemplo de asociación por capacidad de uso mayor es **A2sc – P2e**. La asociación está conformada por dos grupos de tierras, alrededor de 60% de esta asociación es apropiada para el cultivo en limpio de calidad agrológica media debido a factores limitantes de suelo y clima (**A2sc**), el 40% tiene aptitud para pastos de calidad agrológica media con deficiencias vinculadas a la erosión (**P2e**).

### **Grupo de capacidad de uso mayor de las tierras**

Representa la más alta abstracción, agrupa los suelos de acuerdo a su vocación máxima de uso, reúne suelos de características y cualidades similares en cuanto a su aptitud natural para la producción ya sea cultivo en limpio o intensivos, cultivos permanentes, pastos y producción forestal.

Los criterios que se utilizan para la definición de este grupo son las condiciones ecológicas mínimas requeridas para el cultivo en limpio (A), cultivos permanentes (C), forestal (F), pasto (P) y de protección (X).

### **Clase de capacidad**

Las clases de capacidad son agrupaciones de suelos en base a su “calidad agrológica”, que refleja la potencialidad y grado de amplitud de las limitaciones para uso agrícola.

En síntesis comprende: fertilidad, condiciones físicas, relaciones suelo-agua y potencialidad del suelo para producir plantas específicas o secuencia de plantas bajo un definido conjunto de prácticas de manejo. La calidad agrológica se establece teniendo en cuenta los rangos permisibles de los factores edáficos correspondientes a cada grupo. Así se tiene clases de tierra de calidad agrológica alta, media y baja.

### **Subclases de capacidad**

Agrupa a los suelos de acuerdo a la “clase de limitación” o problemas de usos por largo tiempo, por lo tanto agrupa a los suelos que presentan limitaciones o riesgos similares. El objetivo es puntualizar la deficiencia más relevante como causal de usos de las tierras. Es el factor que define la ubicación de un determinado suelo dentro de una clase o grupo de capacidad de uso mayor. Para las condiciones de la sierra, se tiene factores limitantes: deficiencia o limitación por suelo (s), factor edáfico; deficiencia o limitación por topografía-erosión (e), factor relieve; deficiencia o limitación por inundación (i) y deficiencia o limitación por clima (c), factor climático.

Las limitaciones por factor suelo se refiere a características intrínsecas del perfil edáfico, profundidad, textura, estructura, presencia de piedras, pH, contenido de materia orgánica, capacidad retentiva de agua, etc.

En la zona de estudio se evaluaron las siguientes propiedades edafológicas: profundidad del suelo, textura, pH, capacidad de campo y punto de marchitez permanente, etc.

Para evaluar la profundidad, textura, reacción, contenido de materia orgánica se utilizó las categorías establecidas en el Reglamento de clasificación de tierras y las características físicas del suelo, establecido por la ONERN (1981). Para asignar los valores de densidad aparente, densidad real, clase textural y componentes físicos, se utilizó las tablas establecidas por la por el United States Department of Agriculture (USDA, 2006).

### **Profundidad del suelo**

Es el espesor de la capa del suelo en donde las raíces pueden penetrar fácilmente en busca de agua y nutrientes. El límite inferior está definida por capas de arcillas muy densas, materiales consolidados, materiales fragmentarios (grava, piedras o rocas) o napa freática permanente, que actúan como limitante al desarrollo normal de las raíces. La importancia del estudio de esta propiedad es porque de ella depende el volumen de agua que puede almacenar el suelo para las plantas y el espacio suficiente para el desarrollo de las raíces.

### **Textura**

Está constituida por las proporciones de arcilla, limo y arena hasta de 2 mm de diámetro. Es un factor de fertilidad y la posibilidad del campo para producir altos rendimientos.

El porcentaje de limo y arcilla juega un rol importante, a mayor porcentaje de estas partículas disminuye la oxigenación y la menor proporción de éstas disminuye la capacidad de campo, el valor óptimo del porcentaje de limo y arcilla es alrededor de 40%.

La profundidad y la textura del suelo de las zonas de estudio de Apurímac se evaluaron en base a la información disponible en la Clasificación de Tierras del Perú y el Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona Alto Andina del Perú

### **Capacidad de campo**

Es la cantidad de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de la saturación (lluvia o riego) y después deja de drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilice, entre 24 y 48 horas después. Es el punto máximo de humedad del suelo que puede ser aprovechada por las plantas; que alcanza cuando existe una fuerza de retención de 0,3 atm en suelos francos; 0,5 atm en suelos arcillosos y 0,1 atm en suelos arenosos.

Existen diversos métodos para determinar la capacidad de campo, siendo los principales: gravimétrico, empírico, tensiómetros, medidores de resistencia, sonda de neutrones, entre otros.

Para determinar la capacidad de campo del suelo de las zonas de estudio se empleó el método empírico (Soto, 2002). Este método utiliza los componentes de textura en

porcentaje de peso seco para estimar la capacidad de campo y se utiliza la siguiente fórmula:

$$CC = 0.48 Ar + 0.162 Li + 0.023 Ao + 2.62$$

Dónde:

Ar = Cantidad de arcilla en % de peso seco

Li = Cantidad de limo en % de peso seco

Ao = Cantidad de arena en % de peso seco

### **Punto de marchitez permanente**

Es la cantidad de agua o humedad en que la planta inicia el proceso de marchitamiento. Momento en que la raíz no tiene fuerza suficiente para extraer las moléculas de agua que se encuentran adheridas en las partículas del suelo. Indica el instante en que las moléculas del agua están retenidas con una fuerza de 15 atm aproximadamente, sin embargo en suelos arenosos este límite se alcanza alrededor de 20 atm, mientras que en arcillosos alrededor de 10 atm.

Para estimar el punto de marchitez permanente se utilizó el método empírico propuesto por Soto (2002).

La fórmula que se utiliza para estimar el punto de marchitez permanente es la siguiente:

$$PMP = 0.302 Ar + 0.102 Li + 0.0147 Ao$$

Dónde:

Ar = Cantidad de arcilla en % de peso seco

Li = Cantidad de limo en % de peso seco

Ao = Cantidad de arena en % de peso seco

### **4.2.5 Calendario Agrícola**

El calendario agrícola, también llamado periodo agrícola, es una herramienta de investigación, monitoreo y planificación de las actividades agrícolas. El calendario agrícola, generalmente se inicia con las actividades de siembra y finaliza con las cosechas, lapso en que se ejecutan las diversas labores agrícolas y que están relacionadas a las condiciones meteorológicas de la zona.

Para evaluar el comportamiento histórico de las épocas de siembra y cosecha de los cultivos priorizados de las zonas de estudio, se recopiló la información estadística sobre el calendario agrícola de los cultivos priorizados a través de la Dirección Regional Agraria (DRA) de Cusco del Ministerio de Agricultura (MINAG)

Según MINAG (2010), en el Perú debido a sus particularidades climáticas y topográficas el calendario agrícola se inicia en el mes de agosto de cada año y culmina en julio del siguiente año.

**Tabla 15.** Calendario Agrícola en el Perú

| A        | S | O | N | D | E        | F | M | A | M | J | J        | A | S | O | N | D |
|----------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|
| SIEMBRAS |   |   |   |   | COSECHAS |   |   |   |   |   | SIEMBRAS |   |   |   |   |   |
|          |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |          |   |   |   |   |   |

Fuente: MINAG

En el presente análisis se estableció los periodos de siembra y cosecha de los cultivos priorizados en función a la información obtenida durante los últimos 10 años, así como las mayores concentraciones del área sembrada, según información oficial del Ministerio de Agricultura y de Instituciones locales (Plan Meriss, 1981).

### 4.3 Evaluación Agroclimática

#### 4.3.1 A nivel regional

Se evaluó las condiciones agroclimáticas de la región Apurímac para el período agrícola (agosto a julio) y para cada 10 días (decadal).

#### Temperatura

En relación a la temperatura del aire se analizó el comportamiento anual en periodos de diez días de la temperatura máxima, mínima y media para estaciones ubicadas dentro de regiones agrícolas. Asimismo se evaluó las temperaturas mínimas absolutas, parámetro importante desde el punto de vista agrícola.

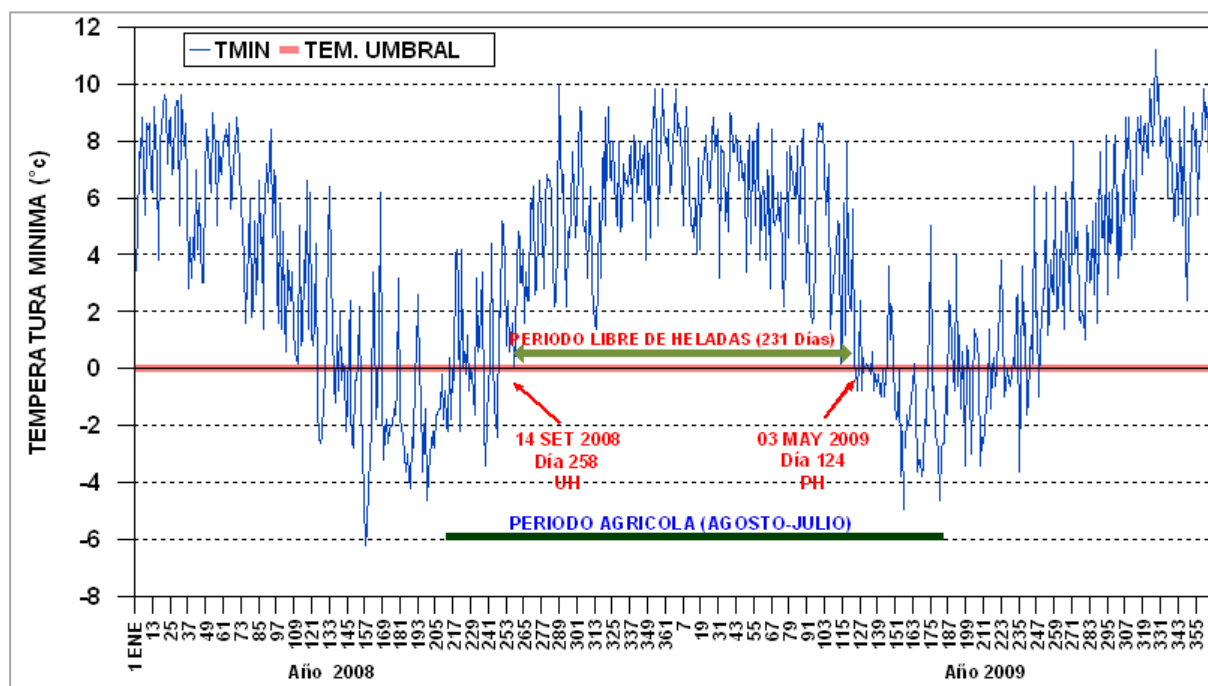
#### Heladas

Considerando la temperatura crítica de referencia, las heladas se denominan: meteorológicas y agronómicas. Las heladas meteorológicas se definen como el descenso de la temperatura del aire a niveles iguales o menores a 0 °C a una altura de 1,65 metros sobre el nivel del suelo. Se define helada agronómica al descenso de la temperatura del aire a niveles que causan daños parciales o totales en los tejidos de las plantas, sin llegar necesariamente a 0 °C (Burgos, 1963).

Las heladas fueron analizadas siguiendo los procedimientos efectuados en el Atlas de Heladas (SENAMHI, 2010), evaluándose la fecha media de la primera y última helada, la duración promedio del período libre de las heladas, las fechas extremas de la primera y última helada, es decir la fecha más anticipada y la más tardía dentro de la serie estudiada; los períodos extremos sin heladas (diferencia entre la fecha extrema de última helada y la fecha extrema de primera helada de la serie) y la intensidad media de las heladas (°C) a nivel anual y mensual. En el gráfico a continuación se muestra la representación de la primera, última helada y el período libre de heladas.

Para el estudio se utilizó la serie histórica de datos diarios de temperaturas mínimas existentes en la región Cusco, para el período 1964-2009 (46 años).

Las heladas se clasifican por intervalos de clases térmicas como: muy severas ( $< -10$  °C), severas ( $-8,0$  a  $-9,9$  °C), muy fuertes ( $-6,0$  a  $-7,9$  °C) fuertes ( $-4,0$  a  $-5,9$  °C), moderadas ( $-2,0$  a  $-3,9$  °C) y suaves ( $0,0$  a  $-1,9$  °C) (Da Motta, 1961).



Fuente: Atlas de heladas del Perú (SENAMHI, 2010)

**Figura 1.** Determinación de la primera, última, y período libre de heladas. Temperatura umbral = 0°C, Estación Granja Kcayra

### Precipitación

Para caracterizar las precipitaciones en la zona se analizó el comportamiento anual, multianual y multimensual de la precipitación para cada una de las estaciones ubicadas en la región considerando el periodo agrícola. Asimismo se evaluó la distribución porcentual anual de la precipitación, porcentaje acumulado y estación lluviosa.

Para la definición de la estación lluviosa se calculó el porcentaje de contribución de la precipitación de un mes con respecto al promedio anual. Para determinar el inicio de la estación lluviosa, se toma en cuenta el primer mes que tenga una cantidad de porcentaje mayor e igual al 8,3%, y se considera el fin de la estación lluviosa el último mes de una serie consecutiva que acumule una cantidad de precipitación menor de 8,3% respecto a la cantidad anual (Schroeder, 1966).

### Balance hídrico

El balance hídrico permite conocer la disponibilidad de agua en una zona (Baldion, 1987); con fines agrícolas es útil para: la planificación y la operación del riego y el drenaje de los campos agrícolas; los estudios de predicción de rendimientos agrícolas; la elaboración de los calendarios agrícolas; estudios de predicción de inundaciones y sequías; estudios sobre la erosión del suelo; la predicción de incendios forestales; las clasificaciones climáticas y agroclimáticas; entre otras aplicaciones.

Con el fin de conocer la disponibilidad de la zona se utilizó el método de Thornthwaite-Mater (1957). Este método toma como datos de entrada la ETo y la precipitación, con lo cual se estima la evapotranspiración real de una capa media dada teniendo en cuenta la lluvia caída en el mismo período y antes en una estación determinada.

Para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia (ETo) por el método de Penman-Monteith (FAO, 1998), se utilizó el Software Aquapro (FAO, 2010); y la capacidad de agua disponible para las plantas en los suelos a partir de la capacidad de campo, punto de marchitez, densidad aparente y la profundidad efectiva de raíces (Baldion, 1987).

#### **4.3.2 A nivel de zona priorizadas**

Se evaluaron las condiciones agroclimáticas para las tres zonas de estudio en relación a los cultivos priorizados.

##### **Temperatura y precipitación**

Se calculó la temperatura promedio de la máxima, mínima y media para el periodo agrícola de cada zona de estudio, así como la temperatura máxima promedio del mes más cálido y mínima promedio del mes más frío y la oscilación térmica.

Para el análisis de la precipitación se calculó el total de lluvia acumulada para la campaña agrícola, así como la década más lluviosa, la década más seca y el porcentaje de precipitación de la campaña agrícola.

Se determinaron la frecuencia de lluvias y los periodos secos consecutivos más extensos

##### **Heladas**

Se calculó la fecha media de la primera y última helada para las temperaturas de 0, 2, 4, 6, 8 y 10 °C. Para la temperatura de 0 °C se calculó la probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada, así como la frecuencia anual y mensual de heladas.

##### **Período de crecimiento efectivo**

Uno de los factores de mayor importancia en la caracterización de los recursos agroclimáticos, es la determinación de los periodos o estaciones de crecimiento. Los periodos de crecimiento se definen como el periodo de tiempo en el cual se considera que existe buena disponibilidad de agua en el suelo y temperaturas idóneas para el desarrollo de los cultivos.

Existen diversos métodos para determinar el inicio y final de estos períodos. Algunos autores consideran el período en el cual la precipitación supera la evapotranspiración potencial o la temperatura media supera a un valor dado para inducir la germinación. En este caso se definió a partir de los criterios de temperatura y humedad (Arteaga et al, 1988).

Para el criterio de temperatura se utilizó la metodología propuesta por Thom (1959), se basa en el análisis de las fechas de la última y primera helada, en términos de

probabilidad y utiliza la distribución normal. Define la estación de crecimiento probabilístico con un 20% de riesgo que ocurra una helada.

El cálculo del periodo por criterio de humedad se realizó con el método de la FAO (1978), que determina el inicio del periodo de crecimiento, cuando al inicio la estación de lluvias la  $P \geq 0,5 ETo$ , donde P es la precipitación y ETo la evapotranspiración referencial y la finalización del periodo de crecimiento se define cuando la humedad del suelo no es suficiente para cubrir la demanda evapotranspirativa del sistema suelo-planta (Chang, 1968). Villapando y García (1993) señalan que esta fecha se puede determinar en forma empírica cuando la  $P \leq 0,33 ETo$ .

### **Balance hídrico agrícola**

El balance hídrico permite determinar para cada una de las fases fenológicas de los cultivos la disponibilidad de agua, evapotranspiración, épocas de recarga de agua, el déficit y exceso de agua.

El balance hídrico agrícola se calculó a partir del método de Thornthwaite-Mater (1957) introduciendo información de los cultivos (época de siembra, período vegetativo y fases fenológicas de los cultivos priorizados, coeficiente de cultivo y la capacidad de agua disponible del suelo).

### **Índices de sequías**

La OMM (1992) define la sequía como un período de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico. Wilhite y Glantz, (1985), definen la sequía agrícola como el déficit marcado y permanente de lluvia que reduce significativamente la producción agrícola con relación a la normal o los valores esperados para una región dada.

Para cuantificar la sequía agrícola se utilizó el Índice de Severidad de Sequías de Palmer autocalibrado (SCPDSI). Wells (2003), a partir de los parámetros de entrada (precipitación y la capacidad de agua disponible (CAD) del suelo), calcula todos los componentes del balance de agua, incluyendo la evapotranspiración, la recarga del suelo, la escorrentía y la pérdida de humedad del horizonte superficial. Asimismo, permite analizar la duración, cantidad e intensidad de los eventos secos. Este índice fue utilizado para determinar el inicio, fin, frecuencia y distribución de los eventos hídricos extremos para el departamento de Puno (Alarcón, 1997).

## **4.4 Percepción local**

Se aplicaron técnicas de recopilación de información de las tres zonas de estudio: encuesta a los agricultores, productores y técnicos sobre percepciones de la variabilidad climática, cambio climático y medidas de adaptación que vienen utilizando, así como entrevistas a técnicos, agricultores líderes y municipios de la zona de estudio.

Una vez realizados los trabajos de consolidación y evaluación, se procedió al ordenamiento, adecuación y digitalización de la información contenida en las fichas (encuestas) a un formato estándar para su posterior procesamiento y análisis final.



En este proceso se generaron instrumentos de sistematización, como el codificador de actividades; el codificador es una herramienta utilizada para categorizar, ordenar y reacomodar las categorías de cada pregunta contenidas en las fichas; los cuales fueron representados con cifras numéricas e ingresadas al sistema para su procesamiento posterior a través del Software estadístico SPSS.

En la **tabla 16** se presenta los resultados de la consolidación de la información levantada en campo para la región de Cusco.

**Tabla 16.** Información levantada en campo

| Zona de estudio | Agricultores | Productores | Técnicos | Total |
|-----------------|--------------|-------------|----------|-------|
| San Salvador    | 20           | 4           | 3        | 27    |
| Marangani       | 20           | 5           | 3        | 28    |
| Huacrahuacho    | 20           | 8           | 3        | 31    |
| Total           | 60           | 17          | 9        | 86    |

Fuente: SENAMHI – DGA- Encuestas locales

Se consolidó un total de 86 fichas entre encuestas y entrevistas, de los cuales 60 fichas corresponden a la encuesta a agricultores de las tres zonas de estudio de Cusco, sobre la percepción de la población a la variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales. Se procesó un total de 17 fichas de encuestas a productores agrarios de la región de Cusco y un total de 9 fichas de entrevistas realizadas a técnicos, agricultores líderes y municipios de la zona de estudio, las cuales fortalecieron la información respecto a las fases fenológicas de los cultivos y a los impactos de los eventos climáticos extremos.



*Reunión con comuneros de Huacrahuacho*

Toda la información contenida en la fichas (encuestas) aplicadas por los agrónomos locales se consideró relevante e importante para los temas del estudio. Se generaron tabulados y gráficos para los indicadores más importantes de cada pregunta.

## V. CARACTERIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS PRIORITARIOS

### 5.1 Caracterización Agrícola

La caracterización agrícola involucra por un lado el análisis de los requerimientos agroclimáticos y edáficos de los cultivos priorizados, la evaluación de sus fases fenológicas, el uso actual del suelo, la evaluación edáfica y el calendario agrícola para las zonas prioritarias.

### 5.1.1 Requerimientos Agroclimáticos y Edáficos

A continuación, se detallan los requerimientos agroclimáticos y edáficos para cada uno de los cultivos priorizados

#### 5.1.1.1 Cultivo papa mejorada

Las variedades modernas también llamadas “mejoradas de la papa provienen del cruce entre *S. tuberosum* subsp. *Tuberosum* x *S. tuberosum* subsp. *Andígena* (CIP Y FEDECH, 2006), en la actualidad existen alrededor de 56, y se caracterizan porque son menos harinosas, entre los cuales se menciona: “Yungay”, “Revolución”, “Canchan”, “Perricholi”, “Tomasa”, “Cica”, “Chaska”, “Andina”, “Amarilis”, “María Huanca”, “Muru”, “Costanera”, “Única”, etc. (Egúsquiza, 2000)



*Cultivo de papa en San Salvador*

La papa se cultiva en diversas regiones del país y está adaptada a distintos climas (**tabla 17**), desde la costa desértica hasta las selva tropical pasando por los valles interandinos y zonas de altiplanicies andinas (López *et al.*, 1980). Sin embargo, es una planta mejor adaptada al clima frío, zonas altas de las regiones tropicales y bajo condiciones especiales se puede sembrar en tierras bajas (Loayza, 1993).

Las altitudes en las que se cultiva la papa van desde el nivel del mar hasta 4100 msnm (López *et al.*, 1980; Quiñones, 1994, Balladares, 1993). Pero al parecer su zona de mayor adaptación se encuentra entre 2500 a 4000 msnm (López *et al.*, 1980).

Según la DRA-Apurímac (2010), la zona de mejor adaptación de este cultivo para el valle de Chumbao se encuentra entre los 2800 y 3500 msnm y para el distrito de Curahuasi entre 2500 y 4100 msnm (ISTP- Curahuasi).

#### **Requerimientos agroclimáticos**

Su requerimiento de temperatura varía con la etapa fenológica, para la etapa de siembra-emergencia requiere una rango de temperatura de 10 a 30 °C, un óptimo de 20 a 22 °C (Cepeda y Gallegos, 2003 y Loayza, 1993). En la etapa de crecimiento vegetativo su rango térmico oscila entre 7 a 30 °C, siendo la temperatura optima de 15 a 22 °C (López *et al.* 1980; Cepeda y Gallegos, 2003; INIPA e INAF, 1984 y Loayza, 1993; DRA-Apurímac, 2010, ISTP-Curahuasi, 2010).

**Tabla 17.** Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de papa

| Zona   | Altitud (msnm)                   |           | Fuente              |  |   |  |
|--|----------------------------------|-----------|---------------------|--|---|--|
|  | Mín.                             | Max.      |                     |  |   |  |
| Sierra media y alta  | 2500                             | 4100      | López, et al., 1980 |  |   |  |
| <b>Época de siembra</b>  |                                  |           |                     |  |   |  |
| Región   | Época de siembra                 |           | Fuente de agua      | Observaciones  | Fuente  |  |
|  | Inicio                           | Final     |                     |  |   |  |
| Sierra media   | Junio                            | Julio     | Río/riachuelo       | "Michca", "Mahuay", "Siembra temprana"                                 | López, et al., 1980                           |  |
| Sierra alta  | Set.                             | Diciembre | Lluvia              | "Siembra grande"   | López, et al., 1980                           |  |
| <b>Requerimiento de temperatura</b>  |                                  |           |                     |  |   |  |
| Etapa  | Temperatura (°C)                 |           |                     |  | Observaciones                                 | Fuente   |
|  | U. mín.                          | Óptima    |                     | U. máx.  |   |  |
|  |                                  | Mín.      | Máx.                |  |   |  |
| Germinación  | 13                               | 20        | 22                  | 30   |   | Cepeda y Gallegos, 2003 ; Loayza, 1993; López, et al., 1980                                      |
| Crecimiento  | 7                                | 15        | 22                  | 30   |   | Loayza, 1993; López, et al., 1980; INAF e INIPA, 1984; Cepeda y Gallegos, 2003                   |
| Tuberización   | 5                                | 14        | 20                  | 25   |   | López, et al., 1980; Cepeda y Gallegos, 2003; Egusquiza, 2000; Mantari, 2008; INAF e INIPA, 1984 |
| Temp. Nocturna   |                                  | 10        | 15                  |  | Durante la tuberización                       | INAF e INIPA, 1984; Amorós, 1979; Cepeda y Gallegos, 2003  |
| <b>Observaciones:</b> Los variedades que tienen 5 meses de periodo vegetativo, el proceso de tuberización se inicia a partir del segundo mes de la siembra |                                  |           |                     |  |   |  |
| Precipitación (mm/año)   | Rango                            |           | Observaciones       | Fuente   |   |  |
|  | Mín.                             | Máx.      |                     |  |   |  |
|  | 500                              | 800       |                     | López, et al., 1980; Cepeda y Gallegos, 2003; INAF e INIPA, 1984       |   |  |
| Fotoperiodo (horas/día)  | Rango                            |           | Observaciones       | Fuente   |   |  |
|  | Mín.                             | Máx.      |                     |  |   |  |
|  | 10                               | 16        |                     | Egusquiza, 2000; INAF e INIPA, 1984; Amorós, 1979; López, et al., 1980 |   |  |
| Textura del suelo  | óptima                           |           | Menos óptima        | Fuente   |   |  |
|  | Fco arenoso, Fco arcilloso y Fco |           |                     |  |   |  |
|  |                                  |           |                     | Cepeda y Gallegos, 2003;   |   |  |
| pH del suelo   | Mín.                             | Óptima    |                     | Máx.   | Obs   | Fuente   |
|  |                                  | Mín.      | Máx.                |  |   |  |
|  |                                  | 5         | 6.5                 | 8  |   | INAF e INIPA, 1984; Montaldo, 1984; Cepeda y Gallegos, 2003                                      |
| Materia orgánica (%)   | óptima                           |           | Menos óptima        |  | Fuente  |  |
|  | Alto                             |           | Medio y bajo        |  |   |  |
|  |                                  |           |                     |  | López, et al., 1980; Cepeda y Gallegos, 2003; |  |
| Profundidad (cm)   | óptima                           |           | Menos óptima        |  | Fuente  |  |
|  | Profundos                        |           | Menos profundos     |  |   |  |
|  |                                  |           |                     |  | López, et al., 1980                           |  |

En el proceso de tuberización es necesario que la temperatura oscile entre 14 a 20 °C (López et al., 1980; Cépeda y Gallegos, 2003; Egúsquiza, 2000; Mantari, 2008; CIP, 2010 y INIPA e INAF, 1984; DRA-Apurímac, 2010; ISTEP-Curahuasi, 2010), con una temperatura nocturna de 10 a 15 °C.

Para desarrollarse adecuadamente requiere una precipitación de 500 a 800 mm al año según (López et al. 1980; INIPA e INAF, 1984; Cépeda y Gallegos, 2003). Las especies de papa cultivadas en el Perú son de día corto, por ello sus requerimiento de horas de luz por día son de 10 a 16 horas (Egúsquiza, 2000, INIPA e INAF, 1984; Amorós, 1979; López et al., 1980)

Según la DRA-Apurímac (2010), y el ISTP-Curahuasi (2010), se requiere una precipitación de 500 a 1300 mm y de 10 a 13 horas de luz.

### **Requerimiento edafológico**

El cultivo de papa para desarrolla adecuadamente en suelos de textura franco, franco arenoso y franco arcilloso; profundos, con alto contenido de materia orgánica y de reacción ligeramente ácida a neutro. Según la DRA-Apurímac (2010) y el ISTP-Curahuasi (2010), los suelos franco arenosos y francos son adecuadas para el desarrollo de la papa, pH 5 a 6,5 y profundidad mayor a 30 cm de capa arable (suelo).

#### **5.1.1.2 Cultivo papa nativa**

Las variedades de papas nativas pertenecen a las especies: *S. tuberosun* subsp andígena, *S. goniocalyx*, *S. chaucha*, *S. stenotomum*, *S. curtilobum* y *S. juzepczukii*, *S. phureja*, entre otros. (CIP Y FEDECH, 2006). Las variedades de papa nativas son harinosas y se consume cocidas (Egúsqiza, 2000). En algunos lugares los agricultores los agrupan como papas nativas dulces.

Dentro del grupo de las nativas se encuentran las papas amargas que pertenecen a las especies *S. curtilobum* y *S. juzepczukii* (Estrada, 1991; CIP e INCOPA, 2008; CIP y FEDECH, 2006). Las papas amargas se consumen procesadas como chuño, tunta, entre otros.

La mayor concentración de papa nativas se encuentra sobre los 3850 msnm. Las condiciones de fuerte radiación solar y suelo orgánico brindan condiciones naturales especiales para su cultivo (CIP e INCOPA, 2008).

Las papas nativas crecen entre 2800 a 4200 msnm (Gómez et al., 2008). Las papas amargas se encuentran entre los pisos de 3850 a 4200 msnm. Sin embargo las papas amargas pueden prosperar hasta los 4350 msnm (CIP y FEDECH, 2006). Especialistas del ISTP-Antabamba, (2010) manifiestan que las papas nativas desarrollan desde los 3600 hasta los 4200 msnm, las nativas dulces entre 3600 y 4000 msnm y nativas amargas entre 3900 y 4200 msnm (**tabla 18**).

### **Requerimientos agroclimáticos**

La papa nativa desarrolla en condiciones de clima frío y alta incidencia de luz solar (INCOPA y CIP, 2008). Las papas nativas denominadas “dulces” requieren una temperatura promedio de 8 a 14 °C (ISTP y AA-Antabamba, 2010); de 12 a 13 °C, con un fotoperiodo de 10 a 12 horas para desarrollar los tubérculos (Kopetz, 1937; Kopetz y Steinek, 1954; Howars, 1971; Medina y Heynes, 1976. Citados por Amorós, 1979; Egúsqiza, 2000; Amorós, 1979; Horton, 1967). En caso de las nativas “amargas” sus requerimientos son aún críticos, puede soportar temperaturas mínimas de hasta -4 °C y un rango térmico óptimo de 8 a 11 °C (Canahua, 1991; Tapia, 1991; Estrada, 1991; Marca, 1991). Según el ISTP y la AA- Antabamba, (2010), las nativas amargas desarrollan bien bajo las condiciones de 2 a 8 °C, y puede soportar hasta 0 °C.

**Tabla 18.** Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de papa nativa

| Zona                                | Altitud (msnm)                   |        | Periodo vegetativo | Fuente  |   |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------|--------------------|---|---|
|                                     | Mín.                             | Máx.   |                    |   |   |
| Papa nativa                         | 3000                             | 4000   | 135 – 180          | René Gómez y William Roca (CIP); Miguel Ordinola, Kurt Manrique y Pamela Julca (INCOPA); Mario Tapia (MINAG), 2008. |   |
| Papa nativa amarga                  | 3850                             | 4350   | 150                | René Gómez y William Roca (CIP); Miguel Ordinola, Kurt Manrique y Pamela Julca (INCOPA); Mario Tapia (MINAG), 2008. |   |
| <b>Requerimiento de temperatura</b> |                                  |        |                    |   |   |
| Etapa                               | Temperatura (°C)                 |        |                    | Fuente  |   |
|                                     | U. mín.                          | Optima |                    |   | U. máx.   |
|                                     |                                  | Mín.   | Máx.               |   |   |
| Papa nativa                         |                                  | 12     | 13                 | Kopetz, 1937; Kopets y Steinek, 1954; Howars, 1971; Medina y Heynes, 1976. Citados por Amorós, 1979                 |   |
| Papa nativa amarga                  | -4                               | 8      | 11                 | Canahua, 1991; Tapia, 1991; Estrada, 1991; Marca, 1991.   |   |
| Precipitación (mm/año)              | U. mín.                          | Optima |                    | U. máx.   | Fuente  |
|                                     |                                  | Mín.   | Máx.               |   |   |
|                                     |                                  | 500    | 1 160              |   | López et al. 1980; INIPA e INAF, 1984; Cépeda y Gallegos, 2003; Marca, 1991; Tapia, 1991. |
| Fotoperiodo (horas/día)             | Mín.                             | Optima |                    | Máx.  | Fuente  |
|                                     |                                  | Mín.   | Máx.               |   |   |
|                                     |                                  | 10     | 16                 |   | Egusquiza, 2000; Amorós, 1979; López, et al., 1980.                                       |
| Textura del suelo                   | Optima                           |        | Menos óptima       | Fuente  |   |
|                                     | Fco arenoso, Fco arcilloso y Fco |        |                    |   |   |
|                                     |                                  |        |                    | Cepeda y Gallegos, 2003.  |   |
| pH del suelo                        | Mín.                             | Optima |                    | Max.  | Fuente  |
|                                     |                                  | Mín.   | Máx.               |   |   |
|                                     |                                  | 5      | 6,5                | 8   | INAF e INIPA, 1984; Montaldo, 1984; Cepeda y Gallegos, 2003.                              |
| Materia orgánica (%)                | Optima                           |        | Menos óptima       | Fuente  |   |
|                                     | Alto                             |        |                    |   | Medio y bajo  |
|                                     |                                  |        |                    | López, et al., 1980; Cepeda y Gallegos, 2003.   |   |
| Profundidad (cm)                    | Optima                           |        | Menos óptima       | Fuente  |   |
|                                     | Profundos                        |        |                    |   | Menos profundos   |
|                                     |                                  |        |                    | López, et al., 1980.  |   |

En relación a la precipitación, según López et al., (1980); INIPA e INAF, (1984); Cépeda y Gallegos, (2003) la papa nativa para desarrollar requiere de 500 a 800 mm al año. Sin embargo (Marca, 1991) afirma que las papas nativas amargas desarrollan bajo condiciones de precipitación de 220 a 350 mm/año. Al respecto Tapia (1991), en la estación de INIA-Puno a 3800 msnm, encontró una relación entre el rendimiento de la papa amarga con la precipitación, a 1160 mm/año de precipitación obtuvo 33,3 t/ha y mientras a 513 mm/año obtuvo 12,5 t/ha.

En tanto que el ISTP y la AA-Antabamba, (2010), manifiestan que la papa nativa requiere una precipitación de 900 a 1100 mm.

### Requerimiento edafológico

Las papas nativas requieren suelos con alto contenido de materia orgánica (CIP e INCOPA, 2008; Horton, 1967; López et al., 1980; Ortega, 1991 y Marca, 1991). Los suelos donde desarrollan las papas en general deben ser profundos, textura franco arenosa a franco arcillosa (Cépeda y Gallegos, 2003, Horton, 1967), la reacción del

suelo debe oscilar entre 5 y 6,5 de pH. Las papas nativas requieren suelos descansados o nuevos, según (Marca, 1991; Ortega, 1991; CIP y FEDECH, 2006) deben haber tenido un descanso de 3 años como mínimo, para una buena producción. Según el ISTP y la AA-Antabamba, (2010) las papas nativas requieren un suelo franco arenoso, franco arcilloso y franco, con contenido de materia orgánica mayor a 4%, mayor a 30 cm de profundidad de capa arable y una reacción de 4,5 a 5,5 de pH.

### 5.1.1.3 Cultivo de maíz

Es uno de los cultivos de mayor importancia alimentaria y económica de la zona andina del Perú. Está adaptada al clima templado de sierra y se puede sembrar en la región de la costa durante la estación de invierno. Según (Altet, 2006 y Manrique et al., 1993) en las regiones Cusco y Apurímac se siembran las razas de maíz: Cusco, Cusco cristalina amarillo, Chullpi, Piscorunto, Blanco gigante de Cusco, Paro, Morocho, Kulli, Huancavelicano, variedades mejoradas (PM), entre otros. El maíz crece desde los 2000 a 4000 msnm y se adapta mejor de los 1800 a 3500 msnm (DRA- Apurímac, 2010 y el ISTP-Curahuasi, 2010), sin embargo la mayor concentración se encuentra alrededor de 3000 msnm (**tabla 19**).



*Cultivo de maíz en Marangani*

### Requerimientos agroclimáticos

En general el cultivo de maíz requiere una temperatura mínima de 10 °C para el inicio de germinación y un máximo de 40 °C (Lesur, 2005; Berger, 1967). La temperatura óptima para la germinación varía entre 15 a 20 °C para las condiciones de la sierra, pero el proceso de germinación es más rápida mientras mayor es la temperatura (Manrique, 1988).

Para la etapa de desarrollo, la temperatura mínima es 7 °C (Altet, 2006 y Sevilla y Valdez); la óptima oscila entre 15 a 20 °C (Sevilla y Valdez; Manrique, 1988; Berger, 1967 y Laffite, 2001; DRA-Apurímac, (2010), ISTP-Curahuasi, (2010). Durante esta etapa la temperatura máxima que puede soportar el cultivo de maíz es de 40 °C (Lesur, 2005), en condiciones de trópico de tierras bajas, mientras que en la tierras altas esta puede ser de 30 °C (UNALM, 1974). Según (Manrique, 1988 y Sevilla y Valdez) durante la etapa de floración la temperatura óptima debe ser de 15 a 20 °C.

El cultivo de maíz requiere un precipitación de 500 a 700 mm al año para desarrollarse adecuadamente (DRA- Apurímac, (2010) y del ISTP-Curahuasi, (2010), sin embargo puede soportar hasta un mínimo de 200 mm y un máximo de 1000 mm (Lesur, 2005; Berger, 1967; INDAP, 2001). Asimismo un fotoperiodo de 11-12 horas (DRA-Apurímac, (2010) y del ISTP-Curahuasi, (2010)).

**Tabla 19.** Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de maíz

| Zona  | Altitud (msnm)    |        | Fuente   |         |      |  |
|---|-------------------|--------|--|---------|------|--|
|   | Mín.              | Máx.   |  |         |      |  |
| Sierra media y alta   | 2000              | 4000   | Altet, 2006; Manrique et al. 1993; Sevilla, 2009 |         |      |  |
| <b>Requerimiento de temperatura</b>   |                   |        |  |         |      |  |
| Etapa   | Temperatura (°C)  |        |  |         | Obs. | Fuente   |
|   | U. mín.           | Optima |  | U. máx. |      |  |
|   |                   | Mín.   | Máx.   |         |      |  |
| Germinación   | 10                | 15     | 20   | 40      |      | Lesur, 2005; Berger, 1967 y Manrique, 1988.  |
| Crecimiento   | 7                 | 15     | 20   | 40      |      | Altet, 2006; Sevilla y Valdez; Manrique, 1988; Berger, 1967 y Laffite, 2001 y Lesur, 2005. |
| Tuberización  | 8.5               | 15     | 20   | 30      |      | Manrique, 1988 y Sevilla y Valdez.   |
| El proceso de maduración del maíz no es muy sensible a la variación de temperatura que las estepas de germinación, crecimiento y floración. |                   |        |  |         |      |  |
| Precipitación (mm/año)  | Mín.              | Optima |  | Máx.    | Obs. | Fuente   |
|   |                   | Mín.   | Máx.   |         |      |  |
|   | 200               | 500    | 700  | 1000    |      |  |
| Fotoperiodo horas/día)  | Rango             |        |  |         | Obs. | Fuente   |
|   | Mín.              |        | Máx.   |         |      |  |
|   | 11                |        | 14   |         |      |  |
| Textura del suelo   | Optima            |        | Menos óptima                                     |         | Obs. | Fuente   |
|   | Francos y Limosos |        | Arenosos y arcillosos                            |         |      |  |
| pH del suelo  | Mín.              | Optima |  | Máx.    | Obs. | Fuente   |
|   |                   | Mín.   | Máx.   |         |      |  |
|   | 5.5               | 6      | 7  | 8       |      |  |
| Materia orgánica (%)  | Optima            |        | Menos óptima                                     |         | Obs. | Fuente   |
|   | Alto              |        | Medio y bajo                                     |         |      |  |
| Profundidad (cm)  | Optima            |        | Menos óptima                                     |         | Obs. | Fuente   |
|   | Profundos         |        | Moderado, pocos, muy pocos                       |         |      |  |

### Requerimiento edafológico

El cultivo de maíz se desarrolla adecuadamente en suelos de textura franco (Lesur, 2005; UNALM, 1974; Berger, 1967; INDAP, 2001; UNALM, 1977). También alcanza un buen desarrollo en suelos de textura franco y limoso, con un rango de pH de 5,5 a 8, aunque alcanza un mejor desarrollo entre 6 y 7 (DRA-Apurímac, e ISTP-Curahuasi, 2010). Los suelos deben tener alto contenido de materia orgánica, mayor a 4% (Lesur, 2005; UNALM, 1974; Berger, 1967; INDAP, 2001; UNALM, 1977) y profundidad mayor a 50 cm (DRA – Apurímac, e ISTP-Curahuasi, 2010).

#### 5.1.1.4 Cultivo de haba

Es un cultivo importante desde punto de vista alimenticio, ambiental y económico, ya que es la fuente importante de proteínas en la dieta alimentaria, incorpora nitrógeno atmosférico al suelo, requiere pocos insumos para su producción, etc. El cultivo de haba está adaptado a las condiciones de clima moderadamente seco y frío.

El cultivo de haba crece desde nivel del mar hasta los 4000 msnm. Sin embargo, se adapta mejor alrededor de 3000 msnm (Horque, 1990; Camarena et al., 2003; Chiappe; Niño, 2005; Orellana y De la cadena, 1985; Rea, 2003; Bascur, 1993), y entre 2800 a 3600 (DRA-Apurímac, 2010) (tabla 20).



*Cultivo de haba en Marangani*

**Tabla 20.** Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de haba

| Zona                                | Altitud (msnm)                            |        | Fuente  |                 |      |  |
|-------------------------------------|---|--------|---|-----------------|------|--|
|                                     | Mín.                                      | Máx.   |   |                 |      |  |
| Sierra media y alta                 | 3000                                      | 4000   | Horque, 1990; Camarena et al, 2003; Chiappe; Niño, 2005; Orellana y De la cadena, 1985; Rea, 2003; Bascur, 1993 |                 |      |  |
| <b>Requerimiento de temperatura</b> |   |        |   |                 |      |  |
| Etapa                               | Temperatura (°C)                          |        |   | U. máx.         | Obs. | Fuente   |
|                                     | U. mín.                                   | Optima |   |                 |      |  |
|                                     |   | Mín.   | Máx.  |                 |      |  |
| Germinación                         | 5   | 6      | 6   | 20              |      | Orellana y De la cadena, 1985; Niño, 2005; Ballena, 1983 y Camarena et al, 2003.                         |
| Crecimiento                         | -2  | 12     | 20  | 27              |      | Ballena, 1983; SENAMHI, 2003; De la torre, 2003; Orellana y De la cadena, 1985; Rivera, 1973 y Marmolejo |
| Floración                           | 10  | 12     | 12  |                 |      | Niño, 2005; Orellana y De la cadena, 1985.   |
| Maduración                          | 10  | 16     | 18  |                 |      | Niño, 2005; Orellana y De la cadena, 1985.   |
| Precipitación (mm/año)              | Mín.                                      | Optima |   | Máx.            | Obs. | Fuente   |
|                                     |   | Mín.   | Máx.  |                 |      |  |
|                                     |   | 500    | 1 000   | 1 600           |      | Camarena et al, 2003; Bascur, 1993; Chiappe y Marmolejo.   |
| Fotoperíodo (horas/día)             | Mín.                                      | Optima |   | Máx.            | Obs. | Fuente   |
|                                     |   | Mín.   | Máx.  |                 |      |  |
|                                     |   | 10     | 16  |                 |      | Egusquiza, 2000; INAF e INIPA, 1984; Amorós, 1979; López, et al, 1980.                                   |
| Textura del suelo                   | Optima                                    |        |   | Menos óptima    | Obs. | Fuente   |
|                                     | Franco, Fco. arenos, Fco.-arcillos, Limos |        |   |                 |      |  |
|                                     |   |        |   |                 |      | Camarena et al, 2003; Orellana y De la cadena, 1985 y Marmolejo  |
| pH del suelo                        | Mín.                                      | Optima |   | Máx.            | Obs. | Fuente   |
|                                     |   | Mín.   | Máx.  |                 |      |  |
|                                     | 5   | 6      | 7,5   | 8,5             |      | Camarena et al, 2003; Orellana y De la cadena, 1985; Niño, 2005 y Marmolejo                              |
| Materia orgánica (%)                | Optima                                    |        |   | Menos óptima    | Obs. | Fuente   |
|                                     | Alto                                      |        |   |                 |      |  |
|                                     |   |        |   | Medio y bajo    |      | Camarena et al, 2003; Orellana y De la cadena, 1985.   |
| Profundidad (cm)                    | Optima                                    |        |   | Menos óptima    | Obs. | Fuente   |
|                                     | Profundos                                 |        |   |                 |      |  |
|                                     |   |        |   | Menos profundos |      | Orellana y De la cadena, 1 985; Niño, 2 005 y Marmolejo.   |



### **Requerimientos agroclimáticos**

La planta de haba requiere una temperatura de 5 a 6 °C para la germinación (Orellana y De la cadena, 1985; Niño, 2005; Ballena, 1983 y Camarena et al., 2003) y entre 7 a 10 °C (DRA-Apurímac, 2010). En la etapa de crecimiento la temperatura óptima es de 12 a 20 °C, (DRA-Apurímac, 2010), pero el rango de temperatura que soporta oscila entre -2 a 27 °C (Ballena, 1983; SENAMHI, 2003; De la Torre, 2003; Orellana y De la Cadena, 1985; Rivera, 1973 y Marmolejo).

En la etapa de floración la temperatura mínima requerida es 10 °C, con un óptimo de 12 °C (Niño, 2005; Orellana y De la Cadena, 1985), de 15 °C según DRA-Apurímac, (2010), en la etapa de fructificación la temperatura debe estar entre 16 a 18 °C.

La planta de haba para desarrollar adecuadamente requiere una precipitación de 500 a 1000 mm al año (Camarena et al., 2003; Bascur, 1993; Chiappe y Marmolejo; DRA-Apurímac, 2010).

### **Requerimiento edafológico.**

Requiere un suelo con alto contenido de materia orgánica, profundo y de textura franco. No tolera suelos ácidos, el pH óptimo para crecer debe estar entre 6 y 7,5; el rango mínimo y máximo es de 5 y 8,5 respectivamente (Camarena et al., 2003; Orellana y De la cadena, 1985; Niño, 2005 y Marmolejo); entre 6 y 8 de pH, contenido de materia orgánica mayor a 4% y una profundidad de capa arable de 40 cm según la DRA-Apurímac, (2010).

#### **5.1.1.5 Cultivo de trigo**

El cultivo de trigo está adaptado a las condiciones subtropicales y tropicales fríos (INIPA-GTZ, 1983). Para desarrollar requiere clima fresco y húmedo en la etapa de crecimiento y un clima cálido y seco para la maduración (Gómez, 2005)

Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4 000 msnm, sin embargo se siembra más entre 2 500 a 3 800 msnm (Villanueva, 1974; Barreto, 1997; Zarak, 1963; INIPA-GTZ, 1983 y Cruces, 2006; DRA-Apurímac, 2010).

### **Requerimientos agroclimáticos**

El proceso de germinación del trigo se inicia a una temperatura mínima de 5 °C, continuando hasta un máximo de 35 °C, sin embargo la ideal oscila entre 15 y 25 °C (De la Flor, 1969; Falconi, 2001 y Osca, 2007). En la etapa de crecimiento requiere un rango térmico de 5 a 40 °C, siendo la óptima de 18 a 25 °C. Las condiciones térmicas óptimas para la etapa de floración y fructificación se encuentran entre 18 y 22 °C (Osca, 2007; Gómez, 2005; Menacho, 1992; Falconi, 2001; Zarak, 1963; DRA-Apurímac, 2010) (**tabla 21**).

**Tabla 21.** Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de trigo

| Zona                                | Altitud (msnm)                |        | Fuente   |              |      |   |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------|--|--------------|------|---|
|                                     | Mín.                          | Máx.   |  |              |      |   |
| Sierra media                        | 2500                          | 3500   | Villanueva, 1974; Barreto, 1997; Zarak, 1963; INIPA – GTZ, 1983 y Cruces, 2006 |              |      |   |
| <b>Requerimiento de temperatura</b> |                               |        |  |              |      |   |
| Etapa                               | Temperatura (°C)              |        |  | U. máx.      | Obs. | Fuente  |
|                                     | U. mín.                       | Optima |  |              |      |   |
| Germinación                         | 5                             | 15     | 25   | 35           |      | De la flor, 1969; Falconi, 2001 y Osca, 2007  |
| Crecimiento                         | 5                             | 18     | 25   | 40           |      | Osca, 2007; Gómez, 2005; Menacho, 1992; Falconi, 2001; Zarak, 1963.   |
| Floración                           | 13                            | 18     | 22   | 34           |      | Osca, 2007; Gómez, 2005; Menacho, 1992; Falconi, 2001; Zarak, 1963.   |
| Maduración                          | 14                            | 18     | 22   | 32           |      | Osca, 2007; Gómez, 2005; Menacho, 1992; Falconi, 2001; Zarak, 1963.   |
| Precipitación (mm/año)              | U. mín.                       | Optima |  | U. máx.      | Obs. | Fuente  |
|                                     | 200                           | Mín.   | Máx.   |              |      |   |
|                                     |                               | 375    | 600  | 1750         |      | Gómez, 2005; Prats y Grandcourt, 1969; Osca, 2007; Menacho, 1992; DGET, 1983.                                       |
| Fotoperiodo (horas/día)             | Mín.                          | Optima |  | Máx.         | Obs. | Fuente  |
|                                     |                               | Mín.   | Máx.   |              |      |   |
|                                     |                               | 12     | 13.5   |              |      | Zarak, 1963; DGET, 1983.  |
| Textura del suelo                   | Optima                        |        |  | Menos Optima | Obs. | Fuente  |
|                                     | Arcillosos, limosos, livianos |        |  |              |      |   |
|                                     |                               |        |  |              |      | Prats y Grandcourt, 1969; Osca, 2007; Barreto, 1997; Zarak, 1963; INIPA – GTZ, 1983; Villanueva, 1974 y DGET, 1983. |
| pH del suelo                        | Mín.                          | Optima |  | Máx.         | Obs. | Fuente  |
|                                     |                               | Mín.   | Máx.   |              |      |   |
|                                     | 5                             | 6      | 7.5  | 8            |      | Gómez, 2005.  |
| Materia orgánica (%)                | Optima                        |        |  | Menos Optima | Obs. | Fuente  |
|                                     | Alto                          |        |  |              |      |   |
|                                     |                               |        |  |              |      | Osca, 2007; Barreto, 1997 y DGET, 1983.   |
| Profundidad (cm)                    | Optima                        |        |  | Menos Optima | Obs. | Fuente  |
|                                     | Profundos                     |        |  |              |      |   |
|                                     |                               |        |  |              |      | Prats y Grandcourt, 1969; Osca, 2007 y DGET, 1983.  |

El cultivo de trigo requiere una precipitación de 375 a 600 mm, pero la planta puede crecer con una precipitación mínima de 200 y una máxima de 1750 mm (Gómez, 2005; Prats y Grandcourt, 1969; Osca, 2007; Menacho, 1992; DGET, 1983). Según la DRA-Apurímac la cantidad de precipitación necesaria es de 450 a 800 mm. La planta requiere en promedio 12 a 14 horas de luz durante la etapa de crecimiento y floración.

### Requerimiento edafológico

Se considera un suelo óptimo para el cultivo de trigo, aquellos de textura media a pesada; es decir, limosos, arcillosos y livianos calcáreos (Prats y Grandcourt, 1969; Osca, 2007; Barreto, 1997; Zarak, 1963; INIPA-GTZ, 1983; Villanueva, 1974 y DGET, 1983). Puede desarrollarse en un rango de pH de 5 a 8, siendo el óptimo de 6 a 7,5 (Gómez, 2005). De acuerdo a los especialistas de la DRA-Apurímac, requiere un suelo franco arenoso, arcilloso, limoso y ligeramente liviano, con un pH de 6 a 7,5, contenido de materia orgánica mayor a 4% y profundidad mayor a 40 cm de capa arable.

### 5.1.1.6 Cultivo de cebada

Es el cultivo con mayor rango de adaptación en cuanto a altitud, resistencia a la sequía, bajas temperaturas y la salinidad del suelo. Se puede sembrar desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, siendo la zona óptima de 3000 a 4000 msnm (Barreto, 1997 y INIPA-GTZ, 1983, DRA-Apurímac).



*Cultivo de cebada en Marangani*

La temperatura óptima para el proceso de germinación de la cebada es de 15 a 22 °C.

La germinación puede iniciar desde una temperatura mínima de 6 °C (Prats y Grandcourt, 1969 y Collantes, 2007). El crecimiento vegetativo requiere un rango térmico de 4 a 30 °C, sin embargo algunas variedades puede soportar hasta 50 °C, pero lo ideal es que la temperatura fluctúe entre 15 y 25 °C (Menacho, 1992; Gómez, 2005; Collantes, 2007; Coronel, 2000). Para las etapas de floración y maduración las temperaturas óptimas son de 16 a 21 °C y 18 a 21 °C respectivamente (DRA-Apurímac, 2010) (**tabla 22**).

**Tabla 22.** Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de cebada

| Zona                                | Altitud (msnm)                   |        | Fuente            |              |  |  |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------|-------------------|--------------|--|--|
|                                     | Mín.                             | Máx.   |                   |              |  |  |
| Sierra media y alta                 | 3000                             | 4000   | INIPA – GTZ, 1983 |              |  |  |
| <b>Requerimiento de temperatura</b> |                                  |        |                   |              |  |  |
| Etapa                               | Temperatura (°C)                 |        |                   |              | Obs.   | Fuente   |
|                                     | U. mín.                          | Óptima |                   | U. máx.      |  |  |
|                                     |                                  | Mín.   | Máx.              |              |  |  |
| Germinación                         | 6                                | 20     | 22                |              |  | Prats y Grandcourt, 1969.  |
| Crecimiento                         | 4                                | 15     | 25                | 30           |  | Menacho, 1992; Gómez, 2005; Collantes, 2007; Coronel, 2000.                                  |
| Floración                           |                                  | 16     | 21                | 34           |  | Coronel, 2000 y Collantes, 2007.   |
| Maduración                          |                                  | 18     | 21                |              |  | Coronel, 2000 y Collantes, 2007.   |
| Precipitación (mm/año)              | Mín.                             | Óptima |                   | Máx.         | Obs.   | Fuente   |
|                                     |                                  | Mín.   | Máx.              |              |  |  |
|                                     |                                  | 600    | 800               |              |  | INIPA – GTZ, 1983.   |
| Fotoperiodo (horas/día)             | Mín.                             | Óptima |                   | Máx.         | Obs.   | Fuente   |
|                                     |                                  | Mín.   | Máx.              |              |  |  |
|                                     |                                  | 12     | 12                |              |  | Coronel, 2000.   |
| Textura del suelo                   | Óptima                           |        |                   | Menos óptima | Fuente   |  |
|                                     | Francos y ligeramente arcillosos |        |                   |              |  |  |
|                                     |                                  |        |                   |              | Gómez, 2005; INIPA – GTZ, 1983; Kamisato, 1996; Collantes, 2007. |  |
| pH del suelo                        | Mín.                             | Óptima |                   | Máx.         | Obs.   | Fuente   |
|                                     |                                  | Mín.   | Máx.              |              |  |  |
|                                     |                                  | 6      | 8,5               |              |  | Gómez, 2005; INIPA – GTZ, 1983; Kamisato, 1996; Collantes, 2007; Coulombe, 1983; DGET, 1983. |
| Materia orgánica (%)                | Óptima                           |        |                   | Menos óptima | Fuente   |  |
|                                     | Alto                             |        |                   |              |  |  |
|                                     |                                  |        |                   |              | Kamisato, 1996.  |  |
| Profundidad (cm)                    | Óptima                           |        |                   | Menos óptima | Fuente   |  |
|                                     | mayor a 30 cm                    |        |                   |              |  |  |
|                                     |                                  |        |                   |              | Collantes, 2007 y Kamisato, 1996.                                |  |

El cultivo de cebada para desarrollarse normalmente requiere de 600 a 800 mm de lluvia, sin embargo es uno de los cultivos que requiere menos agua para producir cosecha (Collantes, 2007; Coronel, 2000; INIPA-GTZ, 1983 y DGET, 1983): Por su parte la DRA-Apurímac, (2010) considera que la precipitación necesaria es de 600 a 1100 mm.

### **Requerimiento edafológico**

Es un cultivo que requiere suelos ligeros de textura franca y ligeramente arcilloso, con pH de 6 a 8,5, con alto contenido de materia orgánica y profundidad mayor a 30 cm. (Gómez, 2005; INIPA-GTZ, 1983; Kamisato, 1996; Collantes, 2007; Coulombe, 1983). Según la DRA-Apurímac, (2010) el cultivo en la zona requiere un suelo franco, franco arcilloso y limoso, un pH de 6 a 8, materia orgánica mayor 4% y una profundidad de 50 cm como mínimo.

#### **5.1.1.7 Pasto natural altoandino (*Festuca dolychophila*)**

Es una gramínea perenne, vigorosa, erguida, que forma grandes matas y densas. Conocida también como “kilhuar”, “chillihua” o “chilhuar”. Se adapta a la zona altoandina desde 3800 hasta los 4600 msnm (Flores y Malpartida, 1987; Arias y Malpartida, 1990; PRONAMACHCS – Cusco, 2008)



*Pasto altoandino en Huacrahuacho*

### **Requerimiento edafoclimático**

Se desarrolla bien en las condiciones de páramo muy húmedo sub andino subtropical y tundra pluvial alpino subtropical (PRONAMACHCS – Cusco, 2008) Es resistente a la sequía y medios con exceso de agua (Arias y Malpartida, 1990); y a las heladas.

Desarrolla bien en terrenos planos y con poca pendiente, con pH de 5,8 a 7,9; textura franco, profundidad mayor a 50 cm, alto contenido de materia orgánica, calcárea y contenido de potasio (Arias y Malpartida, 1990).

#### **5.1.1.8 Cultivo de alfalfa**

### **Requerimientos agroclimáticos**

Según (ISTP-Antabamba, 2010) el cultivo de alfalfa se siembra desde 300 hasta los 3600 msnm. Para la germinación requiere una temperatura óptima de 20 a 30 °C. Sin embargo, el proceso de germinación puede iniciarse desde 2 °C hasta 38 °C como máximo (Del Pozo, 1974; Villareal; Arrieta y Romero, 2008) y entre 6 a 10 °C según el ISTP-Antabamba, (2010). En la etapa de crecimiento vegetativo la temperatura óptima requerida es de 18 a 28 °C, con un mínimo de 5 °C y un máximo

de 30 °C (Del pozo, 1974; Villareal; Camacho, 2004; Mayhua et al. 2008; D'Attellis, 2005; Arrieta y Romero, 2008); mientras que especialistas del ISTP-Antabamba (2010) afirman que la alfalfa crece vegetativamente en el rango de temperatura de 14 a 17 °C, en la zona (**tabla 23**).

Sin embargo, algunos autores sostienen que la corona de alfalfa puede soportar temperatura mínima de hasta -10 °C en estado inactivo, para poder rebrotar cuando las condiciones de temperatura y humedad le sean favorables (Villareal). Para la etapa de floración la temperatura óptima debe fluctuar entre 18 y 28 °C acompañado de una temperatura nocturna de 18 °C.



*Cultivo de alfalfa en San Salvador*

La alfalfa requiere una precipitación promedio de 900 a 1 200 mm al año (D'Attellis, 2005 y Camacho, 2004) y entre 700 a 900 mm según el ISTP-Antabamba, (2010).

**Tabla 23.** Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de alfalfa

| Zona                                | Altitud (msnm)   |        | Fuente  |                              |      |   |
|-------------------------------------|------------------|--------|---|------------------------------|------|---|
|                                     | Mín.             | Max.   |   |                              |      |   |
| Costa y sierra                      | 0                | 2440   | Anaya Camacho M, 2004. Cultivo de alfalfa con riego por goteo sub-superficial. México |                              |      |   |
| <b>Requerimiento de temperatura</b> |                  |        |   |                              |      |   |
| Etapa                               | Temperatura (°C) |        |   |                              | Obs. | Fuente  |
|                                     | U. mín.          | Optima |   | U. máx.                      |      |   |
|                                     |                  | Mín.   | Máx.  |                              |      |   |
| Germinación                         | 2                | 20     | 30  | 38                           |      | Del pozo, 1974; Villareal; Arrieta y Romero, 2008.  |
| Crecimiento                         | 5                | 18     | 28  | 30                           |      | Del pozo, 1974; Villareal; Camacho, 2004; Mayhua et al. 2008; D'Attellis, 2005; Arrieta y Romero, 2008. |
| Floración                           | 18               | 18     | 28  |                              |      | D'Attellis, 2005.   |
| Precipitación (mm/año)              | Mín.             | Optima |   | Máx.                         | Obs. | Fuente  |
|                                     |                  | Mín.   | Máx.  |                              |      |   |
|                                     | 900              | 900    | 1 200   |                              |      | D'Attellis, 2005 y Camacho, 2004.   |
| Textura del suelo                   | óptima           |        |   | Menos óptima                 |      | Fuente  |
|                                     | Francos          |        |   | Arcillosos, limosos, arenoso |      |   |
|                                     |                  |        |   |                              |      | Camacho, 2004; Mayhua et al. 2008; Arrieta y Romero, 2008.  |
| pH del suelo                        | Mín.             | Optima |   | Máx.                         | Obs. | Fuente  |
|                                     |                  | Mín.   | Máx.  |                              |      |   |
|                                     | 4                | 6,2    | 7.5   | 8,5                          |      | Del pozo, 1974; Mayhua et al. 2008; Camacho M, 2004; Villareal; Arrieta y Romero, 2008.                 |
| Materia orgánica (%)                | Optima           |        |   | Menos óptima                 |      | Fuente  |
|                                     |                  |        |   |                              |      |   |
|                                     |                  |        |   |                              |      |   |
| Profundidad (cm)                    | Optima           |        |   | Menos óptima                 |      | Fuente  |
|                                     | Profundos        |        |   | Menos profundos              |      |   |
|                                     |                  |        |   |                              |      | Del pozo, 1974; Mayhua et al. 2008; Camacho M, 2004; Villareal; Arrieta y Romero, 2008.                 |

## Requerimiento edafológico

Los suelos deben ser de textura franca (Camacho, 2004; Mayhua et al., 2008; Arrieta y Romero, 2008). El pH del suelo oscila entre 4 y 8,5, siendo el óptimo de 6,2 a 7,5, se recomienda que los suelos para este cultivo deben ser profundos (Del pozo, 1974; Mayhua et al. 2008; Camacho M, 2004; Villareal; Arrieta y Romero, 2008). Según (ISTP-Antabamba, 2010) requiere suelos franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 7, materia orgánica mayor 4% y una profundidad de 100 cm.

### 5.1.2 Fenología de los cultivos priorizados

A continuación se presenta las diferentes etapas fenológicas (días) para los cultivos priorizados de la región Cusco: maíz, papa, haba, trigo, cebada y alfalfa.

#### 5.1.2.1 Cultivo de maíz

Según la **tabla 24**, en las zonas de estudio de la región de Cusco, el ciclo del cultivo de maíz dura alrededor de 190 días. La etapa vegetativa abarca después de la siembra hasta la emergencia de la panoja, este periodo requiere de alrededor de 84 días. Está dividida en dos subetapas, debido a su requerimiento de temperatura: siembra-emergencia y emergencia-panoja.

**Tabla 24.** Etapas del cultivo de maíz en días

| Cultivo/tipo                          | Etapa vegetativa   |                         | Etapa reproductiva<br>Botón floral-Inicio de maduración | Etapa de maduración<br>Inicio de maduración-madurez final | Ciclo      |            | Fuente   |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|---|---|------------|------------|--|
|                                       | Siembra emergencia | Emergencia-Botón floral |   |   | Mínimo     | Máximo     |  |
| Amarillo de la zona                   | 9                  | 62                      | 20  | 80  | 171        | 171        | Estaciones meteorológicas de SENAMHI región Cusco  |
| Blanco de la zona                     | 9                  | 80                      | 21  | 83  | 193        | 193        |  |
| Blanco Urubamba                       | 13                 | 75                      | 19  | 92  | 199        | 199        |  |
| Amarillo oro                          | 10                 | 72                      | 20  | 82  | 184        | 184        |  |
| Maíz blanco gigante de Cusco          |                    |                         |   |   | 230        | 260        | Estación Experimental Andes Cusco. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria Cusco |
| Blanco Urubamba PMV-560               |                    |                         |   |   | 230        | 240        |  |
| INIA 607 Checche Andenes              |                    |                         |   |   | 190        | 210        |  |
| Amarrillo oro                         |                    |                         |   |   | 215        | 240        |  |
| Maíz Cristalino INIA 613-Amarillo oro |                    |                         |   |   | 210        | 230        |  |
| Blanco grano – San Salvador           | 15                 | 70                      | 50  | 55  | 190        | 190        | Entrevista a los productores del distrito de San Salvador  |
| Blanco grano – San Salvador           | 15                 | 70                      | 50  | 55  | 190        | 190        |  |
| Blanco grano – San Salvador           | 15                 | 65                      | 50  | 60  | 190        | 190        |  |
| Blanco grano – San Salvador           | 15                 | 60                      | 50  | 65  | 190        | 190        |  |
| <b>Promedio</b>                       | <b>14</b>          | <b>70</b>               | <b>29</b>   | <b>73</b>   | <b>190</b> | <b>193</b> |  |

La siembra-emergencia, dura alrededor de 14 días en promedio, sin embargo este varía desde 9 a 15 días. La subetapa emergencia-panoja, abarca un periodo de 70

días en promedio, con una variación de 60 a 80 días. Es el periodo que requiere la planta para acumular las reservas suficientes para las etapas posteriores de floración y maduración.

Según las fuentes que provienen de las zonas de estudio, la etapa reproductiva dura alrededor de 36 días en promedio, sin embargo, este puede variar desde 20 a 50 días.

La etapa de maduración abarca un periodo de 73 días en promedio, fluctuando desde 60 a 92 días.

### 5.1.2.2 Cultivo papa mejorada

Según la **tabla 25**, en las zonas de estudio de la región Cusco, el ciclo del cultivo de papa dura alrededor de 180 días, fluctuando entre 130 a 190 días.

La etapa vegetativa comprende después de la siembra hasta el botón floral, este periodo abarca alrededor de 70 días. Está dividida en dos subetapas por su requerimiento de temperatura: siembra-emergencia y emergencia-botón floral.

La siembra-emergencia, dura alrededor de 25 días, con una variación de 25 a 30 días. Esta variación se debe a los efectos de la temperatura, agua y el estado de los brotes de la semilla (presencia de brotes).

**Tabla 25.** Etapas del cultivo de Papa en días

| Cultivo/tipo           | Etapa Vegetativa   |                         | Reproductiva           | Maduración                 | Ciclo      |            | Fuente   |
|------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|------------|------------|--|
|                        | Siembra emergencia | Emergencia-Botón floral | Botón floral-floración | Floración-maduración final | Mínimo     | Máximo     |  |
| Tomasa Tito Condemayta |                    |                         |                        |                            | 130        | 135        | Estación Experimental Andes Cusco. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria |
| Yungay                 |                    |                         |                        |                            | 150        | 180        |  |
| Cica                   |                    |                         |                        |                            | 150        | 160        |  |
| Cica                   | 25                 | 52                      | 52                     | 28                         | 157        | 157        | Estaciones meteorológicas de SENAMHI región Cusco  |
| Yungay                 | 30                 | 38                      | 61                     | 25                         | 154        | 154        |  |
| Papa Marangani         | 25                 | 40                      | 60                     | 55                         | 180        | 180        | Entrevista a los productores del distrito de Marangani Cusco                               |
| Papa Marangani         | 25                 | 45                      | 65                     | 55                         | 180        | 190        |  |
| Papa Marangani         | 25                 | 45                      | 60                     | 50                         | 180        | 180        |  |
| Papa Marangani         | 25                 | 45                      | 60                     | 55                         | 180        | 180        |  |
| Papa San salvador      | 25                 | 45                      | 60                     | 50                         | 180        | 180        | Entrevista a los productores del distrito de San Salvador-Cusco                            |
| Papa San salvador      | 25                 | 45                      | 60                     | 60                         | 180        | 180        |  |
| Promedio               | <b>25</b>          | <b>45</b>               | <b>60</b>              | <b>53</b>                  | <b>180</b> | <b>180</b> |  |

La sub etapa emergencia-botón floral, abarca un periodo de 45 días, es el periodo que requiere la planta para acumular las reservas suficientes para las etapas

posteriores de floración y maduración. El rango de variación se encuentra entre 38 y 52 días.

La etapa reproductiva tiene una media de 60 días, sin embargo, según las entrevistas realizadas a los productores de papa en las zonas de estudio este periodo puede variar desde 52 a 61 días.

La etapa de maduración abarca un periodo de 53 días, según las fuentes, este periodo puede variar desde 25 a 60 días.

### 5.1.2.3 Cultivo de haba

Según la **tabla 26**, para las zonas de estudio de la región Cusco, el ciclo del cultivo de haba puede durar alrededor de 6 meses, esta información es concordante con las diferentes fuentes de SENAMHI y la información de los productores agrarios de las zonas de estudio. La variación puede abarcar desde 140 hasta 203 días.

La etapa vegetativa se considera después de la siembra hasta el botón floral, abarcando un periodo de 75 días. Se divide en dos subetapas, por su requerimiento de temperatura: siembra-emergencia y emergencia-botón floral, con periodos de 20 y 55 días respectivamente. Para siembra-emergencia, el periodo varía 13 a 20 días y para emergencia-botón de 55 a 71 días.

La etapa reproductiva del cultivo de haba dura alrededor de 50 días, sin embargo, este puede variar desde 29 hasta 65 días según las fuentes de SENAMHI.

La etapa de maduración tiene una media de 55 días, este periodo puede ser de 55 a 98 días. Sin embargo los productores sostienen que esta etapa varía entre 40 a 50 días.

**Tabla 26.** Etapas del cultivo de haba en días

| Cultivo/tipo      | Etapa Vegetativa   |                         | Reproductiva                | Maduración                      | Ciclo      |            | Fuente   |
|-------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------|------------|--|
|                   | Siembra emergencia | Emergencia-Botón floral | Botón floral-fructificación | Fructificación-maduración final | Mínimo     | Máximo     |  |
| Blanco Anta       |                    |                         |                             |                                 | 200        | 200        | Estación Experimental Andes Cusco. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria |
| Verde Anta        |                    |                         |                             |                                 | 182        | 187        |  |
| Quelcao           |                    |                         |                             |                                 | 195        | 200        |  |
| Cusqueñita        |                    |                         |                             |                                 | 180        | 190        |  |
| Chacha            |                    |                         |                             |                                 | 182        | 187        |  |
| INIA 401-Cusco    |                    |                         |                             |                                 | 140        | 150        |  |
| De la zona        | 13                 | 56                      | 33                          | 98                              | 200        | 200        | Estaciones meteorológicas de SENAMHI región Cusco  |
| De la zona        | 15                 | 71                      | 29                          | 88                              | 203        | 203        |  |
| Haba Marangani    | 20                 | 55                      | 50                          | 55                              | 180        | 180        | Entrevista a los productores del distrito de Marangani                                     |
| Haba Marangani    | 20                 | 55                      | 50                          | 55                              | 180        | 180        |  |
| Haba Marangani    | 20                 | 55                      | 50                          | 55                              | 180        | 180        |  |
| Haba Marangani    | 20                 | 55                      | 50                          | 55                              | 180        | 180        |  |
| Haba San Salvador | 20                 | 55                      | 45                          | 60                              | 180        | 180        | Entrevista a los productores del distrito de San Salvador                                  |
| <b>Promedio</b>   | <b>20</b>          | <b>55</b>               | <b>50</b>                   | <b>55</b>                       | <b>184</b> | <b>186</b> |  |



### 5.1.2.4 Cultivo de trigo

Según la **tabla 27**, el ciclo del cultivo de trigo puede durar alrededor de 160 días; sin embargo los reportes fenológicos de las estaciones de SENAMHI indican para este periodo una duración entre 140 y 210 días para las diferentes variedades.

La etapa vegetativa se considera después de la siembra hasta el inicio de espiga, abarcando un periodo de 66 días. Se divide en dos sub etapas, según su requerimiento agroclimático: siembra-emergencia y emergencia-espiga que abarcan alrededor de 13 y 52 días respectivamente. Para siembra-emergencia, el periodo varía 5 a 15 días y para la emergencia-espiga varía de 45 a 86 días.

La etapa reproductiva del cultivo del trigo dura alrededor de 40 días. Sin embargo, este puede variar desde 31 hasta 53 días. La etapa de maduración abarca un periodo de 50 días, variando entre 44 a 86 días.

**Tabla 27.** Etapas y ciclo del cultivo de trigo en días

| Cultivo/tipo                        | Etapa Vegetativa   |                   | Reproductiva                     | Maduración                                  | Ciclo      |            | Fuente   |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------------------|---|------------|------------|--|
|                                     | Siembra emergencia | Emergencia espiga | Espiga-Inicio maduración lechosa | Inicio maduración lechosa-maduración cornea | Mínimo     | Máximo     |  |
| Trigo harinero Andenes              |                    |                   |                                  |   | 155        | 180        | Estación Experimental Andes Cusco. Instituto Nacional de Investigación y extensión Agraria |
| Trigo harinero INIA 405- San Isidro |                    |                   |                                  |   | 160        | 160        |  |
| Trigo Andino INIA                   |                    |                   |                                  |   | 120        | 160        |  |
| Trigo Marangani                     | 15                 | 45                | 40                               | 50  | 150        | 150        | Entrevista a los productores del distrito de Marangani                                     |
| Trigo Marangani                     | 15                 | 45                | 40                               | 50  | 150        | 150        |  |
| Trigo Marangani                     | 15                 | 45                | 40                               | 50  | 150        | 150        |  |
| Trigo Marangani                     | 15                 | 45                | 40                               | 50  | 150        | 140        |  |
| Trigo Cahuide                       | 5                  | 65                | 54                               | 86  | 210        | 140        | Estaciones meteorológicas de SENAMHI región Cusco  |
| Trigo Gavilán                       | 5                  | 60                | 31                               | 47  | 143        | 143        |  |
| Trigo Salcantay de la zona          | 7                  | 86                | 53                               | 49  | 195        | 195        |  |
| Trigo Yanbarba                      | 12                 | 65                | 52                               | 44  | 173        | 173        |  |
| <b>Promedio</b>                     | <b>14</b>          | <b>53</b>         | <b>40</b>                        | <b>50</b>                                   | <b>150</b> | <b>160</b> |  |

### 5.1.2.5 Cultivo de cebada

Según la **tabla 28**, para las zonas de estudio de la región Cusco, el ciclo del cultivo de cebada tiene una media de 143 días. Aunque, este periodo puede variar entre 145 a 164 días.

La etapa vegetativa se considera después de la siembra hasta el inicio de espiga, abarcando un periodo de 63 días. Esta etapa divide en dos subetapas en función a su requerimiento agroclimático: siembra-emergencia y emergencia-espiga, con periodos de 11 y 52 días respectivamente. Para la etapa siembra-emergencia, el período varía 6 a 15 días, y para la emergencia-espiga de 40 a 75 días.

La etapa reproductiva del cultivo de cebada dura alrededor de 36 días, sin embargo, este puede variar desde 33 hasta 40 días (SENAMHI, INIA-Cusco y los productores agrarios de la zona de estudio). La etapa de maduración tiene una media de 50 días, sin embargo esta puede ser desde 50 a 53 días.

**Tabla 28.** Etapas del cultivo de Cebada en días

| Cultivo/tipo              | Etapa Vegetativa   |                   | Reproductiva | Maduración | Ciclo                            |   | Fuente   |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------|------------|----------------------------------|---|--|
|                           | Siembra emergencia | Emergencia espiga |              |            | Espiga-Inicio maduración Lechosa | Inicio maduración lechosa-maduración cornea |  |
| Cebada INIA San Cristóbal |                    |                   |              |            | 145                              | 145   | Estación Experimental Andes Cusco. Instituto Nacional de Investigación y extensión Agraria |
| Cebada Grinon             | 7                  | 64                | 40           | 53         | 164                              | 164   | Estaciones meteorológicas de SENAMHI región Cusco  |
| Cebada Grinon             | 6                  | 75                | 33           |            |                                  |   |  |
| Cebada Marangani          | 15                 | 40                | 35           | 50         | 140                              | 140   | Entrevista a los productores del distrito de Marangani                                     |
| Cebada Marangani          | 15                 | 40                | 35           | 50         | 140                              | 140   |  |
| <b>Promedio</b>           | <b>15</b>          | <b>40</b>         | <b>35</b>    | <b>50</b>  | <b>143</b>                       | <b>143</b>                                  |  |

### 5.1.2.6 Alfalfa

Según la **tabla 29**, para las zonas de estudio de la región Cusco, el cultivo de alfalfa tiene un periodo promedio de 67 días, según reportes de SENAMHI y FAO.

La etapa vegetativa del cultivo de alfalfa en las zonas de estudio de la región Cusco dura aproximadamente 47 días en promedio. Esta etapa se inicia después del corte o pastoreo hasta el inicio de botón floral.

Esta etapa se divide en dos subetapas, corte-brotamiento y brotamiento-botón floral que abarcan 9 y 38 días respectivamente. El tiempo de brotamiento es entre 5 y 15 días, mientras que el crecimiento vegetativo varía entre 31 y 59 días, sin embargo existen reportes que este puede ser de 11 días en algunos casos.

En la mayoría de los casos a los 23 días de iniciada la etapa reproductiva se procede al corte o pastoreo.

**Tabla 29.** Etapas del cultivo de Alfalfa en días

| Etapa                    | Altitud (msnm)                                       | 3374    | 2855 | 3060 | 3085 | Período por etapas | Fuente  |
|--------------------------|--|---------|------|------|------|--------------------|---|
|                          | Etapas fenológicas                                   | Período |      |      |      |                    |   |
| Vegetativa               | Corte-rebrotamiento                                  | 15      | 5    | 8    | 10   | 9                  | Estaciones meteorológicas de SENAMHI- región Cusco. |
|                          | Rebrotamiento-botón floral                           | 11      | 31   | 45   | 59   | 38                 |   |
| Reproductiva             | Botón floral-inicio de crecimiento de vainas         |         |      |      |      | 10                 | FAO, 2006.  |
| Maduración               | Inicio de crecimiento de vainas-maduración de vainas |         |      |      |      | 10                 |   |
|                          | Corte  | 32      | 33   | 10   | 16   | 24                 | Estaciones meteorológicas de SENAMHI- región Cusco. |
|                          | Periodo de corte                                     | 58      | 69   | 63   | 85   | 69                 |   |
| <b>Ciclo del cultivo</b> |  |         |      |      |      | <b>67</b>          |   |

### 5.1.2.7 Pasto natural alto andino

Según la **tabla 30**, el ciclo del pasto alto andino para la región Cusco abarca alrededor de 362 días.

La etapa vegetativa se considera después de que el pasto entra en estado de reposo hasta el inicio de panoja, esta etapa abarca alrededor de 290 días. De los cuales 207 días transcurre en estado reposo, donde la actividad fisiológica es mínima. La actividad vegetativa se reinicia cuando las condiciones medioambientales son propicias (temperatura y humedad), lo cual se denomina rebrote.

Una vez ocurrida la fase de rebrote, continúa la fase de elongación (acumulación de reservas y nuevos órganos vegetativos) abarcando un período de 85 días en promedio.

La etapa reproductiva del pasto altoandino dura alrededor de 34 días en promedio, sin embargo, este puede variar desde 18 hasta 31 días y en algunos casos se reportan hasta 57 días.

La etapa de maduración abarca un periodo de 37 días, esta etapa puede variar desde 25 a 56 días. Esta etapa se le conoce también como senescencia, comienza con el inicio de maduración del grano hasta el final su madurez final.

Según las fuentes el proceso rebrotamiento del pasto altoandino se inicia alrededor del mes de noviembre, la floración ocurre entre enero y febrero y la fructificación - maduración en marzo-mayo.

Según las entrevistas realizadas a los agricultores y ganaderos y la visita de reconocimiento realizado a la microcuenca de Huacrahuacho se tienen que el ciclo del pasto alto andino dura entre 300 a 360 días. El periodo de reposo-brotamiento dura entre 150 y 180 días, la etapa de elongación (brotamiento-panoja) abarca desde 90 a 120 días, la etapa de panoja-inicio de maduración dura alrededor de 30 días al igual que la maduración

**Tabla 30.** Etapas y ciclo del pasto natural alto andino en días

| Etapas fenológicas  | Fuente                          |            |                              |            | Promedio   | Etapa        |
|---|---------------------------------|------------|------------------------------|------------|------------|--------------|
|   | Estación Crucero Alto 4154 msnm |            | Estación Angostura 4508 msnm |            |            |              |
|   | 2009                            | 2009/2010  | 2008/2009                    | 2009/2010  |            |              |
| Reposo-rebrotamiento  | 202                             | 199        | 205                          | 220        | 207        | Vegetativa   |
| Rebrotamiento-panoja  | 91                              | 71         | 86                           | 91         | 85         |              |
| Panoja-inicio de senescencia o maduración-final de maduración | 29                              | 57         | 18                           | 31         | 34         | Reproductiva |
| Inicio de senescencia o maduración -final de maduración       | 43                              | 25         | 56                           | 23         | 37         | Maduración   |
| <b>Ciclo</b>  | <b>365</b>                      | <b>352</b> | <b>365</b>                   | <b>365</b> | <b>362</b> |              |

### 5.1.3 Análisis del uso actual del suelo en las zonas priorizadas

Se evalúa el uso actual del suelo para cada una de las zonas priorizadas, como una herramienta que contribuye a la planificación agrícola.

#### 5.1.3.1 Distrito de San Salvador

Según la **tabla 31**, en el distrito de San Salvador se aprecia un alto porcentaje de tierras de uso no agrícola (79,64%), destinadas a pastos naturales, montes y bosques y otras clases de tierras. Por otro lado las tierras de uso agrícola solo representan el 20,36% del área del distrito. Los de uso agrícola están agrupados en tierras bajo riego y en seco representando el 5,89 y 14,48% respectivamente, a nivel distrital.

Cabe destacar que el 65,90% del área del distrito es utilizada para pastos naturales, lo cual significaría el potencial para el mejoramiento de pastos naturales de la zona y el cultivo de nuevas especies forrajeras para la actividad pecuaria.

**Tabla 31.** Categorías de uso de la tierra en el distrito de San Salvador

| Uso          | Sub categoría         | Área (ha)       | Porcentaje (%) | Total (%)     |
|--------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|
| Agrícola     | Riego                 | 460,72          | 5,89           | 20,36         |
|              | Secano                | 1 133,14        | 14,48          |               |
| No agrícola  | Pastos naturales      | 5 158,25        | 65,90          | 79,64         |
|              | Montes y bosques      | 233,11          | 2,98           |               |
|              | Otra clase de tierras | 841,82          | 10,76          |               |
| <b>Total</b> |                       | <b>7 827,04</b> | <b>100,00</b>  | <b>100,00</b> |

Fuente: III CENAGRO 1994

#### 5.1.3.2 Distrito de Marangani

Según la **tabla 32**, sólo el 3,46% de las tierras del distrito de Marangani se destinan para uso agrícola, de los cuales el 2,3% tienen riego.

**Tabla 32.** Categorías de uso de la tierra en el distrito de Marangani

| Uso          | Sub categoría         | Área (ha)        | Porcentaje (%) | Total (%)  |
|--------------|-----------------------|------------------|----------------|------------|
| Agrícola     | Bajo riego            | 966,41           | 2,30           | 3,46       |
|              | En seco               | 488,32           | 1,16           |            |
| No agrícola  | Pastos naturales      | 36 641,06        | 87,11          | 96,54      |
|              | Montes y bosques      | 587,14           | 1,40           |            |
|              | Otra clase de tierras | 3 378,91         | 8,03           |            |
| <b>Total</b> |                       | <b>42 061,84</b> | <b>100,00</b>  | <b>100</b> |

Fuente: III CENAGRO 1994

Según la Dirección Regional Agraria del Cusco, durante la campaña agrícola 2007-2008 se sembraron aproximadamente 1500 ha a nivel distrital, que representaría

alrededor de 3,6%. Los cuales indicarían que a nivel de distrito de Marangani las áreas destinadas para uso agrícola son muy limitadas. El 96,54% de las áreas están destinadas para uso no agrícola, de las cuales los pastos naturales ocupan el 87,11%, los montes y bosques 1,4% y otra clase de tierras el 8,03% de las tierras.

Cabe destacar que la subcategoría de pastos naturales ocupa el mayor porcentaje de la extensión de las tierras del distrito de Marangani.

### 5.1.3.3 Microcuenca de Huacrahuacho

Según la **tabla 33**, en la microcuenca de Huacrahuacho las tierras con uso agrícola solo representan el 4,4%, de los cuales el 0,1% tiene riego.

El área no agrícola representa el 95,6%, de los cuales los pastos naturales ocupan el 79,83%. Esto indica que en la microcuenca de Huacrahuacho la actividad pecuaria es la más importante.

**Tabla 33.** Categorías de uso de la tierra en la microcuenca de Huacrahuacho

| Uso         | Sub categoría         | Área (ha)       | Porcentaje (%) | Total (%)     |
|-------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|
| Agrícola    | Bajo riego            | 71,84           | 0,10           | 4,40          |
|             | En seco               | 3022,23         | 4,29           |               |
| No agrícola | Pastos naturales      | 56178,56        | 79,83          | 95,60         |
|             | Montes y bosques      | 84,25           | 0,12           |               |
|             | Otra clase de tierras | 11012,98        | 15,65          |               |
|             | <b>Total</b>          | <b>70369,86</b> | <b>100,00</b>  | <b>100,00</b> |

Fuente: III CENAGRO 1994

### 5.1.4 Análisis edáfico de las zonas de estudio

La descripción de las características edáficas para cada una de las zonas de estudio, se basa en la información proveniente del Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona Alto Andina del Perú (ONERN, 1986 y el análisis de muestras de suelo tomadas en campo.

#### 5.1.4.1 Distrito de San Salvador

El distrito de San Salvador abarca alrededor de 12828,65 ha aproximadamente (**tabla 34**), de los cuales la unidad Cuyo-Misceláneo tiene cerca de 9823,50 ha, la unidad Ccatcca 2684,00 ha y la unidad Pomacanchi ocupa alrededor de 321,15 ha (**mapa 03**).

El perfil de los suelos presenta principalmente horizontes A, B y C, la profundidad varía entre 1 y 1,3 metros, el contenido de limo y arcilla en la unidad Pomacanchi es importante (alrededor de 60%), en la unidad Ccatcca es alto (70%) y en la unidad Cuyo-Misceláneo es bajo (menor al 30%).

La textura varía entre media y moderadamente fina, la reacción es de moderadamente alcalino a ligeramente alcalino para los suelos de Pomacanchi y Cuyo-Misceláneo, con un contenido de materia orgánica de bajo a medio (0,34 a 2,41%).

La asociación Cuyo-Misceláneo, presenta en su perfil los horizontes A, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>. Cabe destacar que el horizonte superficial constituye la capa A, de poca profundidad, baja fertilidad, pedregosidad y presencia de rocas. El subsuelo está formado por capas no consolidado de la roca madre (C), indicador de suelos superficiales de poco desarrollo. La profundidad de su perfil y la textura son recomendables para los cultivos priorizados de la zona, sin embargo el tipo de reacción favorece el cultivo de haba.

La unidad Pomacanchi, presenta en su perfil los horizontes Ap, A, Bw, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>. El horizonte superficial constituye las capas Ap, A, sin embargo el horizonte Bw representa condiciones alta concentración de arcillas, el subsuelo está formado por capas no consolidado de la roca madre (C).

**Tabla 34.** Indicadores edafológicos del distrito de San Salvador

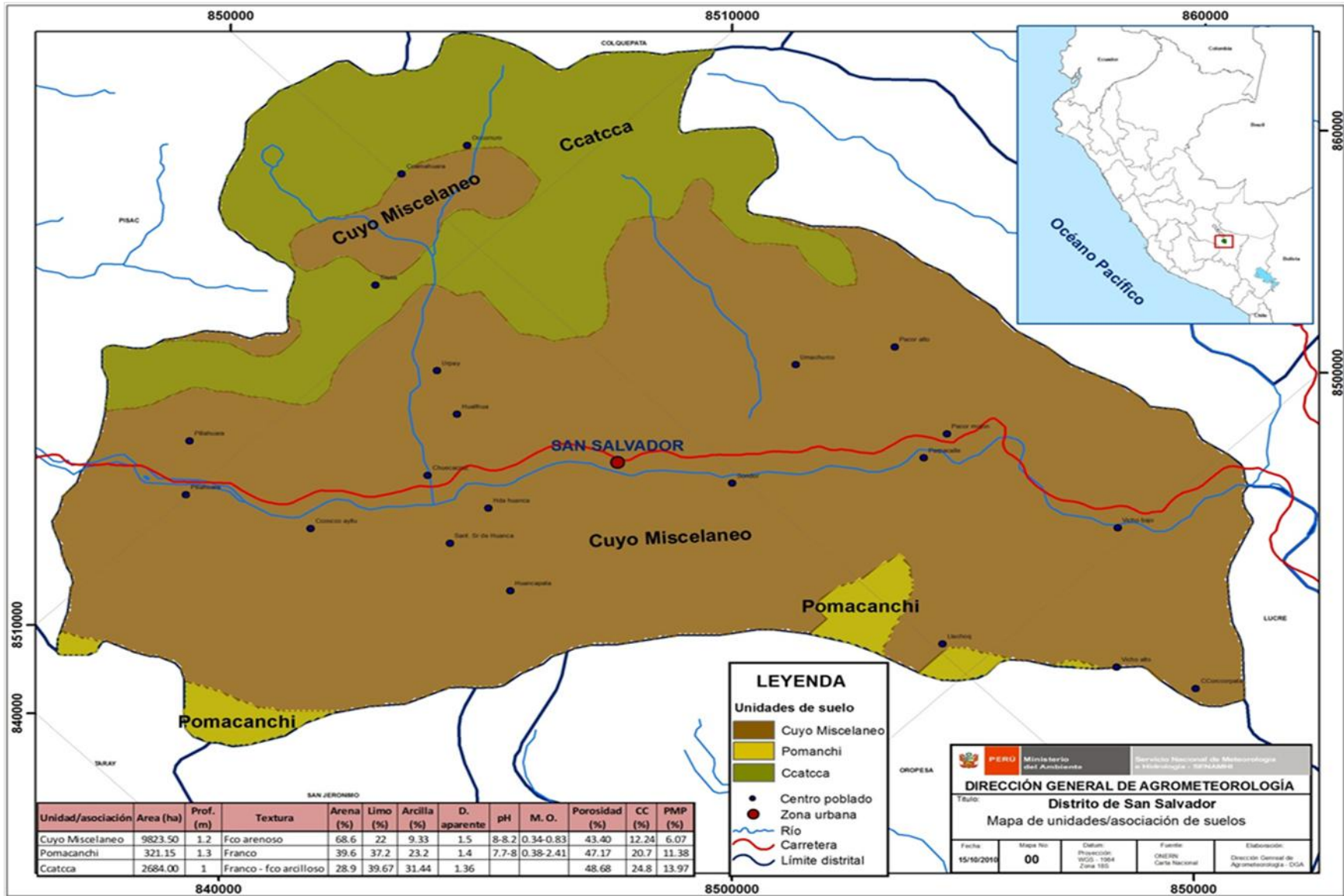
| Unidad/asociación | Cuyo Misceláneo                    | Pomacanchi                                 | Ccatcca                   | Total (ha)       |
|-------------------|------------------------------------|--|---------------------------|------------------|
| Área (ha)         | 9 823,5                            | 321,15                                     | 2684                      | <b>12 828,65</b> |
| Horizonte         | A, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> | Ap, A, Bw, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> | A, C                      |                  |
| Profundidad (m)   | 1,2                                | 1,3  | 1                         |                  |
|                   | Profundo                           | Profundo                                   | Mod. Profundo - profundo  |                  |
| Textura           | Franco arenoso                     | Franco                                     | Franco - franco arcilloso |                  |
|                   | Media                              | Media                                      | Media - mod. Fina         |                  |
| Arena (%)         | 68,6                               | 39,6                                       | 28,9                      |                  |
| Limo (%)          | 22,0                               | 37,2                                       | 39,67                     |                  |
| Arcilla (%)       | 9,33                               | 23,2                                       | 31,44                     |                  |
| Densidad aparente | 1,5                                | 1,4  | 1,36                      |                  |
| pH                | 8-8,2                              | 7,7-8                                      |                           |                  |
|                   | Mod. Alcalino                      | Lig. Alcalino-Mod. Alcalino                |                           |                  |
| Materia orgánica  | 0,34-0,83                          | 0,38-2,41                                  |                           |                  |
|                   | Bajo                               | Bajo-medio                                 |                           |                  |
| Porosidad (%)     | 43,4                               | 47,17                                      | 48,68                     |                  |
| CC (%)            | 12,24                              | 20,7                                       | 24,8                      |                  |
| PMP (%)           | 6,07                               | 11,38                                      | 13,97                     |                  |

La profundidad de su perfil y la textura son recomendables para los cultivos priorizados de la zona, sin embargo el tipo de reacción favorece el cultivo de haba.

La unidad Ccatcca, presenta en su perfil los horizontes A y C, es un suelo superficial de poco desarrollo, formado por el horizonte y el subsuelo y por capas no consolidado de la roca madre (C).

Se caracteriza por su poca profundidad en su perfil, baja fertilidad, pedregosidad y presencia de rocas. Sin embargo la textura, el tipo de reacción es recomendable para los cultivos priorizados de la zona, especialmente para el cultivo de haba.

Mapa 03. Distrito de San Salvador - Unidades de suelo



### 5.1.4.2 Distrito de Marangani

En la **tabla 35**, se presentan los indicadores edafológicos de las unidades de suelo; de acuerdo a ésta información, el distrito de Marangani tiene una extensión de 44038,87 ha aproximadamente, de los cuales 33113,97 ha corresponde a la asociación Langui-Misceláneo; 3578,88 ha a la unidad Misceláneo, conformada por zonas rocosas cubiertas por nieve, lagunas, lagos, entre otros; 2387,00 ha a la asociación Cuyo-Sicuani y 2022,90 ha a Langui-Sauri; el resto conforman las unidades Cuyo-Misceláneo, Langui-Pumahuasi y Misceláneo-Banguí (**mapa 04**).

El perfil de las unidades está conformado por los horizontes A y C principalmente. La profundidad varía entre 0,9 a 1,45 m, tienen una textura media a moderadamente fina. El porcentaje de arcilla y limo de la unidad Cuyo-Sicuani y Langui-Yauri alcanzan cerca de 40% lo cual indica que se trata de suelos con alto potencial productivo

La reacción varía entre fuertemente ácido a moderadamente alcalino, el contenido de materia orgánica varía entre 0,13 a 7,82%, la asociación Cuyo-Sicuani y Cuyo-Misceláneo tienen menos materia orgánica. El porcentaje de porosidad de los suelos se encuentra entre 42 y 46%.

**Tabla 35.** Indicadores edafológicos del distrito de Marangani

| Unidad/asociación | Langui - Misceláneo                | Misceláneo | Cuyo - Sicuani   | Langui - Yauri                                      | Cuyo Misceláneo                    | Langui - Pumahuasi  | Misceláneo - Langui                | Área total (ha) |
|-------------------|------------------------------------|------------|--|---|------------------------------------|---|------------------------------------|-----------------|
| Área (ha)         | 33113,97                           | 3578,88    | 2387   | 2022,9  | 1511,1                             | 1414,6  | 10,42                              | <b>44038,87</b> |
| Horizonte         | A, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> |            | Ap, A, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3k</sub> | A, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> | A, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> | A, Bg, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , Cg               | A, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> |                 |
| Profundidad (m)   | 1                                  |            | 1,45   | 0,9   | 1,2                                | 1   | 1                                  |                 |
|                   | Mod. profundo - profundo           |            | Profundo   | Mod. Profundo                                       | Profundo                           | Mod. profundo - profundo                                  | Mod. profundo - profundo           |                 |
| Textura           | Arena franca, franco arenoso       |            | Franco arenoso, Fco, Fco arcillo arenoso,                | Arena fca, franco arenoso, fco, fco arcilloso       | Franco arenoso                     | Arena fca, franco arenoso, arcilloso, fco arcillo arenoso | Arena franca, franco arenoso       |                 |
|                   | Gruesa - media                     |            | Media - Mod. Fina  | Gruesa - Mod. Fina                                  | Media                              | Gruesa - mod. fina  | Gruesa                             |                 |
| Arena (%)         | 77,3                               |            | 61,6   | 57,9  | 68,6                               | 66,9  | 77,3                               |                 |
| Limo (%)          | 16,66                              |            | 25,8   | 21,8  | 22                                 | 18,06   | 16,66                              |                 |
| Arcilla (%)       | 6                                  |            | 12,6   | 20,25   | 9,33                               | 15  | 6                                  |                 |
| Densidad aparente | 1,53                               |            | 1,45   | 1,42  | 1,5                                | 1,43  | 1,53                               |                 |
| pH                | 5,7-6                              |            | 7,8-8,2  | 5,3-6,8   | 8-8,2                              | 5,4-6,3   | 5,7-6                              |                 |
|                   | Mod. Ácido - neutro                |            | Lig. Alcalino - Mod. Alcalino                            | Fuert. Ácido - neutro                               | Mod. Alcalino                      | Fuertemente Ácido - lig. Ácido                            | Mod. Ácido                         |                 |
| Materia orgánica  | 0,87-6,72                          |            | 0,34-1,93  | 0,87-6,72   | 0,34-0,83                          | 0,13-7,82   | 0,87-6,72                          |                 |
|                   | Bajo - alto                        |            | Bajo   | Bajo - alto   | Bajo                               | Bajo - alto   | Bajo - alto                        |                 |
| Porosidad (%)     | 42,14                              |            | 44,6   | 45,69   | 43,4                               | 44,36   | 42,14                              |                 |
| CC (%)            | 9,98                               |            | 14,26  | 17,21   | 12,24                              | 14,29   | 9,98                               |                 |
| PMP (%)           | 4,65                               |            | 7,34   | 9,19  | 6,07                               | 7,36  | 4,65                               |                 |



La asociación Langui-Misceláneo, tiene en su perfil al horizonte A, C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, indica que la capa de suelo lo conforma el horizonte A, se caracteriza por su poca profundidad, baja fertilidad, pedregosidad y presencia de rocas: mientras que el subsuelo está formado por capas no consolidado de la roca madre (C).

La profundidad va desde moderadamente profundo a profundo, textura media, pH moderadamente ácida a fuertemente ácida, el contenido de materia orgánica es variado, desde el nivel bajo hasta alto.

La profundidad es adecuada para todo los cultivos priorizados, sobre todo para el cultivo de cebada que requiere suelos de poca profundidad. De igual manera la textura, excepto para el trigo, que requiere suelos de textura fina a moderadamente fina. La acidez de estas tierras indica que los cultivos de papa, habas, trigo y cebada son las adecuadas para la zona.

Asociación Cuyo-Sicuani, presenta en su perfil los horizontes A, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3k</sub>, lo que indica que existen zonas con intensa actividad agrícola (Ap) y así mismo en algunos sectores el subsuelo con alto contenido de carbonatos (C<sub>3k</sub>). Cabe destacar que el horizonte superficial constituye la A o Ap, de poca profundidad, baja fertilidad, pedregosidad y presencia de rocas; mientras que el subsuelo está formado por capas no consolidado de la roca madre (C).

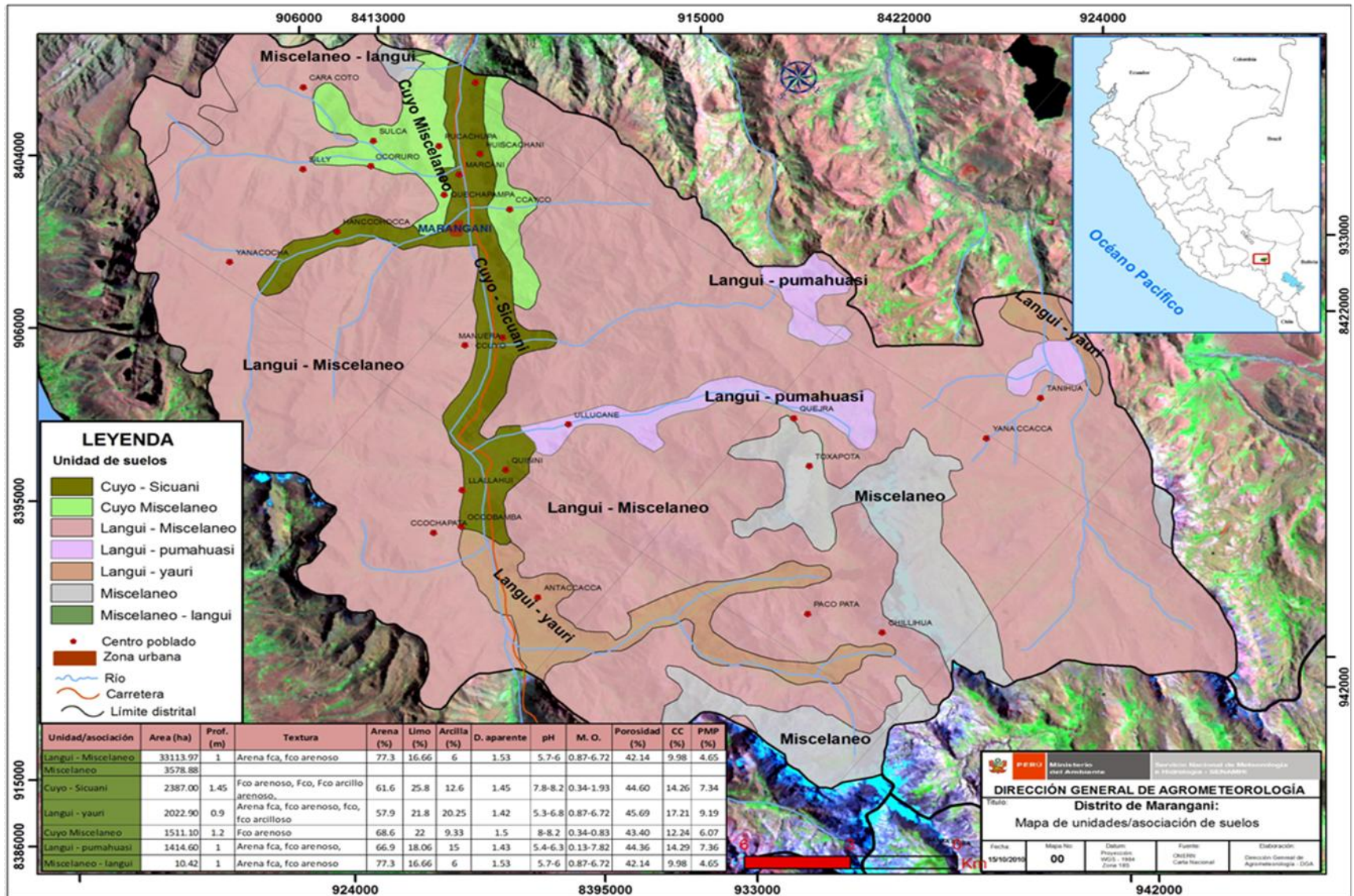
Tiene un perfil profundo, puede desarrollar todos los cultivos priorizados de la zona aunque la capa superficial está constituido por el horizonte A, textura media a moderadamente fina, reacción ligeramente alcalino a moderadamente alcalino y bajo contenido de materia orgánica. La textura es adecuada para los cultivos priorizados, excepto para el trigo. La acidez muestra que son ideales para el cultivo de haba, trigo y cebada, aunque no tanto para la papa y maíz.

Asociación Langui-Yauri, presenta en su perfil los horizontes A, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>. Cabe destacar que el horizonte superficial constituye la capa A, de poca profundidad, baja fertilidad, pedregosidad y presencia de rocas. El subsuelo está formado por capas no consolidado de la roca madre (C), lo cual indica que son suelos superficiales de poco desarrollo (carecen del horizonte B).

Su perfil es moderadamente profundo, recomendable para cultivos de cebada, aunque no para otros cultivos priorizados de la zona, agrupa a suelos con textura variada, de gruesa a moderadamente fina; reacción fuertemente ácida a neutro, el contenido de materia orgánica varía desde bajo a alto. La textura y la reacción son adecuadas para los cultivos priorizados de la zona

Asociación Cuyo-Misceláneo, presenta en su perfil los horizontes A, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>. El horizonte superficial constituye la capa A. Se caracteriza por su poca profundidad, baja fertilidad, pedregosidad y presencia de rocas. El subsuelo está formado por capas no consolidado de la roca madre (C), lo cual indica que son suelos superficiales de poco desarrollo.

Mapa 04. Distrito de Marangani - Unidades de suelo



Suelos profundos y la textura son recomendables para los cultivos priorizados, aunque el tipo de reacción alcalina no favorece los cultivos de papa y maíz.

Asociación Langui-Pumahuasi, presenta en su perfil los horizontes A, Bg, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, Cg. Cabe destacar que algunos sectores tienen problemas de drenaje (Bg y Cg). Son suelos moderadamente profundos a profundos, textura gruesa a moderadamente fina, fuertemente ácido a ligeramente ácido, el contenido de materia orgánica varía desde bajo a alto.

La profundidad y la textura del suelo son adecuadas para los cultivos priorizados de la zona, la reacción del suelo es adecuada para los cultivos priorizados, sobre todo para el cultivo de la papa.

Asociación Misceláneo-Langui, presenta en su perfil los horizontes A, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, son suelos superficiales, carecen del horizonte B, la mayor parte del perfil está dominado por el material parental no consolidado (C). Se caracteriza por su poca profundidad, baja fertilidad, pedregosidad y presencia de rocas.

Son suelos moderadamente profundos a profundos, textura gruesa, moderadamente ácido, el contenido de materia orgánica varía desde bajo a alto.

La profundidad es adecuada para los cultivos priorizados, sin embargo la textura gruesa no es favorable. La reacción es adecuada para el cultivo de papa, habas, trigo y cebada.

#### 5.1.4.3 Microcuenca de Huacrahuacho

La **tabla 36**, muestra los indicadores edafológicos por unidades de suelo, a partir del cual se observa que la microcuenca de Huacrahuacho abarca un área de 28084,31 ha aproximadamente. De los cuales la unidad Langui-Quehue ocupa 18456,97 ha, Langui-Misceláneo 4674,44 ha, Sicuani-Cuyo tiene 1361,05 ha, Quehue-Banguí 1232,19 ha y la unidad Cuyo-Misceláneo 359,31 ha (**mapa 05**).

Por lo general, el perfil de suelos de Huacrahuacho presenta horizontes A, B y C principalmente. La profundidad varía entre 1 a 1,45 m. El contenido de limo y arcilla de las unidades Sicuani-Cuyo y Quehue-Langui son de alrededor de 40%, lo cual indica su potencial productivo. La reacción varía entre fuertemente ácido a moderadamente alcalino, el contenido de materia orgánica varía entre 0,34 a 7,44% y el porcentaje de porosidad entre 42 y 47% aproximadamente.

La asociación Langui-Quehue, presente horizontes A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, Bw<sub>1</sub>, Bw<sub>2</sub>, C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, lo cual indica que existen algunas con acumulación de arcillas en el subsuelo (Bw<sub>1</sub> y Bw<sub>2</sub>), el horizonte superficial (suelo) está representado por la capa A, son suelos con poco desarrollo y es probable que sufra pérdida de la capa arable por la erosión.

Son suelos profundos en su perfil y de textura adecuada para el cultivo de cebada como forraje, sin embargo existen zonas fuertemente ácidas y con alto contenido de materia orgánica no favorables para la cebada ni para el desarrollo de pastos alto andinos como la Festuca spp que requiere suelos ligeramente alcalinos.

**Tabla 36.** Indicadores edafológicos de la microcuenca Huacrahuacho

| Unidad/asociación | Langui - Quehue   | Langui - Misceláneo                | Sicuani - Cuyo  | Quehue - Langui   | Cuyo - Misceláneo                  | Total (ha) |
|-------------------|---|------------------------------------|---|---|------------------------------------|------------|
| Área (ha)         | 18456,7   | 4674,4                             | 1361,05   | 1232,19   | 359,67                             | 26084,31   |
| Horizonte         | A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , Bw <sub>1</sub> , Bw <sub>2</sub> , C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> | A, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> | Ap, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3k</sub> | A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , Bw <sub>1</sub> , Bw <sub>2</sub> , C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> | A, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> |            |
| Profundidad (m)   | 1,15  | 1,0                                | 1,45  | 1,15  | 1,2                                |            |
|                   | Profundo  | Mod. Profundo - profundo           | profundo  | Profundo  | Profundo                           |            |
| Textura           | Arena fca, fco arenoso, fco limoso, fco arcilloso, fco arcillo arenoso                                | Arena fca, fco arenoso             | Fco arenoso, Fco, Fco arcillo arenoso                 | Fco limoso, fco arcilloso, fco arcillo arenoso, fco arenoso, arena franca                             | Franco arenoso                     |            |
|                   | Gruesa - mod. Fina  | Gruesa - media                     | Media - Mod. Fina                                     | Gruesa - mod. Fina  | Media                              |            |
| Arena (%)         | 64,8  | 77,3                               | 56,3  | 58,5  | 68,6                               |            |
| Limo (%)          | 20,56   | 16,66                              | 28,65   | 22,5  | 22,0                               |            |
| Arcilla (%)       | 14,65   | 6                                  | 15,05   | 18,96   | 9,33                               |            |
| Densidad aparente | 1,41  | 1,53                               | 1,45  | 1,41  | 1,5                                |            |
| pH                | 5,5-7,5   | 5,7-6                              | 7,8-8,2   | 5,5-7,5   | 8-8,2                              |            |
|                   | Fuertem. Ácido - Lig. Alcalino  | Mod. Ácido-Neutro                  | Lig. Alcalino - Mod. Alcalino                         | Fuertem. Ácido - Lig. Alcalino  | Mod. Alcalino                      |            |
| Materia orgánica  | 0,41-7,44   | 0,87-6,72                          | 0,34-1,93   | 0,41-7,44   | 0,34-0,83                          |            |
|                   | Bajo - Alto   | Bajo - Alto                        | Bajo  | Bajo - Alto   | Bajo                               |            |
| Porosidad (%)     | 45,03   | 42,14                              | 45,51   | 46,47   | 43,4                               |            |
| CC (%)            | 14,47   | 9,98                               | 15,78   | 16,71   | 12,24                              |            |
| PMP (%)           | 7,47  | 4,65                               | 8,3   | 8,88  | 6,07                               |            |

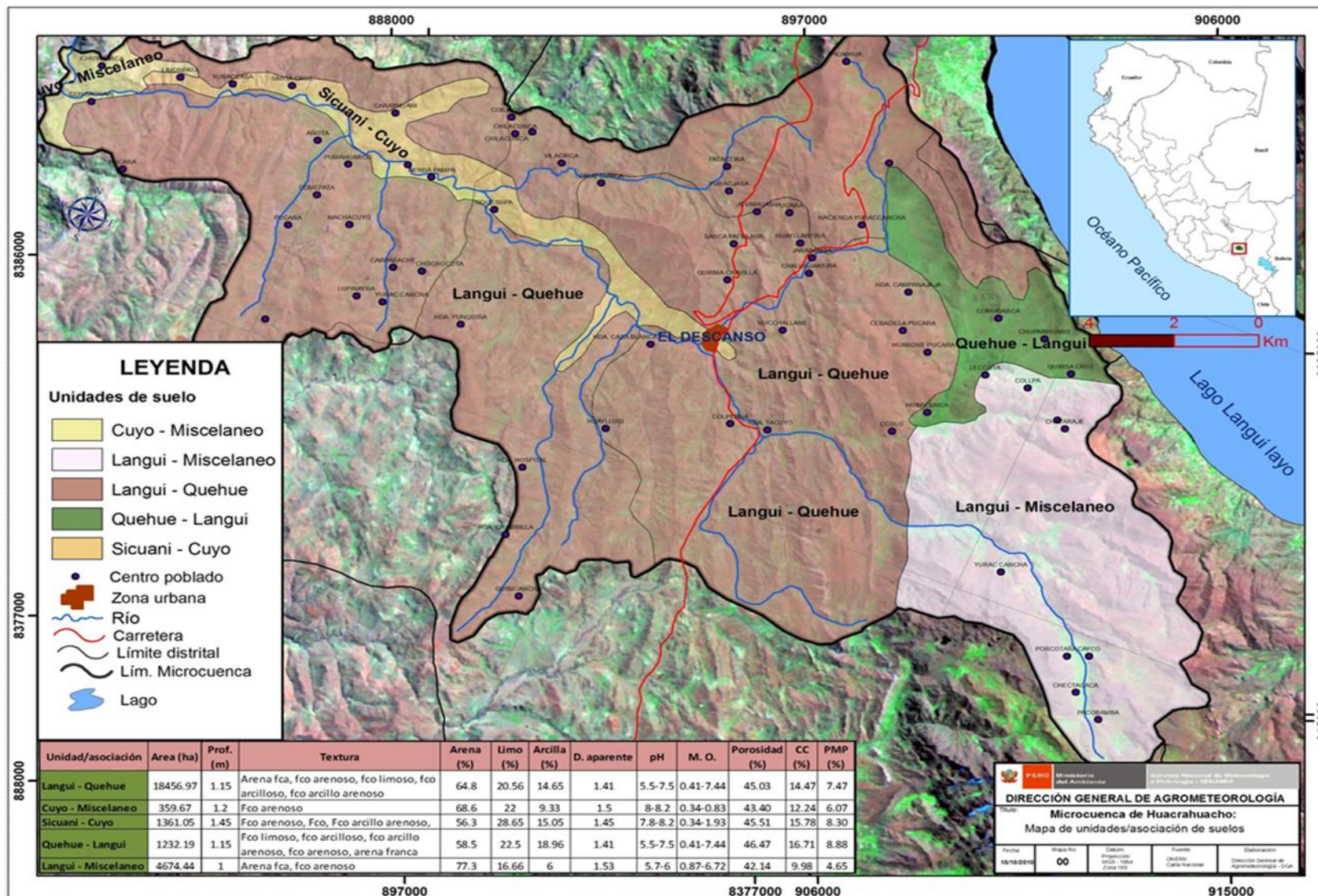
Asociación Langui-Misceláneo, tiene en su perfil los horizontes A, C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, la capa de suelo lo conforma el horizonte A, de poca profundidad, baja fertilidad, pedregosidad y presencia de rocas, mientras que el subsuelo está formado por capas no consolidado de la roca madre (C).

El perfil va desde moderadamente profundo a profundo, textura gruesa a media, reacción moderadamente ácida, el contenido de materia orgánica es variado desde nivel bajo hasta alto

La profundidad y la textura son adecuadas para el cultivo priorizado, sobre todo para cebada que requiere suelos de poca profundidad. La acidez de estas tierras también indica que son adecuadas para el desarrollo de cebada y la especie forrajera de Festuca spp.

Asociación Sicuani-Cuyo, tiene en su perfil con los horizontes Ap, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3k</sub>, corresponde a zonas de actividad agrícola intensa. La capa superficial está formada por el horizonte Ap, de poca profundidad, baja fertilidad, pedregosidad y presencia de rocas. El subsuelo está formado por capas no consolidado de la roca madre (C), existiendo en algunos sectores altas concentraciones de carbonatos.

Mapa 05. Microcuenca Huacrahuacho - Unidades de suelo



Suelos con perfil profundo, textura media a moderadamente fina, reacción ligeramente alcalino a moderadamente alcalino con bajo contenido de materia orgánica. La profundidad, textura y tipo de reacción del suelo son adecuados para el cultivo priorizado y el desarrollo del pasto alto andino.

Asociación Quehue-Langui, presenta horizontes A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, Bw<sub>1</sub>, Bw<sub>2</sub>, C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, con zonas de acumulación de arcillas en el subsuelo (Bw<sub>1</sub> y Bw<sub>2</sub>), el horizonte superficial (suelo) está representado por la capa A, suelos con poco desarrollo y es probable que sufra pérdida de la capa arable y la erosión.

Son suelos profundos y de textura adecuada para el cultivo de cebada como forraje, sin embargo existen zonas fuertemente ácidas y con alto contenido de materia orgánica que no es favorable para el cultivo de cebada ni para el desarrollo de pastos alto andinos como la Festuca spp que requiere suelos de ligeramente alcalinos.

Asociación Cuyo-Misceláneo, presenta en su perfil los horizontes A, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>. El horizonte superficial lo constituye la capa A, de poca profundidad, baja fertilidad, pedregosidad y presencia de rocas. El subsuelo está formado por capas no consolidado de la roca madre (C), lo que indica que son suelos superficiales de poco desarrollo. Son suelos con perfil profundo, textura son recomendables para el cultivo priorizado de la zona, sobre todo para el desarrollo del pasto alto andino Festuca spp.

### 5.1.5 Calendario Agrícola

A continuación se presenta el análisis del calendario agrícola para cada una de las zonas priorizadas para los periodos agosto a julio. De acuerdo al MINAG (2010) en el Perú el calendario agrícola se inicia en el mes de agosto de cada año y culmina en julio del siguiente año.

**Tabla 37.** Calendario Agrícola en el Perú

| A               | S | O | N | D | E               | F | M | A | M | J | J | A               | S | O | N | D |
|-----------------|---|---|---|---|-----------------|---|---|---|---|---|---|-----------------|---|---|---|---|
| <b>SIEMBRAS</b> |   |   |   |   | <b>COSECHAS</b> |   |   |   |   |   |   | <b>SIEMBRAS</b> |   |   |   |   |
|                 |   |   |   |   |                 |   |   |   |   |   |   |                 |   |   |   |   |

Fuente: MINAG

En el presente análisis se establece los periodos de siembra y cosecha de los cultivos priorizados, durante los últimos 10 años, así como las mayores concentraciones en función al área sembrada, según información oficial del Ministerio de Agricultura y de Instituciones locales (Plan Meriss, 1981).

### 5.1.5.1 Distrito de San Salvador

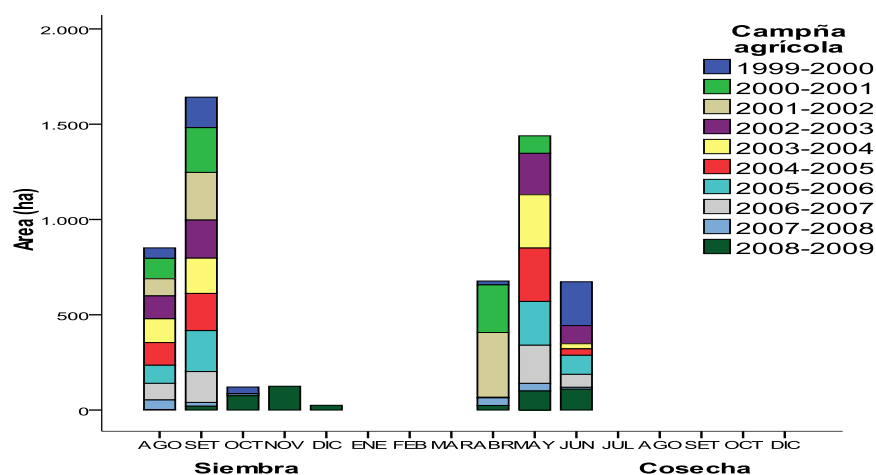
#### Cultivo de Maíz

En la **tabla 38** y **figura 02**, se observa que las labores de siembra del cultivo de maíz se inician en el mes de agosto y con mayor proporción en setiembre, a excepción de las campañas 1999/2000, 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009 en que se prolongaron hasta el mes de octubre. En la campaña 2008/2009 se sembraron hasta el mes de diciembre, la causa probable de este retraso en la siembra es la ausencia de lluvias.

Las actividades de cosecha se inician en abril y culminan en junio, con mayor concentración en mayo.

**Tabla 38.** Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de maíz

| Campaña   | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1999/2000 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2000/2001 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2001/2002 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2002/2003 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2003/2004 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2004/2005 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2005/2006 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2006/2007 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2007/2008 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2008/2009 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |



**Figura 02.** Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de maíz

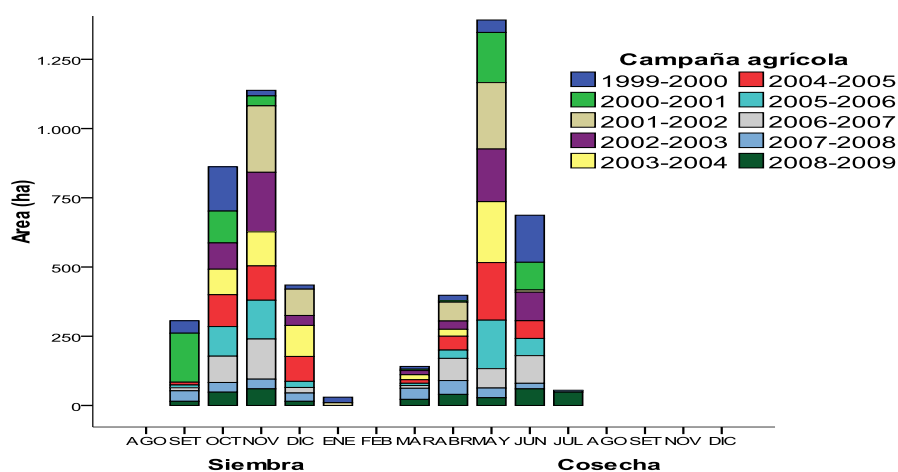
#### Cultivo de Papa

En el distrito de San Salvador, la época de siembra del cultivo de papa abarca desde el mes de setiembre hasta diciembre principalmente y con mayor concentración entre octubre y noviembre; la cosecha se inicia en marzo, prolongándose hasta junio y julio, con mayor actividad entre abril y mayo, (**tabla 39** y **figura 03**).

**Tabla 39.** Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de papa

| Campaña   | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1999/2000 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2000/2001 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2001/2002 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2002/2003 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2003/2004 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2004/2005 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2005/2006 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2006/2007 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2007/2008 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2008/2009 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

Fuente: DRA – Cusco

**Figura 03.** Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de papa

### Cultivo de Haba

A partir de la **tabla 40** y **figura 04**, se observa que en el distrito de San Salvador, las labores de siembra para las campañas agrícola antes del 2004 se iniciaban entre agosto y setiembre, pero a partir del 2005 éstas se han modificado a partir de octubre hasta enero. De tal forma que la mayor concentración de siembra, en la actualidad se realiza en octubre.

Los meses de cosecha se encuentran entre mayo y julio, con mayor actividad durante los meses de mayo y junio.

**Tabla 40.** Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de haba

| CAMPAÑA   | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1999/2000 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2000/2001 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2001/2002 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2002/2003 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2003/2004 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2004/2005 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2005/2006 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2006/2007 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2007/2008 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2008/2009 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

Fuente: DRA- Cusco



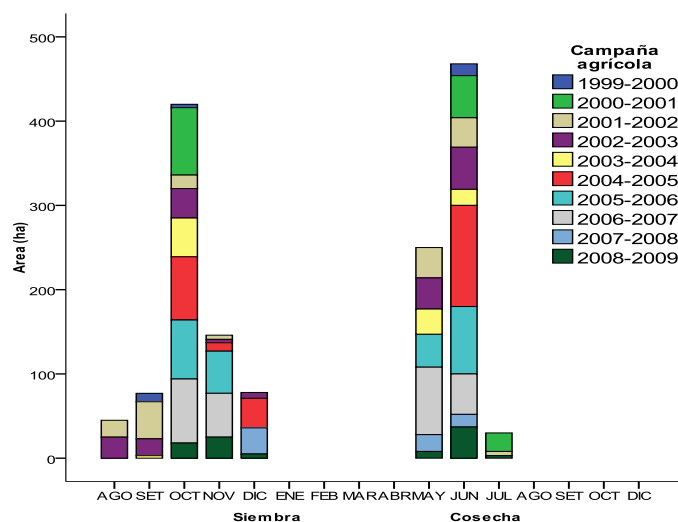


Figura 04. Distrito de San Salvador. Calendario agrícola del cultivo de haba

### 5.1.5.2 Distrito de Marangani

#### Cultivo de maíz

La **tabla 41** y **figura 05**, muestran el inicio de las actividades de siembra en el mes setiembre y finalizan en octubre, y con mayor actividad en setiembre; aunque durante la campaña 2001/2002 algunos productores sembraron incluso en diciembre. Las labores de cosecha abarcan los meses de junio y julio, con mayor concentración en junio.

Tabla 41. Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de maíz

| Campaña   | AGO | SET     | OCT     | NOV | DIC     | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN     | JUL     | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|-----------|-----|---------|---------|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1999/2000 |     | Siembra | Siembra |     |         |     |     |     |     |     | Cosecha |         |     |     |     |     |     |
| 2000/2001 |     | Siembra | Siembra |     |         |     |     |     |     |     | Cosecha |         |     |     |     |     |     |
| 2001/2002 |     | Siembra | Siembra |     | Siembra |     |     |     |     |     | Cosecha | Cosecha |     |     |     |     |     |
| 2002/2003 |     | Siembra | Siembra |     |         |     |     |     |     |     | Cosecha |         |     |     |     |     |     |
| 2003/2004 |     | Siembra | Siembra |     |         |     |     |     |     |     | Cosecha |         |     |     |     |     |     |
| 2004/2005 |     | Siembra | Siembra |     |         |     |     |     |     |     | Cosecha |         |     |     |     |     |     |
| 2005/2006 |     | Siembra | Siembra |     |         |     |     |     |     |     | Cosecha |         |     |     |     |     |     |
| 2006/2007 |     | Siembra | Siembra |     |         |     |     |     |     |     | Cosecha | Cosecha |     |     |     |     |     |
| 2007/2008 |     |         | Siembra |     |         |     |     |     |     |     | Cosecha | Cosecha |     |     |     |     |     |
| 2008/2009 |     |         | Siembra |     |         |     |     |     |     |     | Cosecha | Cosecha |     |     |     |     |     |

Fuente: DRA - Cusco

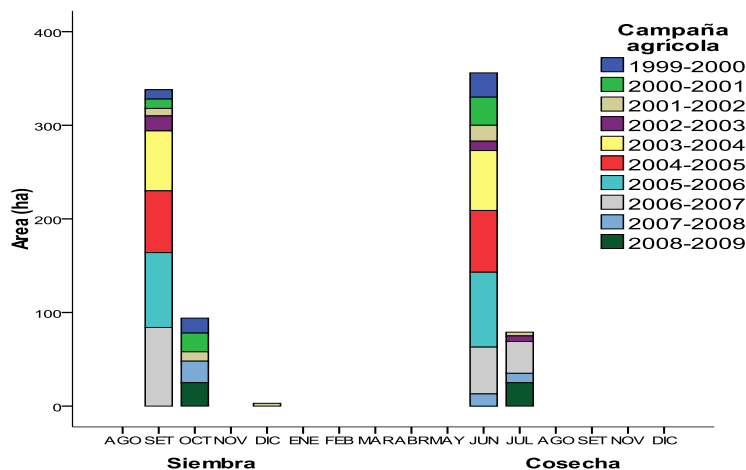


Figura 05. Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de maíz

## Cultivo de papa

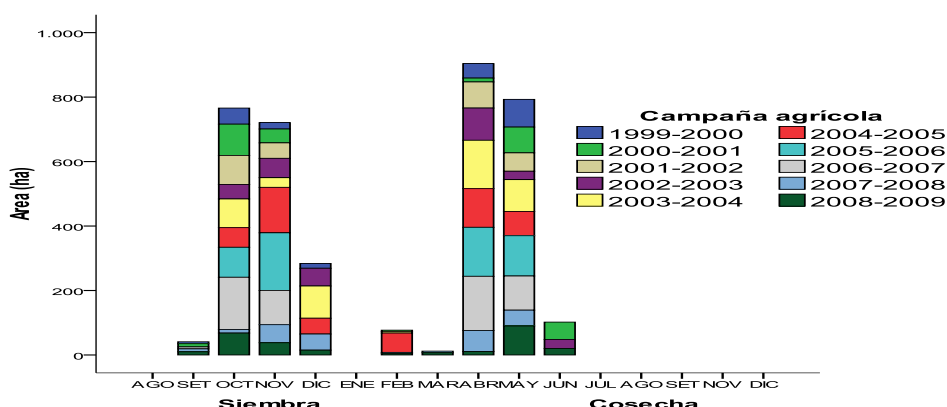
Según la **tabla 42** y **figura 06**, las labores para la siembra de la papa, en el distrito de Marangani, se inician en el mes de setiembre y terminan en diciembre, con mayor concentración de siembras entre octubre y noviembre.

Las labores de cosecha se registran desde el mes de febrero en algunos casos abarcando hasta el mes de junio, aunque la mayor concentración se realiza entre los meses de abril y mayo.

**Tabla 42.** Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de papa

| Campaña   | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1999/2000 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2000/2001 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2001/2002 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2002/2003 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2003/2004 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2004/2005 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2005/2006 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2006/2007 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2007/2008 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2008/2009 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |

Fuente: DRA – Cusco



**Figura 06.** Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de papa

## Cultivo de haba

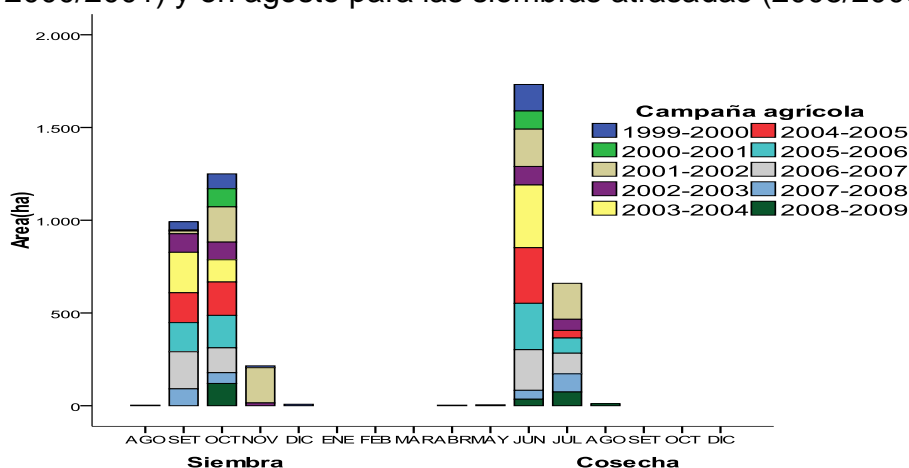
Según la **tabla 43** y **figura 07**, las labores de siembra para el cultivo del haba se realizan entre agosto y diciembre, con mayor concentración entre setiembre y octubre, aunque en algunos casos algunos agricultores adelantaron siembras en agosto y otros lo atrasaron hasta diciembre.

**Tabla 43.** Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de haba

| Campaña   | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1999/2000 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2000/2001 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2001/2002 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2002/2003 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2003/2004 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2004/2005 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2005/2006 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2006/2007 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2007/2008 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2008/2009 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |

Fuente: DRA – Cusco

Las labores de cosecha se registran principalmente entre junio y julio, con mayor volumen en junio. Destacándose, asimismo, que un mínimo porcentaje de agricultores cosecharon también entre abril y mayo para las siembras adelantadas (campaña 2000/2001) y en agosto para las siembras atrasadas (2008/2009).



**Figura 07.** Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de haba

### Cultivo de trigo

Según la **tabla 44**, las labores de siembra del cultivo de trigo, muestra cierta dispersión en los últimos 10 años, durante las campañas 1999/2000, 2000/2001 y 2008/2009 las labores de siembra se retrasaron con respecto a los demás campañas, iniciándose en los meses de octubre y noviembre para finalizar en diciembre y enero, esta variación probablemente se debe a factores de humedad (lluvia) toda vez que el cultivo de trigo se siembra casi exclusivamente en condiciones de secano. Durante todo el período evaluado las mayores siembras se realizan entre setiembre y octubre (**figura 08**).

**Tabla 44.** Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de trigo

| Campaña   | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1999/2000 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2000/2001 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2001/2002 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2002/2003 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2003/2004 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2004/2005 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2005/2006 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2006/2007 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2007/2008 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2008/2009 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |

■ Siembra  
■ Cosecha

Fuente: DRA -Cusco

Las labores de cosecha para el cultivo de trigo en el distrito de Marangani se inician desde el mes junio y abarcando hasta julio; sin embargo en la campaña 2007/2008 algunos agricultores iniciaron entre abril y mayo. Aunque las mayores cosechas se registran en junio.

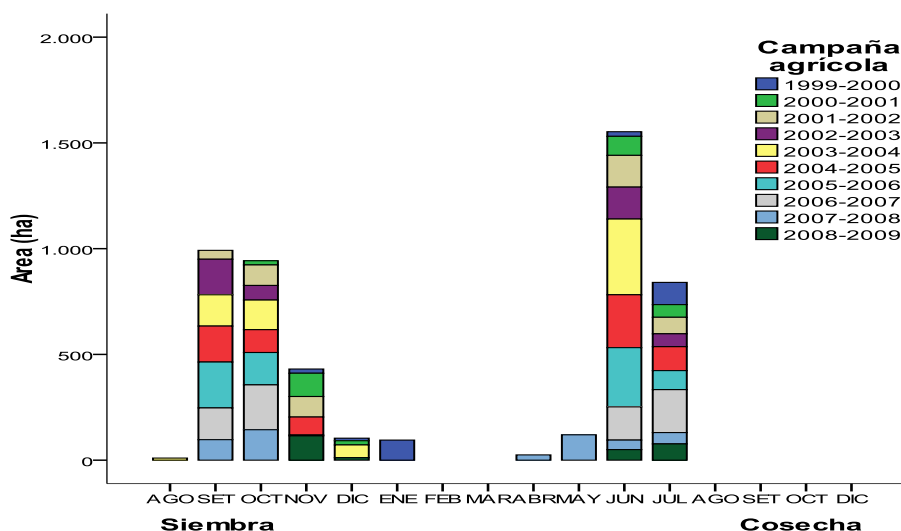


Figura 08. Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de trigo

### Cultivo de cebada

Según la **tabla 45** y **figura 9**, las labores de siembra para el cultivo de cebada, se inicia entre los meses de noviembre y enero, con mayor volumen en diciembre debido al requerimiento de lluvias del cultivo; en tanto que las cosechas se realizan entre junio y julio, con mayor concentración en julio.

Tabla 45. Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de cebada

| Campaña   | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1999/2000 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2000/2001 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2001/2002 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2002/2003 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2003/2004 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2004/2005 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2005/2006 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2006/2007 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2007/2008 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2008/2009 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |

Fuente: DRA – Cusco

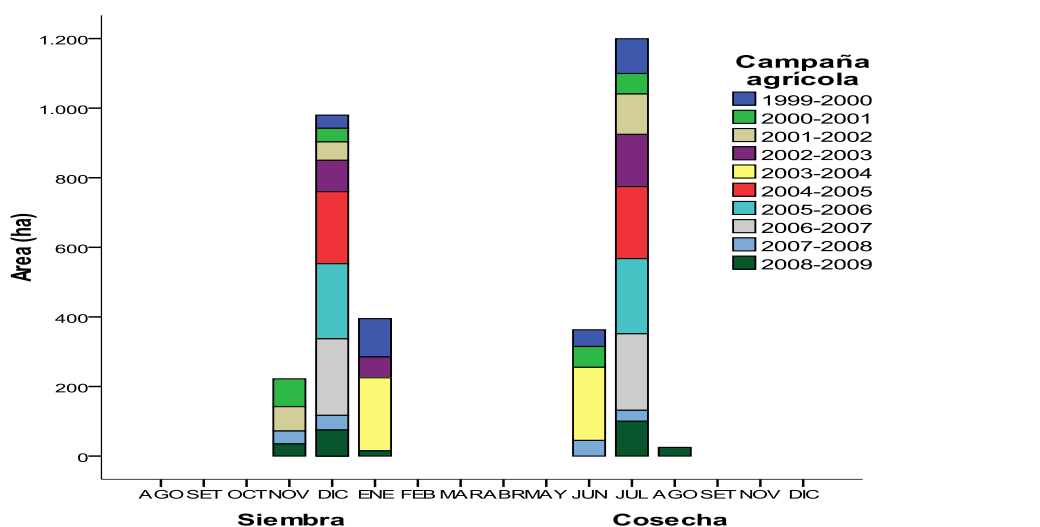


Figura 09. Distrito de Marangani. Calendario agrícola del cultivo de cebada

### 5.1.5.3 Microcuenca de Huacrahuacho

#### Pasto cultivado (cebada)

Según la **tabla 46** las labores de siembra para el cultivo de cebada, se muestra muy variado, predominan las siembras que se inician entre noviembre y diciembre, aunque en algunas campañas agrícolas se inician en octubre y tardíamente otras en enero; sin embargo la mayor concentración se da en noviembre (**figura 10**). Esta variabilidad se debe probablemente a la presencia irregular de las lluvias, porque este cultivo se siembra en condiciones de secano.

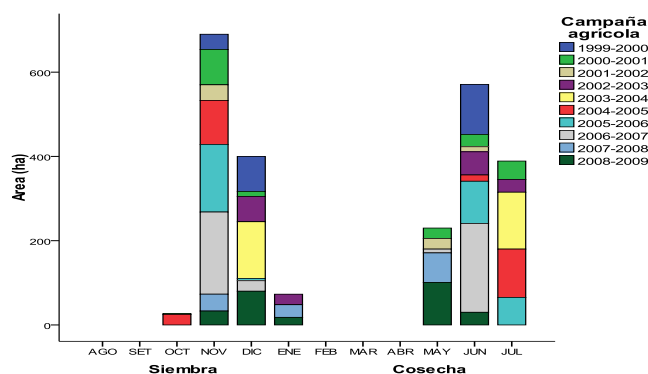
**Tabla 46.** Microcuenca de Huacrahuacho. Calendario agrícola del cultivo de cebada

| Campaña   | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1999/2000 |     |     |     | ■   | ■   |     |     |     |     |     | ■   |     |
| 2000/2001 |     |     | ■   | ■   | ■   |     |     |     |     | ■   | ■   | ■   |
| 2001/2002 |     |     |     | ■   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2002/2003 |     |     |     |     | ■   | ■   |     |     |     |     | ■   | ■   |
| 2003/2004 |     |     |     |     | ■   |     |     |     |     |     |     | ■   |
| 2004/2005 |     |     | ■   | ■   |     |     |     |     |     |     | ■   | ■   |
| 2005/2006 |     |     |     | ■   | ■   |     |     |     |     |     | ■   | ■   |
| 2006/2007 |     |     |     | ■   | ■   |     |     |     |     | ■   | ■   |     |
| 2007/2008 |     |     |     | ■   | ■   | ■   |     |     |     | ■   |     |     |
| 2008/2009 |     |     |     | ■   | ■   | ■   |     |     |     | ■   | ■   |     |

■ Siembra  
■ Cosecha

Fuente: DRA - Cusco

Las labores de cosecha de cebada, es muy variado en su ejecución mensual, cualitativamente se inician en el mes de mayo y finalizan en julio, al parecer la siembra temprana no necesariamente implica cosecha temprana. La mayor área cosechada se registra en julio.



**Figura 10.** Microcuenca de Huacrahuacho. Calendario agrícola del cultivo de cebada

#### Pasto natural alto andino (*Festuca dolychophyla*)

El calendario de actividades para esta especie forrajera se establece en función a su comportamiento fenológico, lo cual está regulada por los factores de lluvia y temperatura, entre otros.

**Tabla 47.** Microcuenca de Huacrahuacho. Calendario agrícola para pasto natural

| Año      | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| XXXXXXXX | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   |

■ Rebrote  
■ Crecimiento vegetativo  
■ Floración  
■ Maduración  
■ Semilleo (Cosecha)  
■ Reposo

Fuente: Manejo y recuperación de praderas nativas

## VI. EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN CUSCO Y ZONAS PRIORIZADAS

### 6.1 Región Cusco

#### 6.1.1 Régimen de la temperatura del aire

##### 6.1.1.1 Distribución temporal

Las **figura 11** muestra la variación anual de las temperaturas máxima, mínima y media decadal de las estaciones meteorológicas de la región.

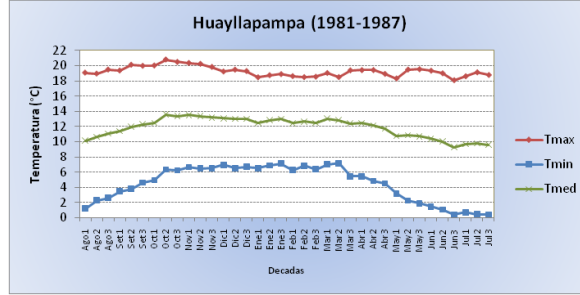
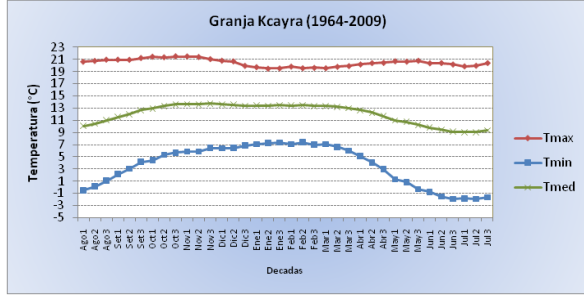
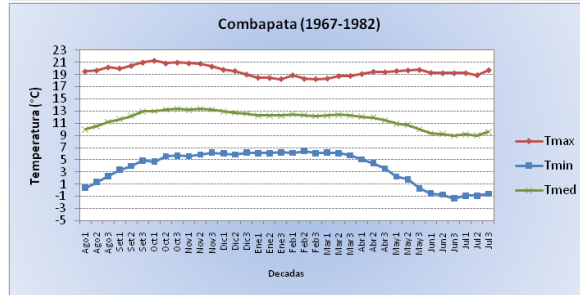
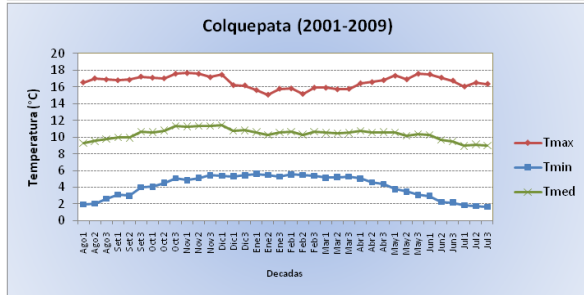
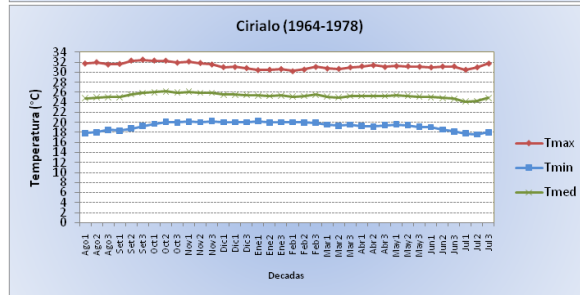
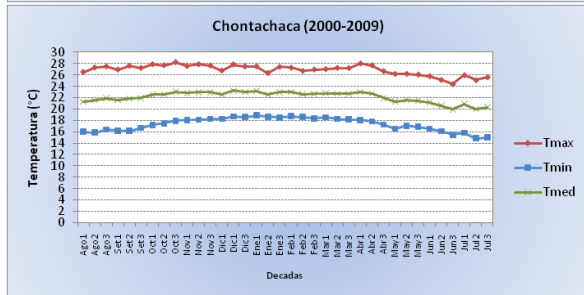
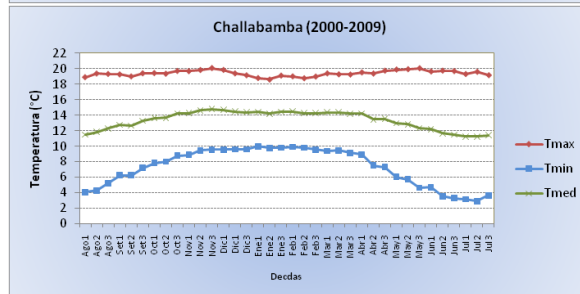
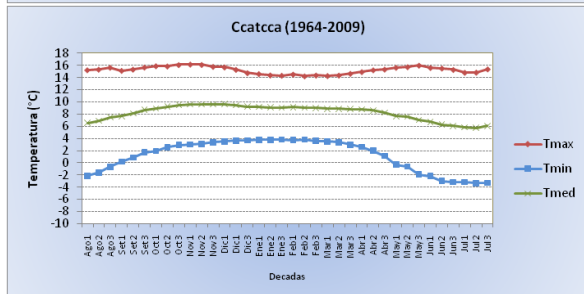
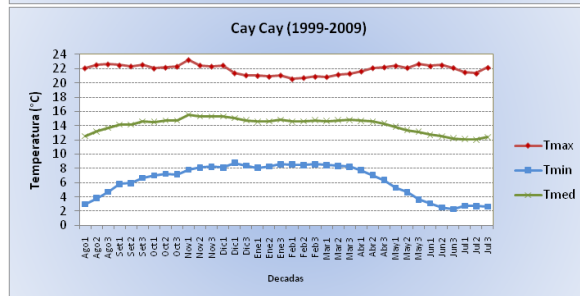
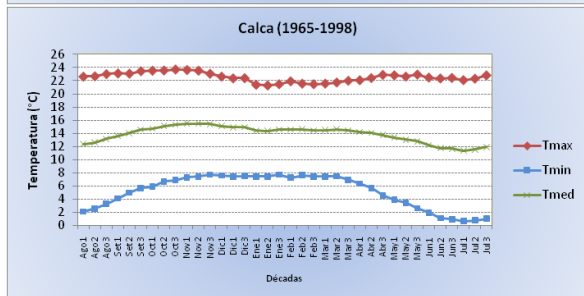
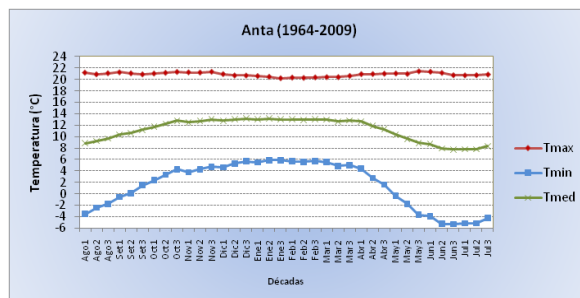
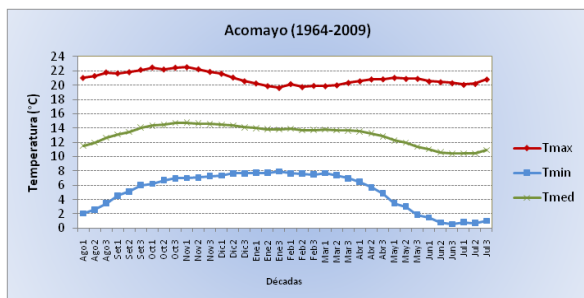
En la región Cusco debido a las diferencias de latitud y altitud, existen grandes variaciones en la distribución de la temperatura del aire durante el año.

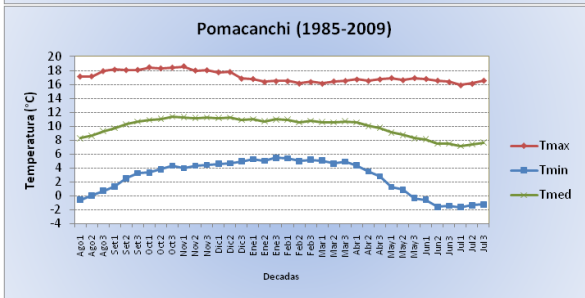
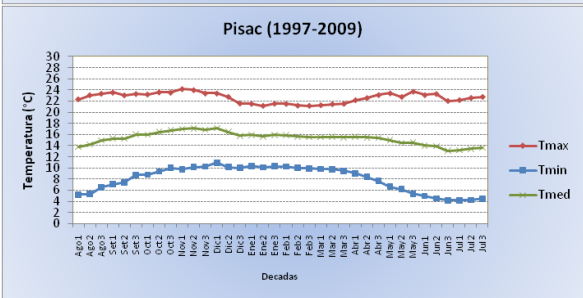
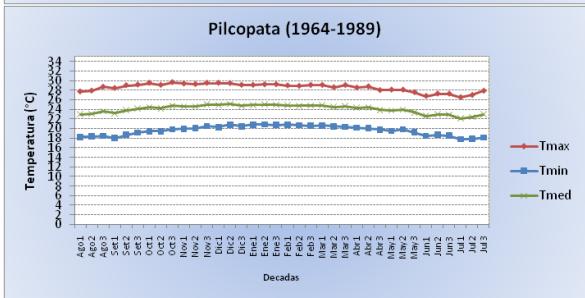
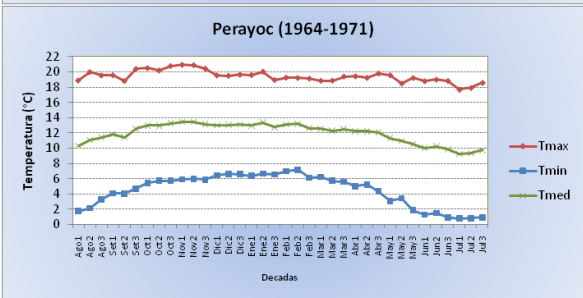
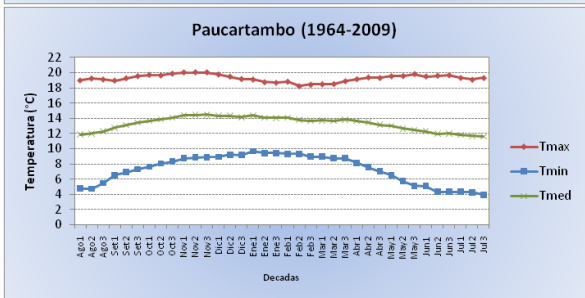
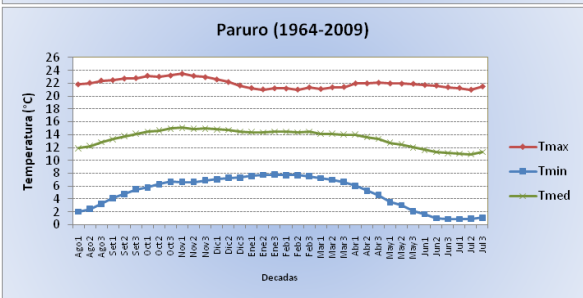
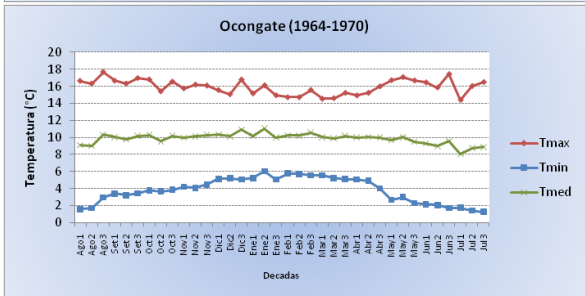
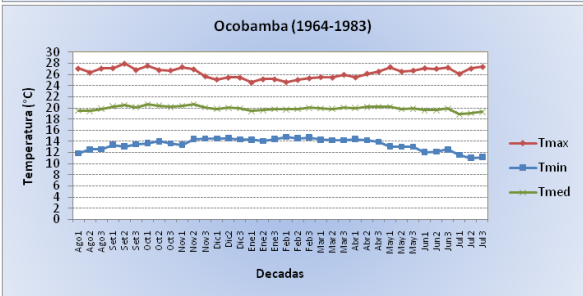
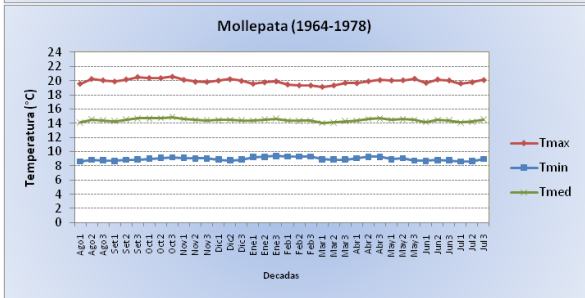
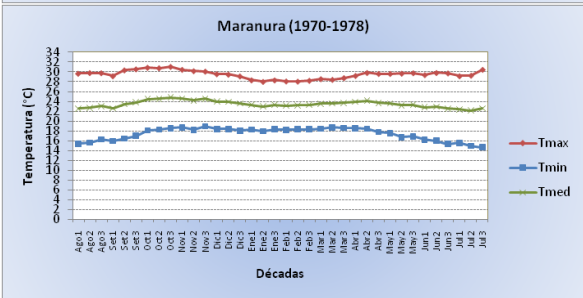
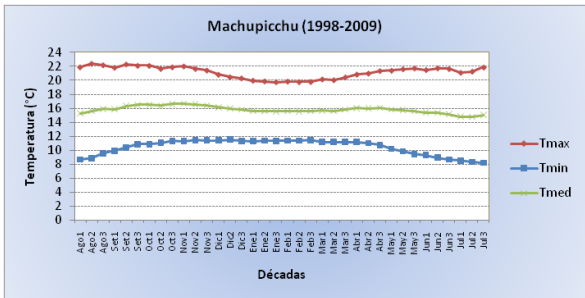
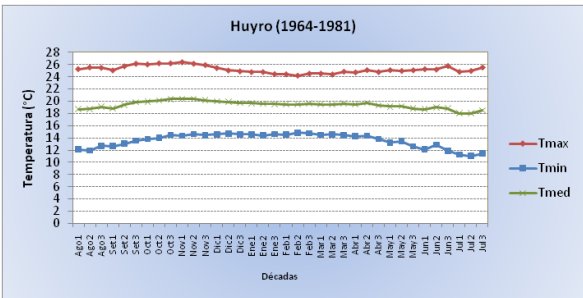
En las estaciones ubicadas en el norte, noreste y este de la región se puede notar que la distribución de la temperatura muestra mayor regularidad durante todo el año. Mientras que en las estaciones ubicadas al sur y sureste, la distribución de la temperatura es más variada, haciéndose más acentuada las diferencias entre las estaciones fría y cálida. Así mismo estas estaciones muestran una disminución de las temperaturas durante los meses de invierno, lo que indica que las estaciones están expuestas a la ocurrencia de heladas.

La temperatura media anual fluctúa entre 7,7 °C (Yauri) y 25,3 °C (Cirialo). Los valores más altos de la temperatura media generalmente se manifiestan entre la primera década de octubre y la primera década de febrero. Las temperaturas medias más bajas son registradas entre la tercera década de junio y la tercera década de julio, oscilando entre 2,9 °C (Yauri) y 24,2°C (Cirialo). La amplitud anual varía entre 0,8 °C (Mollepata) y 7,4 °C (Yauri).

En la mayor parte de la región la temperatura máxima varía entre 31,3 °C (Cirialo) y 12,9 °C (Vilcabamba), la temperatura máxima alcanza valores más altos entre la tercera década de julio y tercera década de noviembre, con excepción de las zonas de Anta (tercera década de mayo), Rocotal (segunda década de abril) y Sicuani (primera década de junio). Los valores mínimos de la temperatura máxima fluctúan entre 30,2 °C (Cirialo) y 11,4 °C (Yauri) y son registrados en los meses de verano (primera década de enero a primera década de marzo), con excepción de Chontachaca, Huayopata, Perayoc, Pilcopata, Quincemil, Pomacanchi, Rocotal, Santo Tomas, Yauri, Yucay y Zurite que se dan entre la tercera década de junio y segunda década de julio. El rango anual fluctúa entre 1,2 °C (Sicuani) y 3,2 °C (Yauri).

Los promedios más altos de las temperaturas mínimas se dan entre la tercera década de noviembre y segunda década de marzo, oscilando entre 20,9 °C (Pilcopata) y 3,8 °C (Ccatcca). Los valores más bajos ocurren en los lugares ubicados a mayor altitud y se presentan durante los meses de invierno (segunda década de junio a la primera década de agosto), estos valores oscilan entre 17,8 °C (Pilcopata) y -9,8 °C (Yauri). El rango anual de estas temperaturas varía mucho más, fluctuando entre 0,8 °C (Mollepata) y 13,7 °C (Yauri).







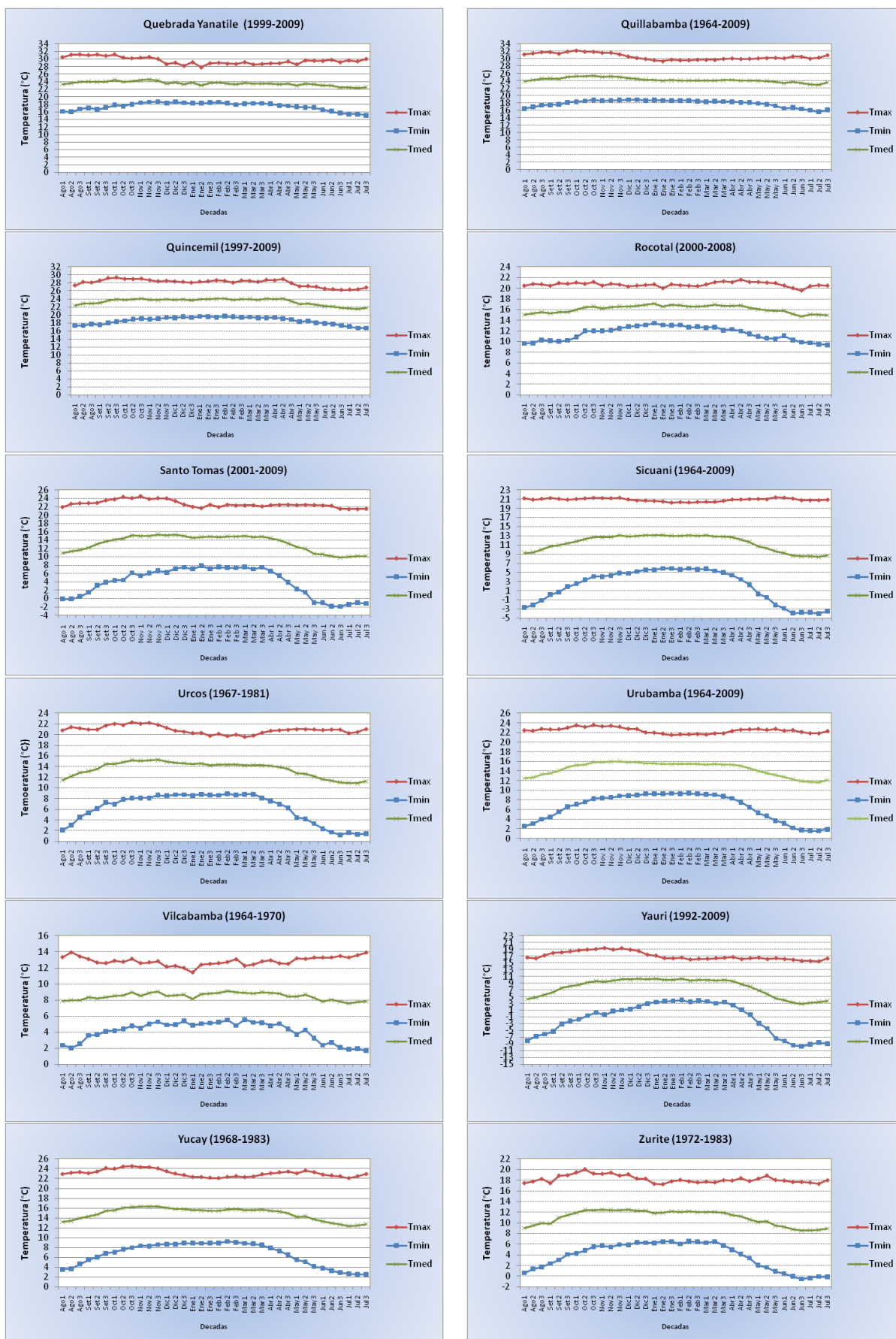


Figura 11. Distribución temporal de la temperatura del aire en estaciones de la región Cusco

### 6.1.1.2 Distribución espacial

La distribución espacial de las temperaturas máximas y mínimas promedios anuales se presenta en los **mapas 06 y 07** respectivamente (SENAMHI-DGM, 2010).

La topografía irregular que presenta la región hace que la distribución espacial de la temperatura tenga un comportamiento muy variable; en la selva y ceja de selva, las isotermas son casi uniformes sin variación notoria, mientras que en la zona andina el comportamiento de las isotermas es muy variado, debido a la presencia de cordilleras elevadas, mesetas y valles interandinos.

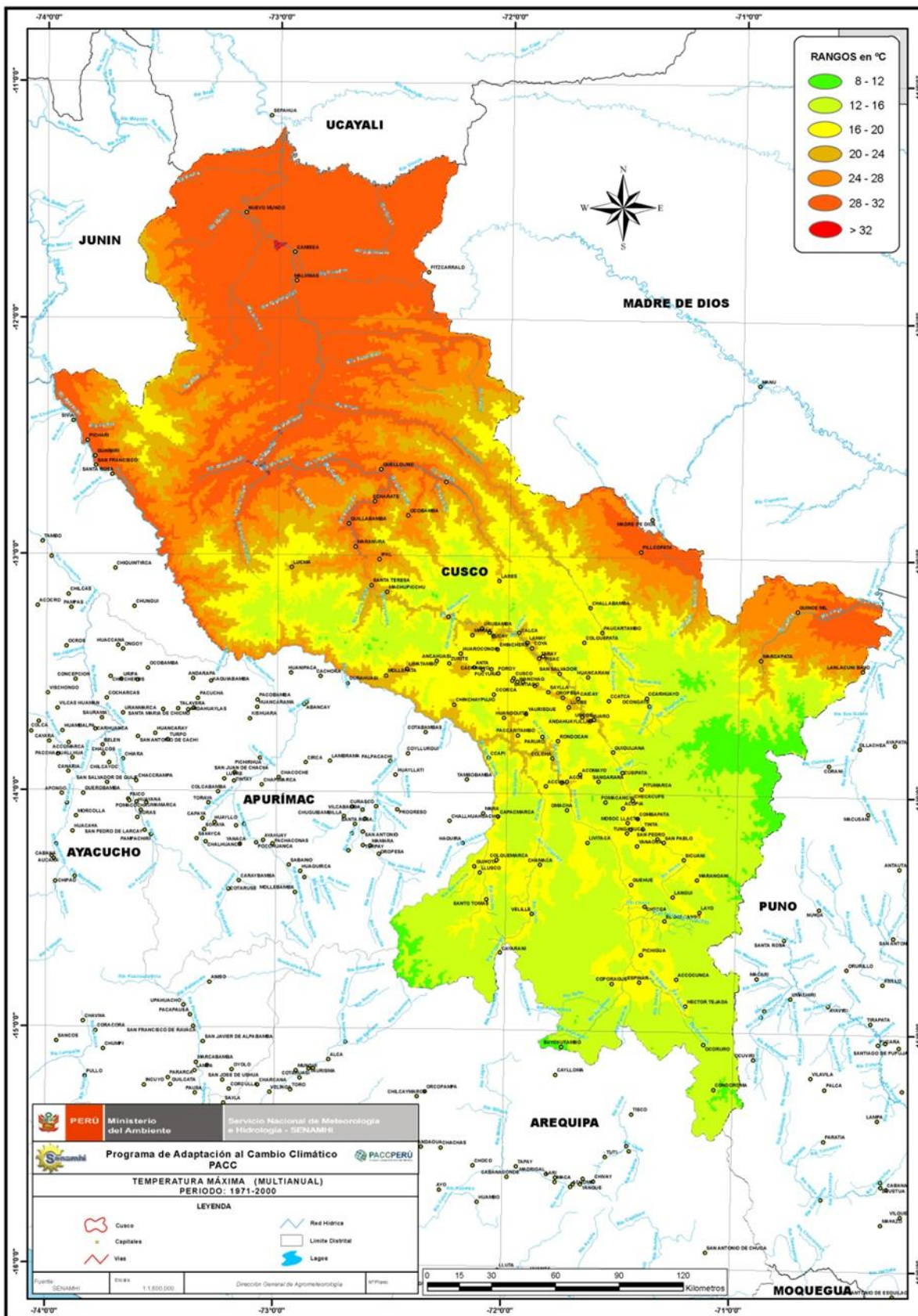
#### **Distribución espacial temperatura Máxima**

Los valores más altos de la temperatura máxima se ubican en la selva norte y central entre 20 y 32 °C y los valores más bajos entre 8 y 12 °C en las zonas de las cordilleras Vilcabamba, Vilcanota y Paucartambo. En la sierra la zona nororiental y noroccidental las temperaturas oscilan entre 16 y 24 °C, mientras que la zona central occidental y oriental la temperatura fluctúa entre 8 y 24 °C, y en la zona sur las temperaturas oscilan entre 8 y 20 °C, siendo las más bajas en el extremo sur de la región con valores entre 8 y 12 °C.

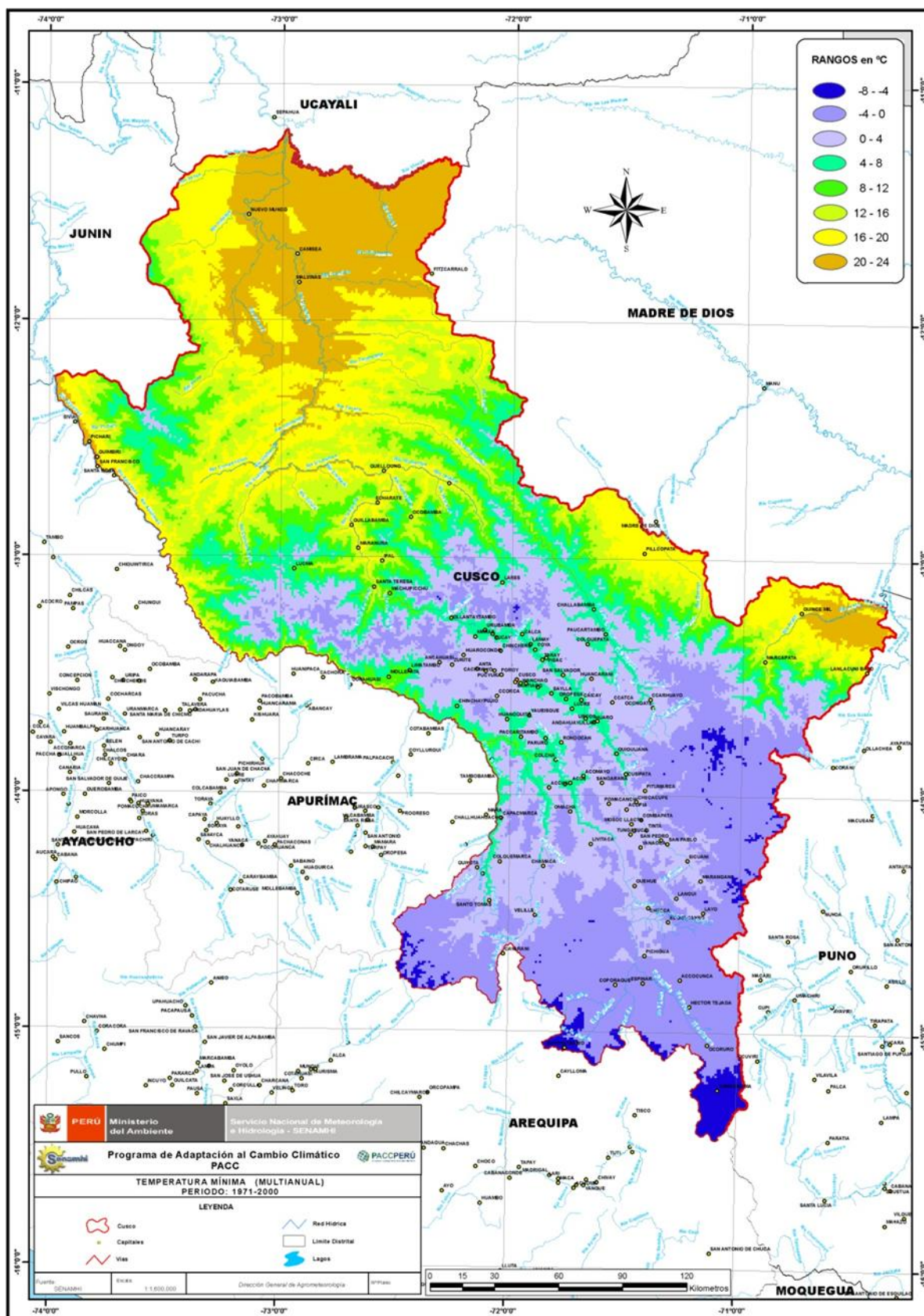
#### **Distribución espacial temperatura mínima**

Los valores de temperatura mínima son mayores y oscilan entre 12 y 24 °C en la selva norte y selva central oriental de la región. En la zona central oriental de la sierra, los valores de temperatura mínima oscilan entre -8 y 12 °C, siendo los más bajos en la Cordillera Vilcanota con valores entre -8 y -4 °C. En la zona sur los valores fluctúan entre 0 y 4 °C, en esta zona, las partes más altas llegan a alcanzar valores entre -4 y -8 °C. En la sierra central occidental los valores fluctúan entre -4 y 12 °C.

Mapa 06. Distribución espacial temperatura máxima

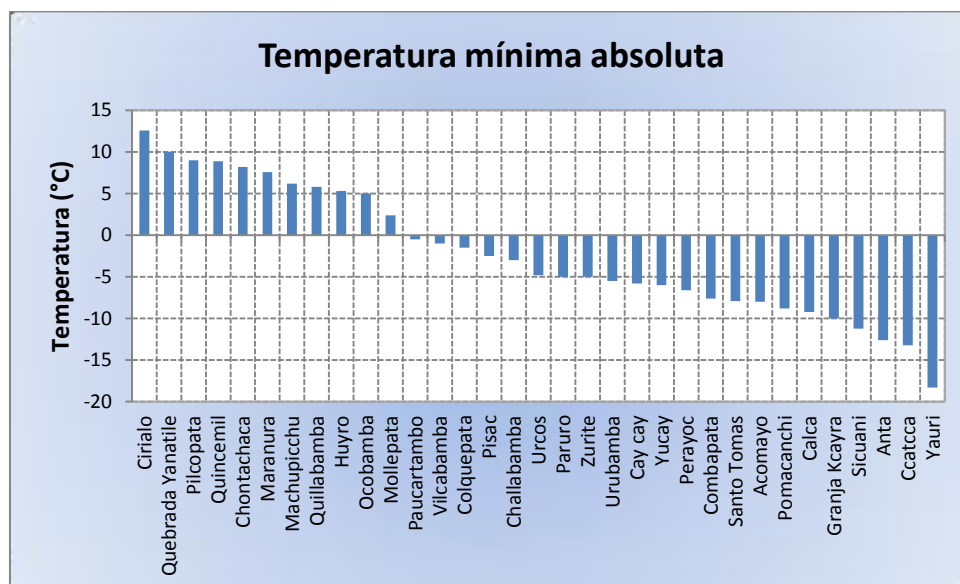


Mapa 07. Distribución espacial temperatura mínima



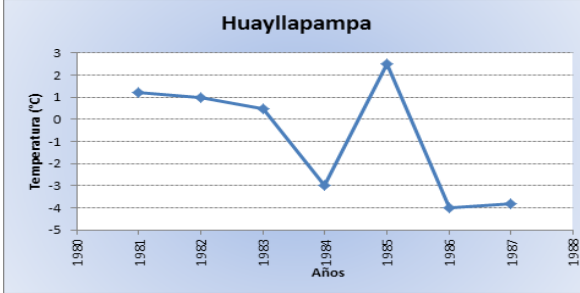
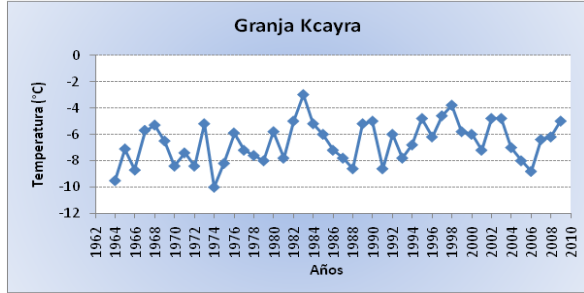
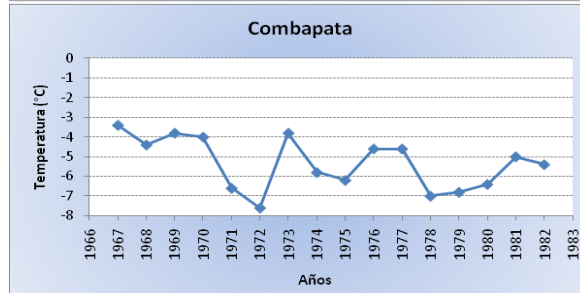
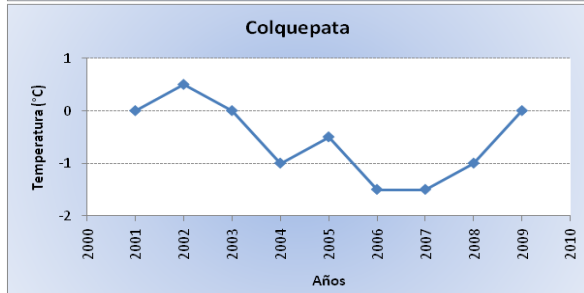
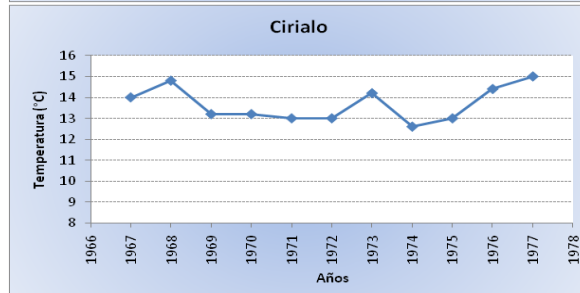
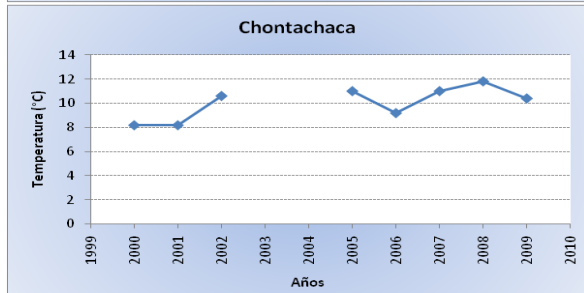
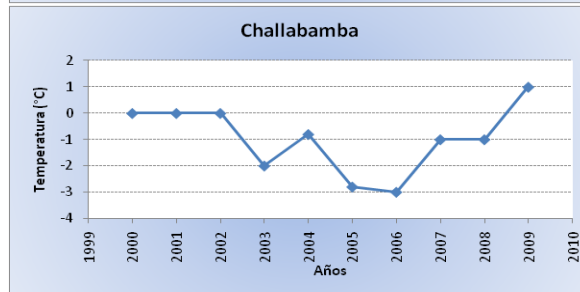
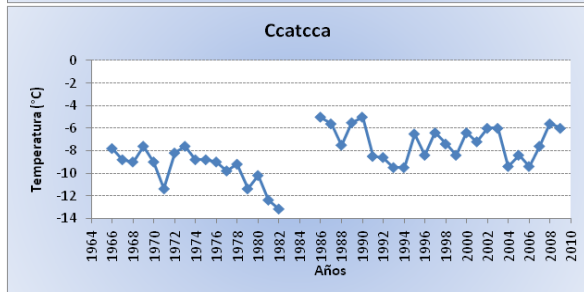
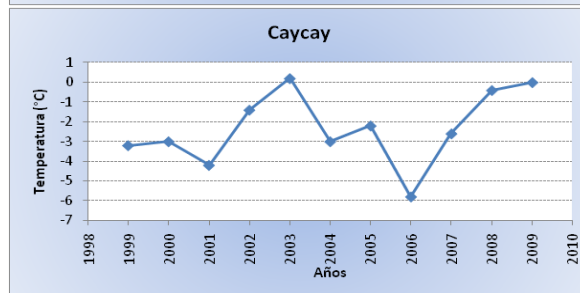
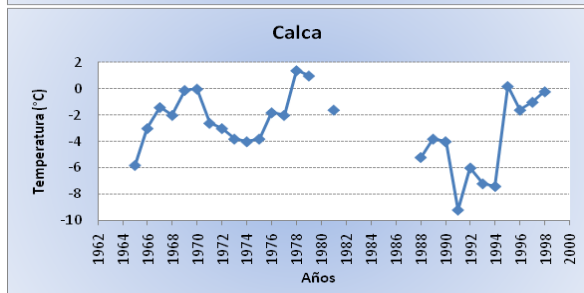
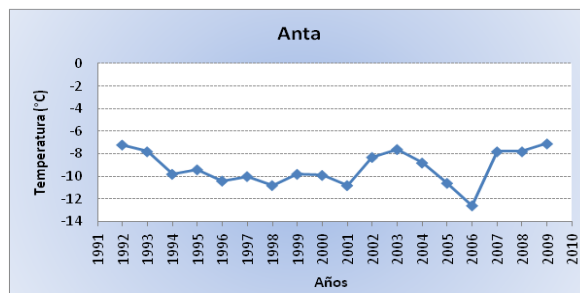
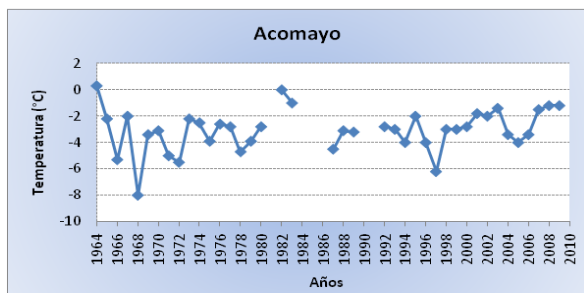
### 6.1.1.3 Temperatura mínima absoluta

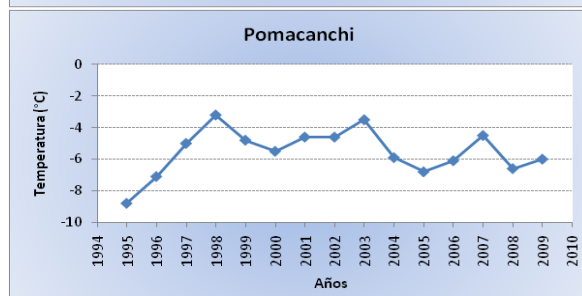
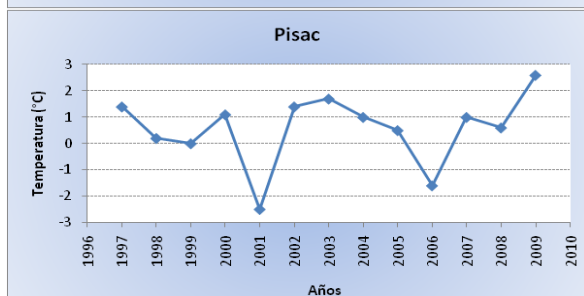
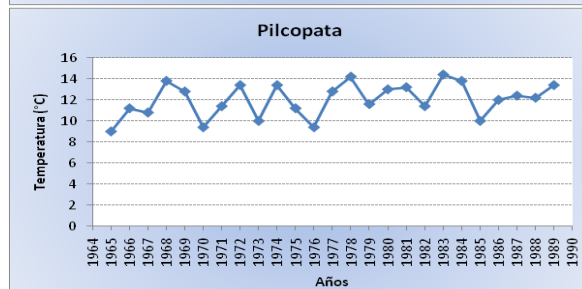
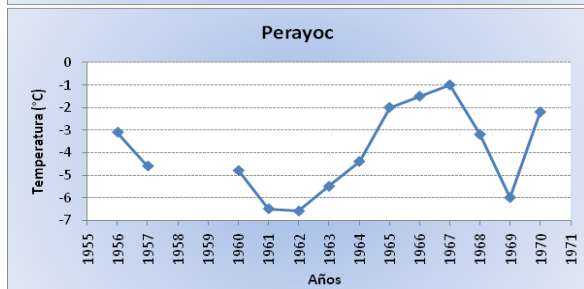
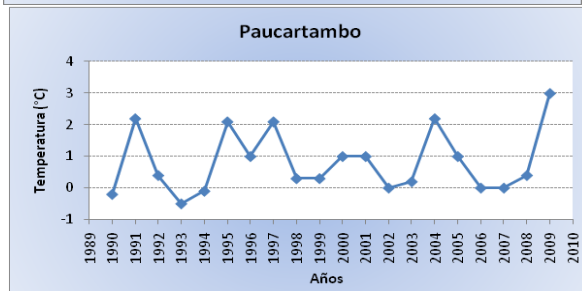
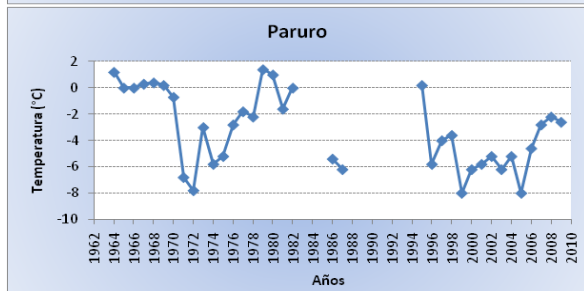
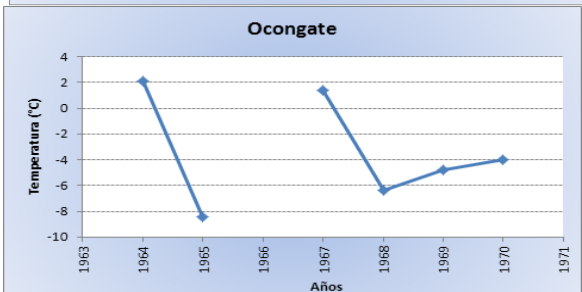
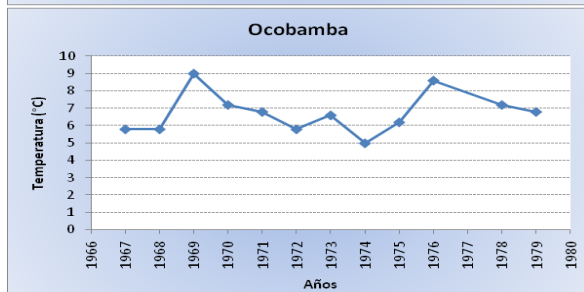
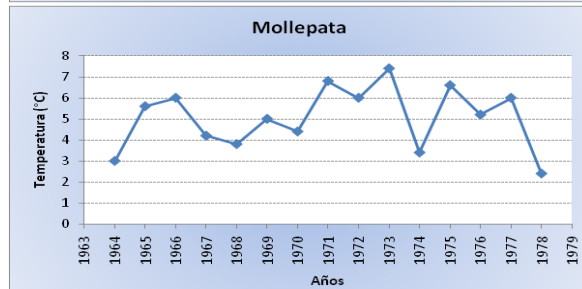
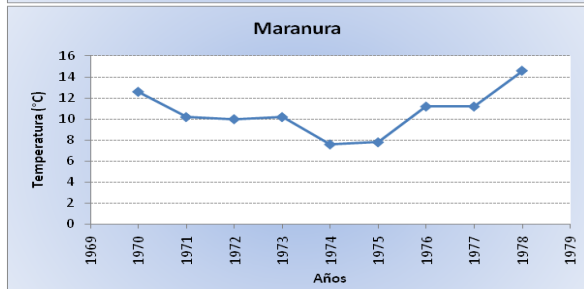
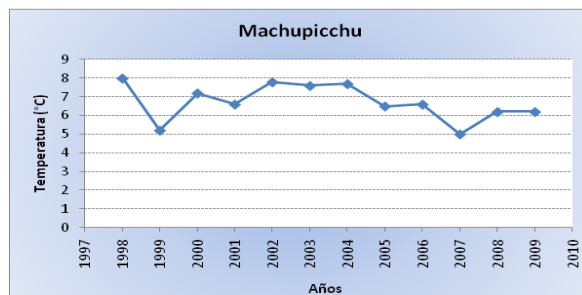
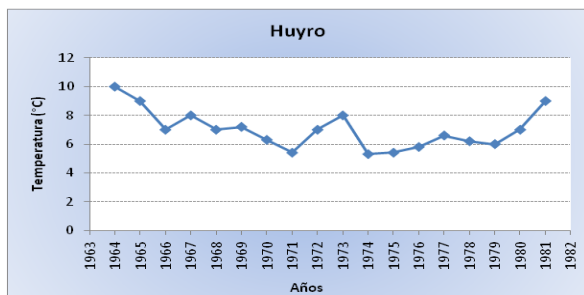
Por lo general las temperaturas mínimas absolutas más bajas se dan a mayores altitudes. En la **figura 12** se muestran la variación anual de la temperatura mínima absoluta y la menor temperatura registrada durante el periodo analizado en todas las estaciones de la Región. La estación de Yauri registra la temperatura más baja  $-18,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el año 2006.



**Figura 12.** Temperatura mínima absoluta registrada en cada estación meteorológica de la región Cusco

En la **figura 13** se muestra la variación interanual de la temperatura mínima absoluta para las estaciones de la región Cusco. Se puede ver que la intensidad de la temperatura mínima absoluta varía año a año, sin embargo se puede apreciar que para el periodo 1999-2009, en la mayor parte de las estaciones, las temperaturas más bajas de este período.





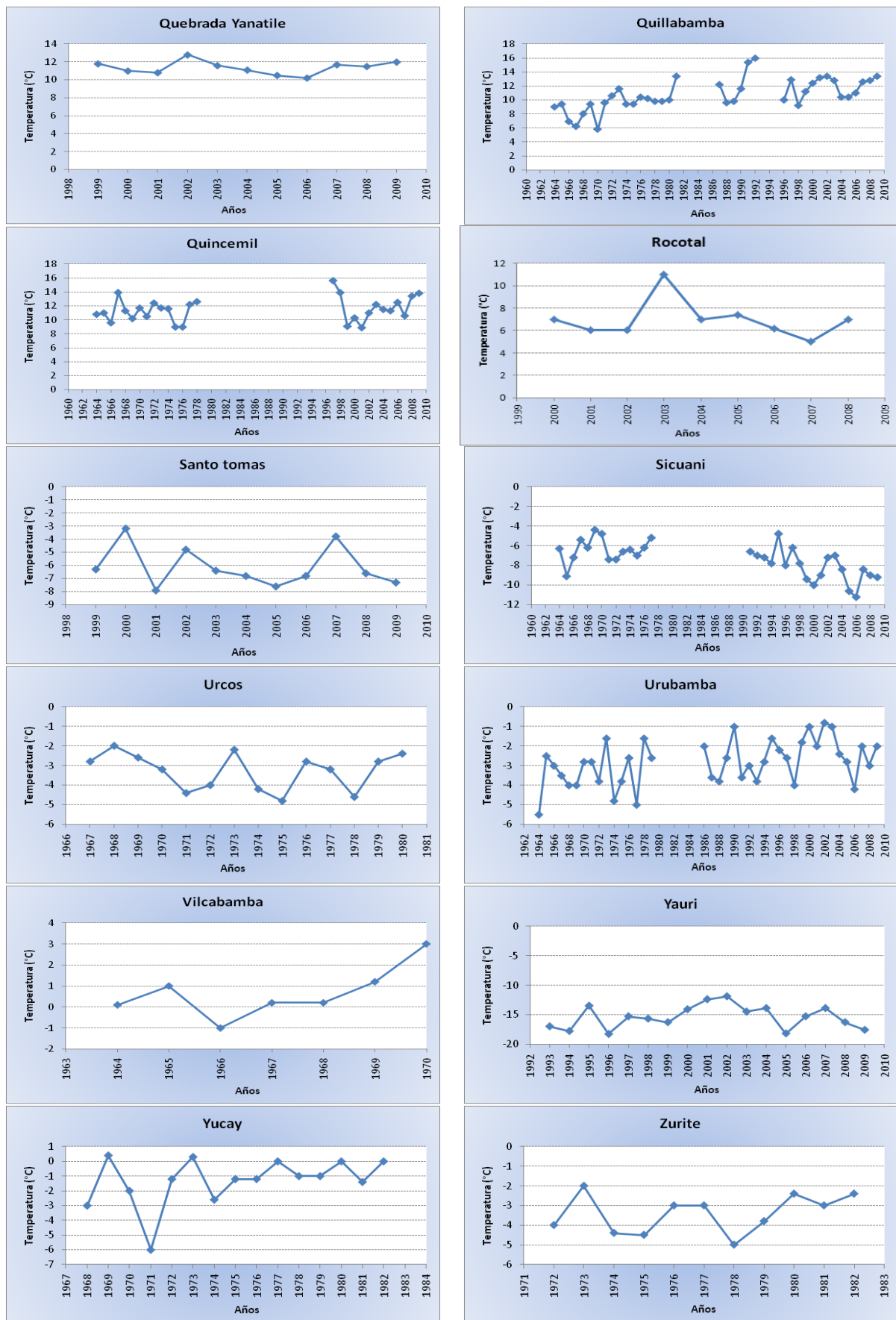
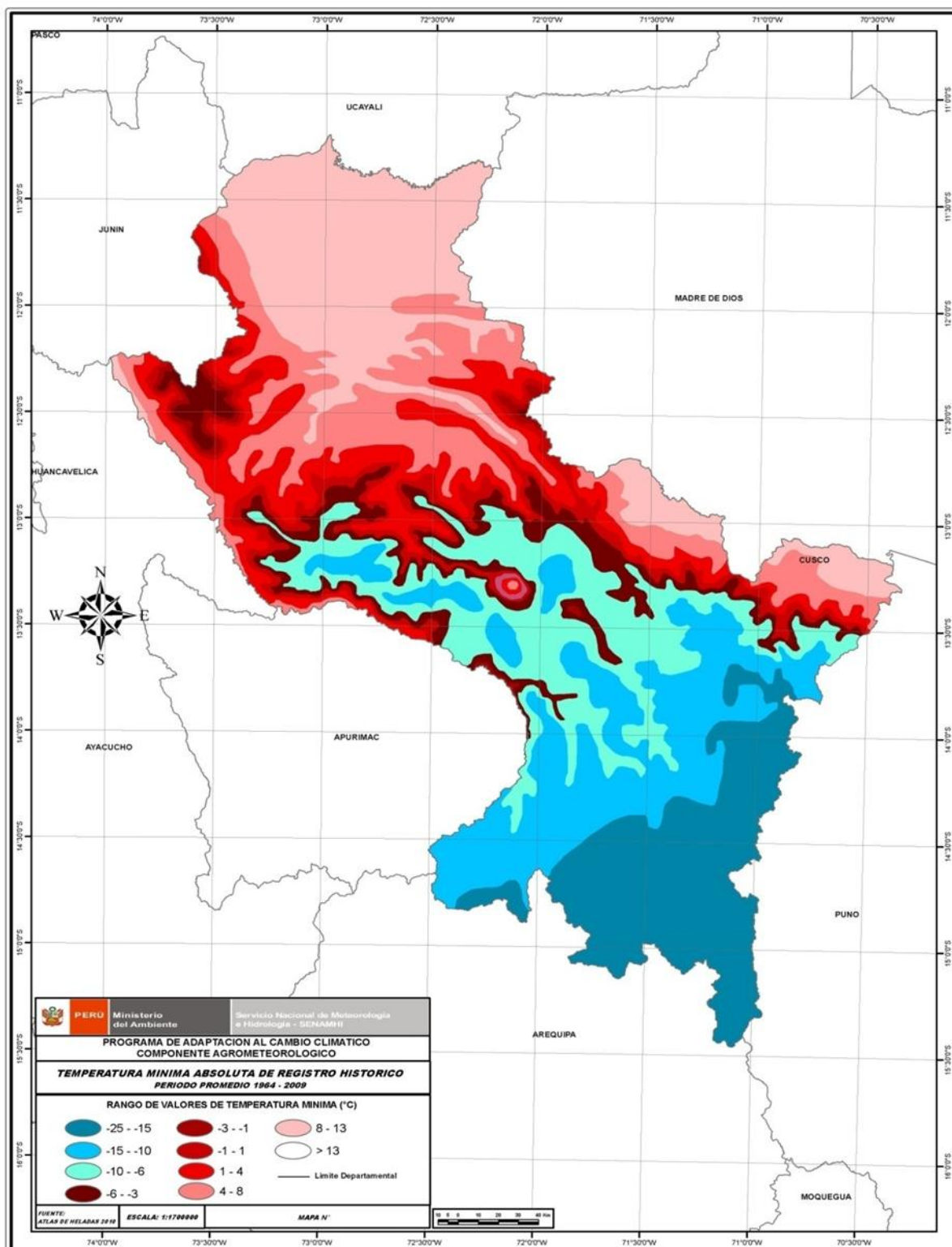


Figura 13. Variación interanual de la temperatura mínima absoluta en la región Cusco



El **mapa 08** presenta la distribución espacial de las temperaturas mínimas absolutas en la región Cusco, donde se muestra que éstas son muy bajas en las zonas más altas colindantes con las regiones de Puno y Arequipa; mientras que en dirección a los valles agrícolas interandinos los valores son moderados.

**Mapa 08.** Distribución espacial de la temperatura mínima absoluta



### 6.1.2 Régimen de heladas

La caracterización del régimen de heladas en una zona agrícola constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones en la planificación agropecuaria, permite la elección de las especies y variedades a cultivar, los lugares de implantación, épocas de baja probabilidad de ocurrencia de este evento, entre otras aplicaciones. Por ello se realiza un análisis detallado de la ocurrencia de heladas a nivel de estaciones representativas y a nivel regional.

En la **tabla 48** figuran las fechas medias de la primera y última helada. La fecha media de la primera helada varía entre el 26 de mayo (Acomayo) y el 24 de julio (Pisac). Debido a la topografía de la zona, estas fechas son muy variables. La mayor variabilidad de estas fechas se da en la zona de Ccatcca con  $\pm 44$  días. La intensidad media de las heladas varía entre  $-1,9$  (Anta) y  $-0,1^{\circ}\text{C}$  (Colquepata). La fecha extrema de estas heladas varía entre el 02 de enero (Ccatcca y Yauri) hasta el 04 de julio (Pisac).

La fecha media de la última helada varía entre el 20 de julio (Challabamba) hasta el 17 de diciembre (Yauri). La mayor variabilidad de estas fechas se encuentra en Calca con  $\pm 36$  días. La intensidad media varía entre  $-1,8^{\circ}\text{C}$  (Anta) y  $-0,1^{\circ}\text{C}$  (Paucartambo). La fecha extrema de la última helada varía entre el 12 de agosto (Pisac y Yucay) y el 31 de diciembre (Yauri).

En la región hay zonas donde no se presentan heladas todo el año, siendo su período libre de heladas 365 días. El periodo libre de heladas varía entre 363 días (Pisac) y 54 días (Yauri), estas fechas en cierta medida delimitarían el período en el cual los cultivos pueden crecer sin ser afectados por las heladas. Sin embargo, es importante tener en cuenta la variabilidad (desviación estándar) del período libre de heladas, el cual nos da un rango estimado del período libre de heladas. En la región ésta varía entre  $\pm 20$  días (Urcos), hasta  $\pm 156$  días (Pisac).

En la **figura 14**, se muestra para cada una de las estaciones que presentan heladas en la región Cusco, en detalle la caracterización de las heladas meteorológicas: variación interanual de las fechas de la primera y última helada en función al año juliano<sup>9</sup>, frecuencia anual de heladas y la variación decadal de su frecuencia relativa.

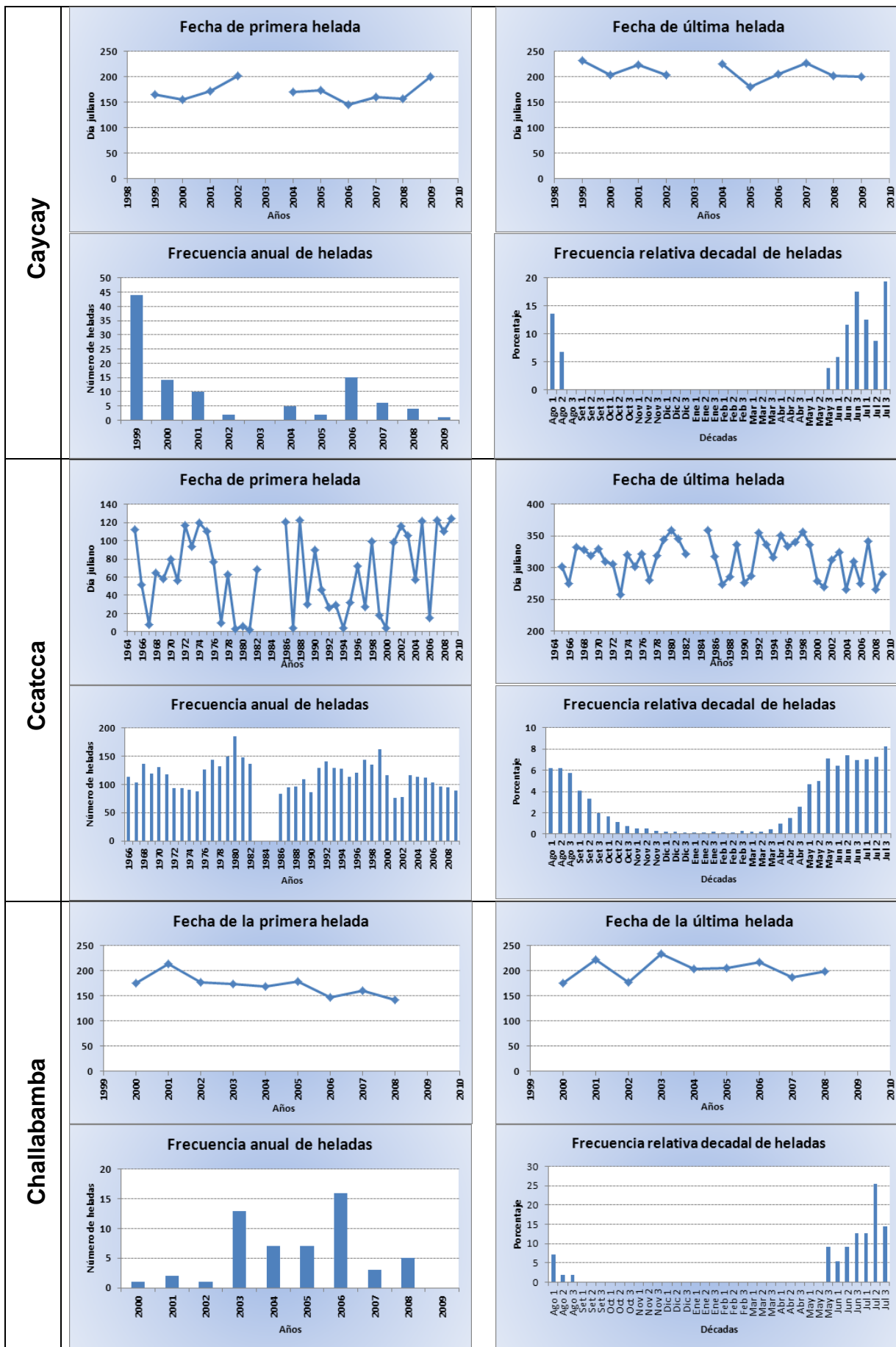
En la región, la frecuencia anual de heladas es muy variable en cada una de las estaciones, por las condiciones geográficas en algunas zonas las heladas ocurren todo el año (Ccatcca y Yauri), por lo que actividad agrícola en estas zonas es de alto riesgo. La mayor frecuencia de heladas se registra entre mayo y agosto y en algunos casos éstas se prolongan con menor frecuencia hasta setiembre y octubre. Desde el punto de vista agronómico es muy importante conocer la ocurrencia y frecuencia de heladas al inicio y final de la campaña agrícola (setiembre u octubre), debido a que en estas fechas los cultivos acusan alta sensibilidad a las bajas temperaturas. Así mismo, al final de la campaña agrícola es importante tener presente la ocurrencia de temperaturas bajas tempranas, que puedan afectar total o parcialmente los cultivos.

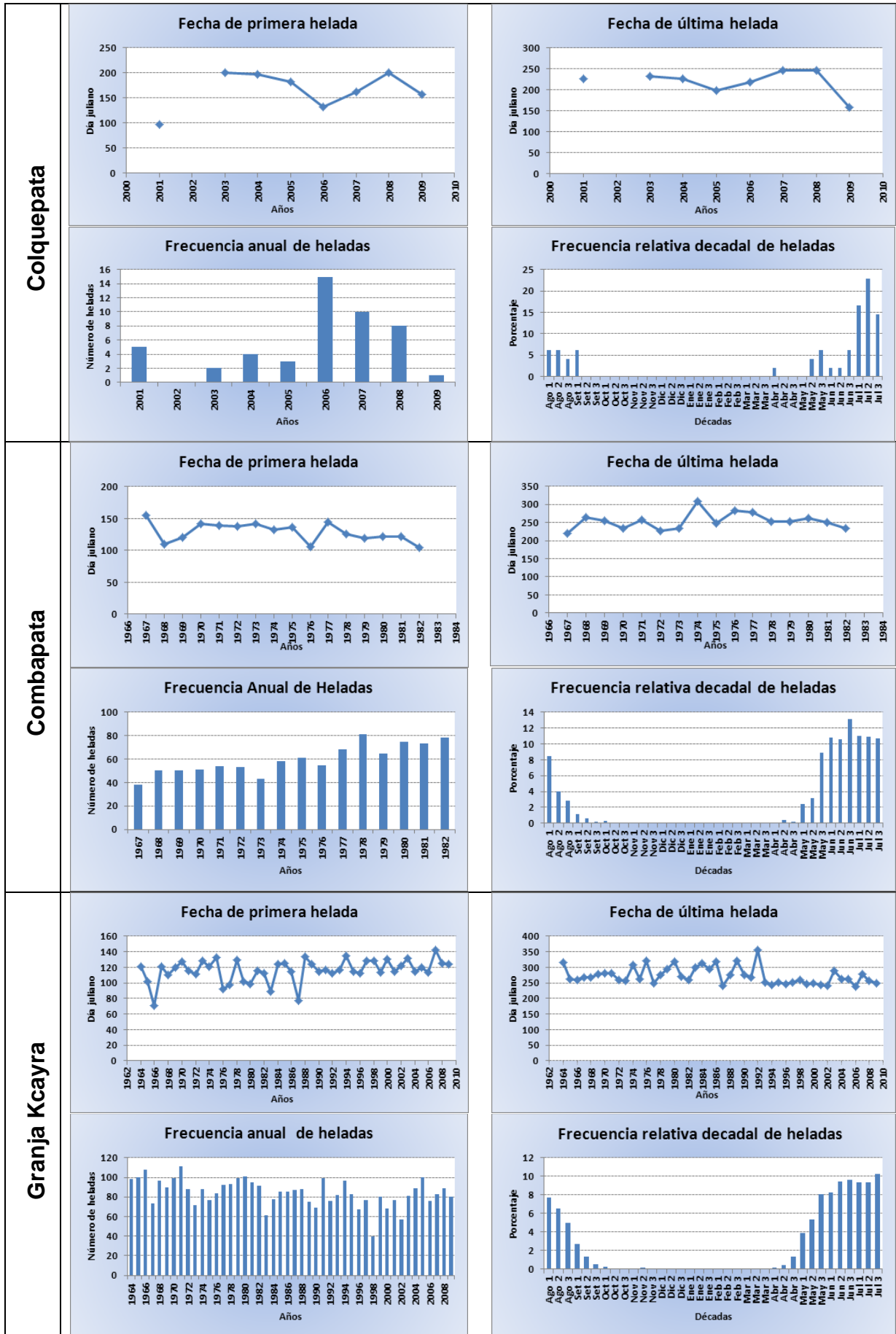
<sup>9</sup> Año Juliano es el modo de referirse a un año cualquiera en el Calendario juliano, consta de 365 días divididos en 12 meses, excepto los años bisiestos que tienen 366 días, y añaden un día adicional al mes de febrero.

**Tabla 48.** Régimen de la primera y última helada y periodo libre de heladas

| Estaciones        | Primeras Heladas |                       |        |        |                       |                     | Últimas Heladas |                       |        |        |                       |                     | Período libre de heladas |                       | Período   |
|-------------------|------------------|-----------------------|--------|--------|-----------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|--------|--------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
|                   | Fecha Media      | Desv. Estándar (días) | Máxima | Mínima | Intensidad Media (°C) | Desv. Estándar (°C) | Fecha Media     | Desv. Estándar (días) | Máxima | Mínima | Intensidad Media (°C) | Desv. Estándar (°C) | Fecha Media              | Desv. Estándar (días) |           |
| Chontachaca       |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 2000-2009 |
| Cirialo           |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1964-1978 |
| Huyro             |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1964-1981 |
| Machupicchu       |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1998-2009 |
| Maranura          |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1970-1978 |
| Mollepata         |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1964-1978 |
| Ocobamba          |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1967-1979 |
| Pilcopata         |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1964-1989 |
| Quebrada Yanatile |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1999-2009 |
| Quillabamba       |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1964-2009 |
| Quincemil         |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1997-2009 |
| Vilcabamba        |                  |                       |        |        |                       |                     |                 |                       |        |        |                       |                     | 365                      |                       | 1964-1970 |
| Pisac             | 24 jul           | 17                    | 3 ago  | 4 jul  | -0,5                  | 0,8                 | 1 ago           | 11                    | 12 ago | 27 jul | -1,0                  | 1,3                 | 363                      | 156                   | 1997-2009 |
| Challabamba       | 19 jun           | 21                    | 31 jul | 20 may | -0,4                  | 0,4                 | 20 jul          | 20                    | 20 ago | 23 jun | -0,5                  | 0,7                 | 355                      | 74                    | 2000-2009 |
| Paucartambo       | 20 jun           | 33                    | 17 ago | 25 abr | -0,5                  | 0,9                 | 1 ago           | 25                    | 24 set | 26 set | -0,7                  | 0,9                 | 339                      | 97                    | 1964-2009 |
| Yucay             | 22 jun           | 24                    | 26 jul | 27 abr | -0,4                  | 0,5                 | 25 jul          | 12                    | 12 ago | 7 jul  | -0,4                  | 0,9                 | 338                      | 104                   | 1968-1993 |
| Colquepata        | 14 jun           | 37                    | 17 jul | 6 abr  | -0,1                  | 0,2                 | 5 ago           | 29                    | 2 set  | 5 jun  | -0,3                  | 0,5                 | 320                      | 117                   | 2001-2009 |
| Paruro            | 21 may           | 22                    | 14 jul | 17 abr | -0,7                  | 0,8                 | 14 ago          | 30                    | 15 oct | 18 may | -0,9                  | 1,0                 | 303                      | 100                   | 1964-2009 |
| Urubamba          | 5 jun            | 18                    | 20 jul | 1 may  | -0,3                  | 0,5                 | 9 ago           | 16                    | 5 set  | 25 jun | -0,5                  | 0,7                 | 300                      | 26                    | 1964-2009 |
| Urcos             | 3 jun            | 14                    | 22 jun | 5 may  | -0,8                  | 0,7                 | 11 ago          | 16                    | 5 set  | 18 jul | -0,7                  | 0,5                 | 297                      | 20                    | 1967-1980 |
| Acomayo           | 26 may           | 17                    | 30 jun | 14 abr | -0,7                  | 0,8                 | 12 ago          | 19                    | 17 set | 4 jun  | -0,4                  | 0,6                 | 290                      | 30                    | 1964-2009 |
| Ocongate          | 2 jun            | 24                    | 30 jun | 2 may  | -1,8                  | 2,5                 | 14 oct          | 51                    | 27 dic | 6 set  | -1,3                  | 1,3                 | 262                      | 166                   | 1964-1970 |
| Zurite            | 9 may            | 24                    | 22 jul | 8 abr  | -0,5                  | 0,6                 | 31 ago          | 34                    | 28 nov | 23 jun | -0,3                  | 0,4                 | 245                      | 47                    | 1964-1983 |
| Combapata         | 7 may            | 15                    | 2 jun  | 13 abr | -0,6                  | 0,6                 | 19 set          | 23                    | 2 nov  | 7 ago  | -0,5                  | 0,6                 | 237                      | 23                    | 1964-1997 |
| Pomacanchi        | 5 may            | 10                    | 20 may | 18 abr | -0,6                  | 0,4                 | 22 set          | 35                    | 27 dic | 14 ago | -0,8                  | 0,9                 | 225                      | 39                    | 1995-2009 |
| Santo Tomas       | 10 may           | 8                     | 22 may | 25 abr | -1,0                  | 0,8                 | 2 oct           | 26                    | 29 nov | 27 ago | -1,1                  | 0,9                 | 219                      | 27                    | 1999-2009 |
| Granja Kcayra     | 25 abr           | 14                    | 20 may | 10 mar | -0,6                  | 0,7                 | 28 set          | 27                    | 19 dic | 25 ago | -0,6                  | 0,6                 | 207                      | 35                    | 1964-2009 |
| Sicuani           | 22 abr           | 14                    | 16 may | 20 mar | -0,5                  | 0,6                 | 8 oct           | 35                    | 18 dic | 21 ago | -0,7                  | 0,7                 | 196                      | 39                    | 1964-2009 |
| Caycay            | 18 jun           | 18                    | 20 jun | 24 may | -1,3                  | 1,0                 | 28 jul          | 16                    | 19 ago | 27 jun | -1,2                  | 1,6                 | 174                      | 91                    | 1999-2009 |
| Calca             | 24 jun           | 29                    | 13 jul | 12 mar | -0,7                  | 0,6                 | 15 ago          | 36                    | 19 dic | 2 jul  | -0,9                  | 1,0                 | 167                      | 87                    | 1965-1998 |
| Anta              | 17 abr           | 25                    | 3 may  | 14 feb | -1,9                  | 1,2                 | 1 nov           | 26                    | 11 dic | 21 set | -1,8                  | 1,0                 | 166                      | 30                    | 1192-2009 |
| Ccatcca           | 3 mar            | 44                    | 2 may  | 2 ene  | -0,4                  | 0,5                 | 7 nov           | 29                    | 24 dic | 14 set | -0,6                  | 0,8                 | 115                      | 61                    | 1964-2009 |
| Yauri             | 15 feb           | 39                    | 21 abr | 2 ene  | -1,0                  | 1,5                 | 17 dic          | 7                     | 31 dic | 3 dic  | -1,2                  | 1,8                 | 54                       | 40                    | 1992-2009 |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Acomayo</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de primeras heladas</b></p>   | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de últimas heladas</b></p>               |
|   | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia anual de heladas</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia relativa decadal de heladas</b></p> |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Anta</b></p>    | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de primera helada</b></p>     | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de última helada</b></p>                 |
|   | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia anual de heladas</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia relativa decadal de heladas</b></p> |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Calca</b></p>   | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de primeras heladas</b></p>   | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de últimas heladas</b></p>               |
|   | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia anual de heladas</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia relativa decadal de heladas</b></p> |

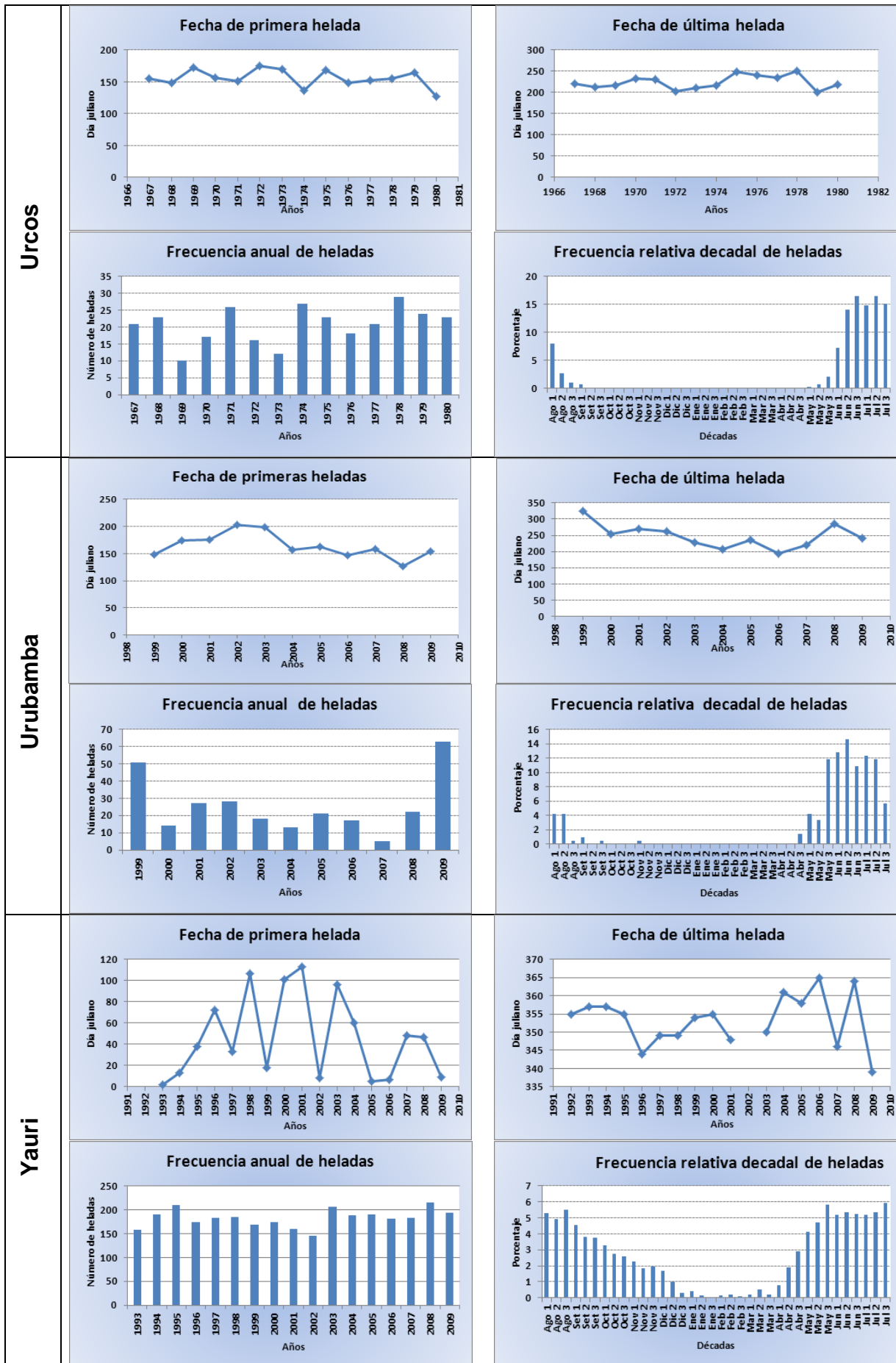




|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Paruro</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de primera helada</b></p>                       | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de última helada</b></p>                 |  |
|  | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia anual de heladas</b></p>                   | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia relativa decadal de heladas</b></p> |  |
|  | <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Paucartambo</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de primera helada</b></p>                | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de última helada</b></p>                 |
|  |   | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia anual de heladas</b></p>            | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia relativa decadal de heladas</b></p> |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Pisac</b></p>  |   | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de primera helada</b></p>                | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de última helada</b></p>                 |
|  |   | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia anual de heladas</b></p>            | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia relativa decadal de heladas</b></p> |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Pomacanchi</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de primera helada</b></p>                       | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de última helada</b></p>                 |  |
|  | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia anual de heladas</b></p>                   | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia relativa decadal de heladas</b></p> |  |
|  | <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Santo Tomas</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Fechas de última helada</b></p>                | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de primera helada</b></p>                |
|  |   | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia anual de heladas</b></p>            | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia relativa decadal de heladas</b></p> |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Sicuani</b></p>    |   | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de primera helada</b></p>                | <p style="text-align: center;"><b>Fecha de última helada</b></p>                 |
|  |   | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia anual de heladas</b></p>            | <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia relativa decadal de heladas</b></p> |





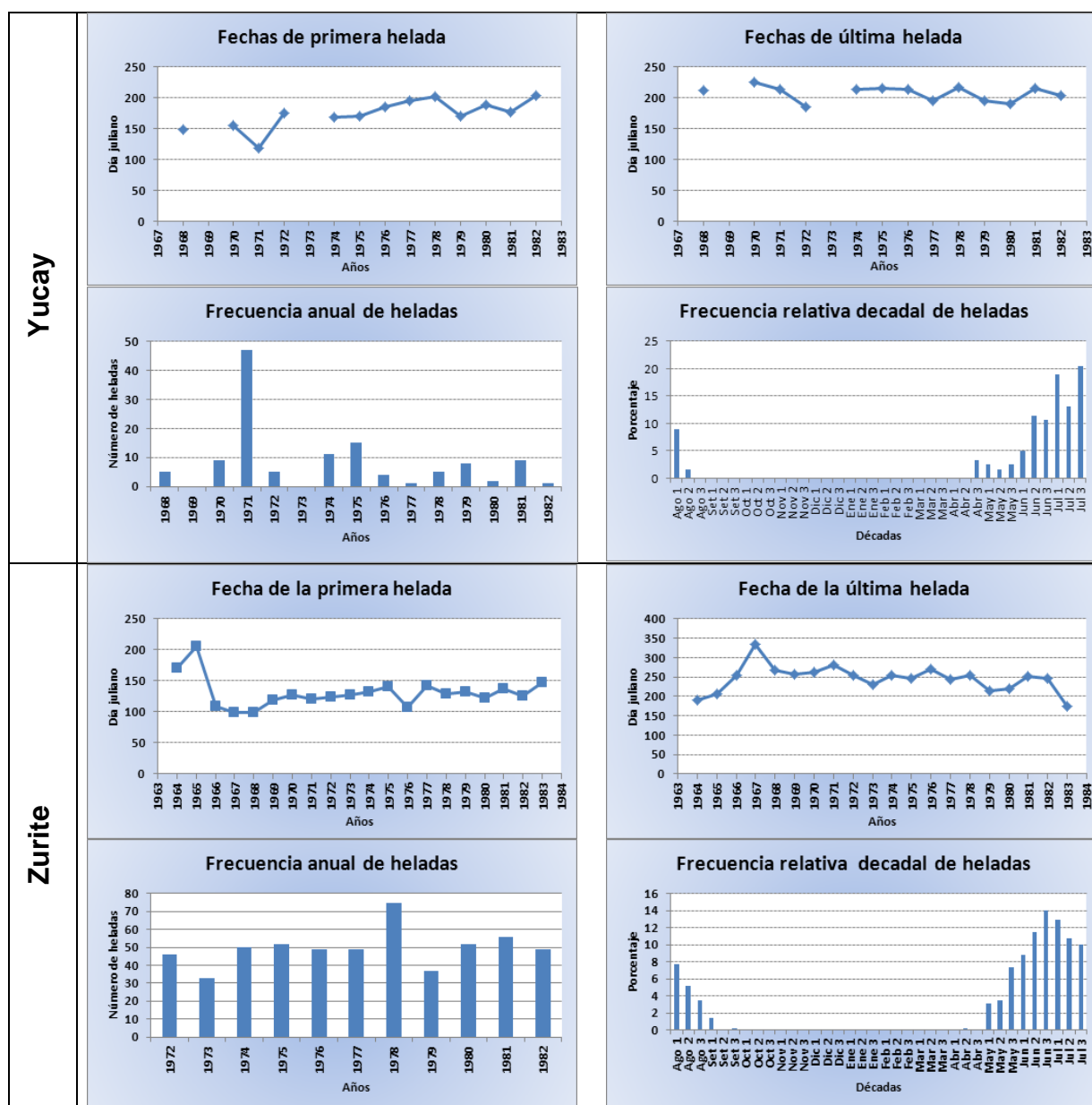


Figura 14. Caracterización de las heladas por estación meteorológica de la región Cusco

En la región, las primeras heladas generalmente se presentan en otoño y las últimas en primavera; sin embargo hacia mayores altitudes y latitudes las primeras heladas se pueden presentar entre enero y julio (SENAMHI, 2010); en este caso, las fechas medias de la primera helada varían entre el 24 de julio y 19 de febrero (mapa 09). El área que registra las primeras heladas más extrema se encuentran al sur de la región a mayor altitud. La mayor variabilidad de estas fechas se dan a altitudes mayores (Ccatcca y Yauri). La intensidad media de las primeras heladas varía entre  $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Ocongate) y  $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Colquepata).

La fecha media de la última helada para la región Cusco varía entre 20 de julio y el 17 diciembre (mapa 10). La variación mayor (desviación estándar mayor) de estas fechas se dan al extremo sureste del departamento y la menor variabilidad se presentan en lugares de importancia agrícola en la zona sureste en los valles de

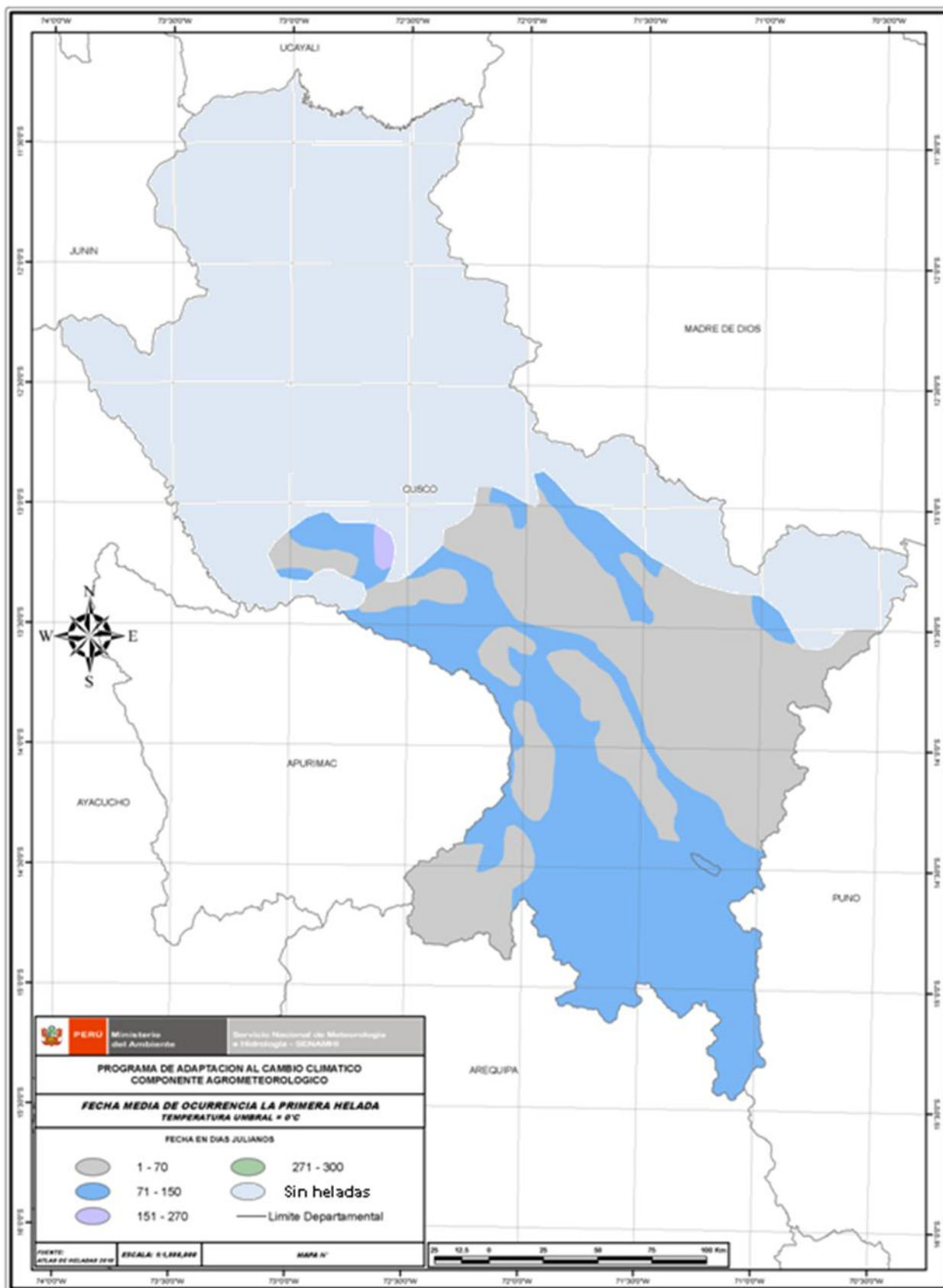
Paruro, Acomayo y partes altas del valle del Vilcanota. La intensidad media de la última helada varía entre  $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Anta) y  $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Colquepata y Zurite).

En el **mapa 11** se muestra el período libre de heladas, en el se observa que la selva se encuentra libre de heladas, por lo que el periodo libre de heladas es 365 días. A medida que se incrementa la altura el período libre de heladas varía entre 363 y 45 días desde los flancos orientales de la cordillera hacia la zona andina de la región.

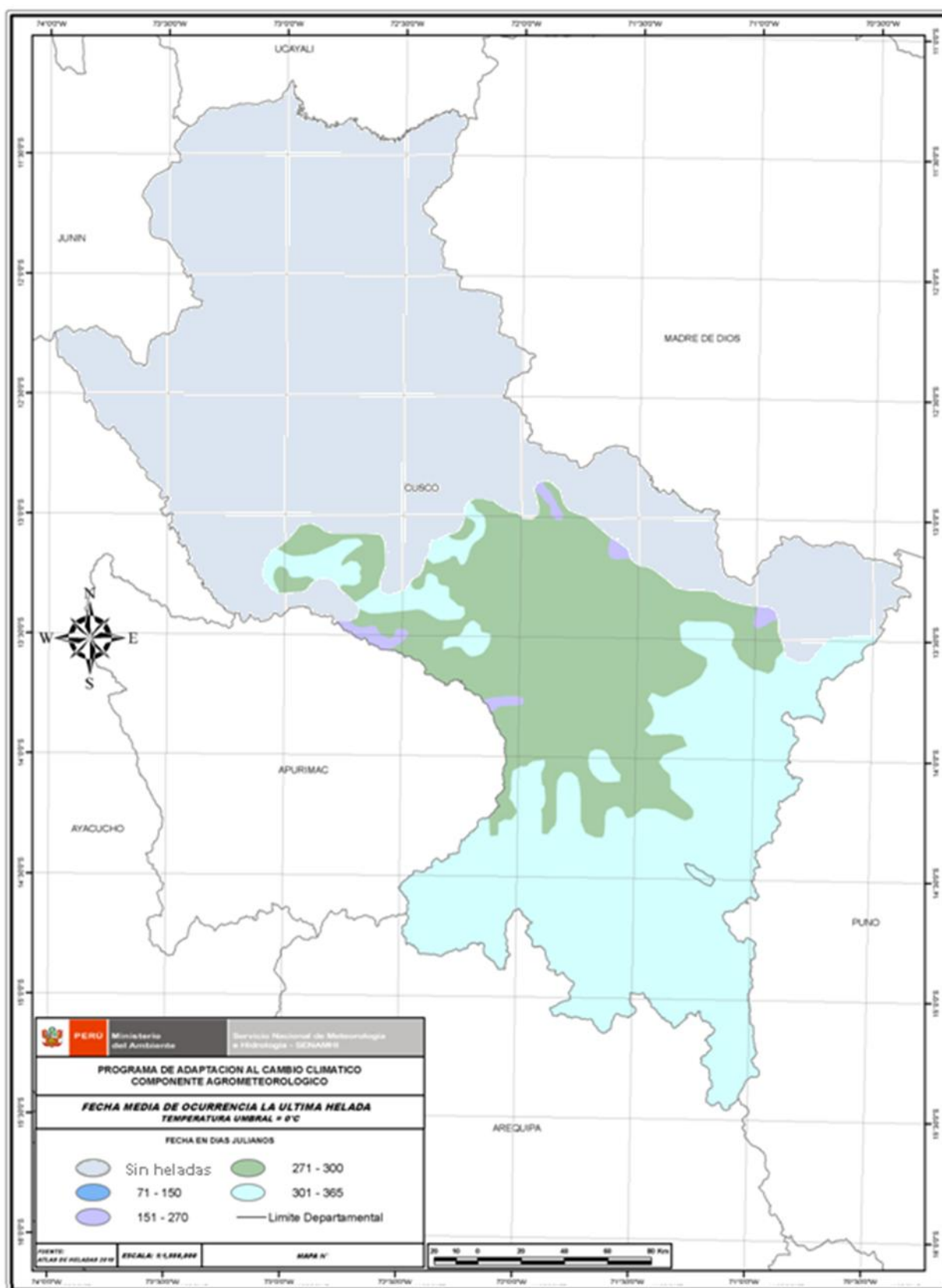
Los períodos más largos en la zona andina se dan principalmente en los valles interandinos como el Urubamba, Paucartambo y el Apurímac. La zona central donde se encuentran las mayores aéreas agrícolas de la zona andina el período libre de heladas varía entre 200 y 340 días, delimitando el período en el cual los cultivos pueden crecer sin ser afectados por las heladas. La variabilidad (desviación estándar) del período libre varía entre 23 y 166 días.

Ante la presencia de las heladas en la región de estudio, se recomiendan tomar en cuenta algunas acciones que permitan atenuar sus impactos, entre ellos tenemos un grupo de medidas que pueden tomarse anticipadamente, por ejemplo la ubicación de los cultivos evitando las partes bajas y hondonadas que acumulen aire frío, sembrar en lugares cercanos a fuentes de agua y evitando que las fases más críticas de los cultivos coincidan en las fechas de ocurrencia de heladas; seleccionar variedades tolerantes a las heladas; utilizar técnicas de cultivo que permitan atenuar el efecto como mantener el suelo húmedo, libre de malezas, con estado nutricional adecuado, mantener los terrenos limpios; uso de terrazas, camellones, protección de parcelas con árboles y muros; entre otras medidas. Cuando la presencia de la helada es inminente, se recomienda tomar acciones que permitan mantener la temperatura del entorno de las plantas por encima del nivel crítico; entre estos métodos se mencionan el riego, uso de humos y nieblas artificiales; uso de cobertores, ventiladores, calentadores (SENAMHI, 2010).

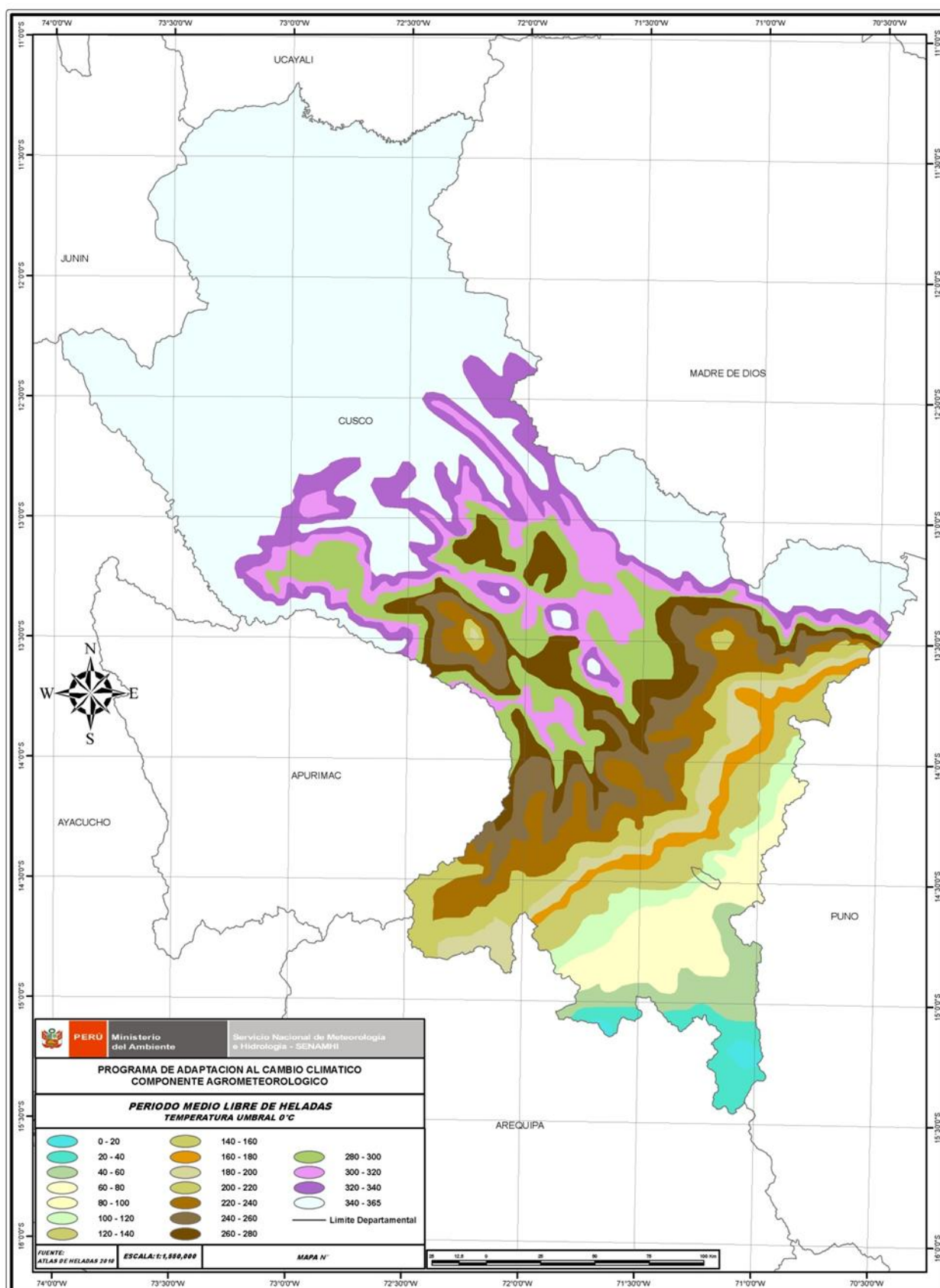
**Mapa 09.** Distribución de la fecha promedio de la primera helada en la región Cusco



**Mapa 10.** Distribución de la fecha promedio de la última helada en la región Cusco



**Mapa 11.** Distribución del período libre de heladas en la región Cusco

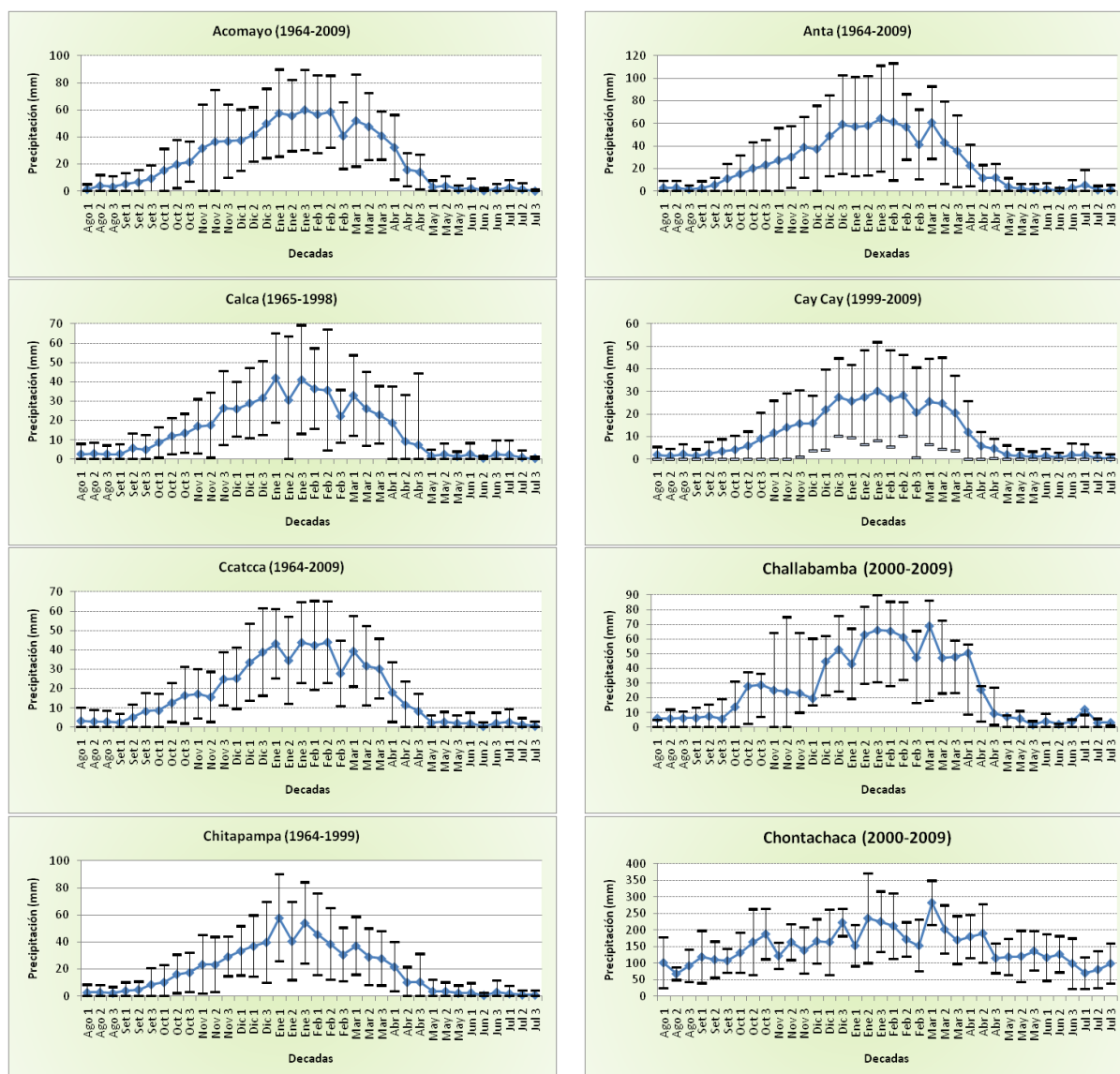


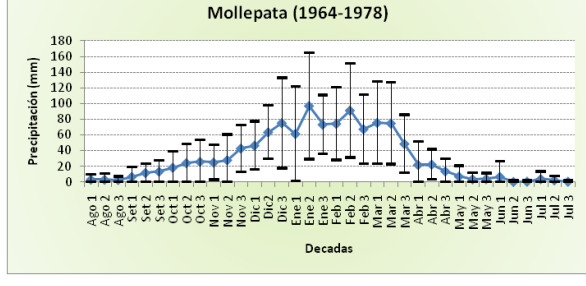
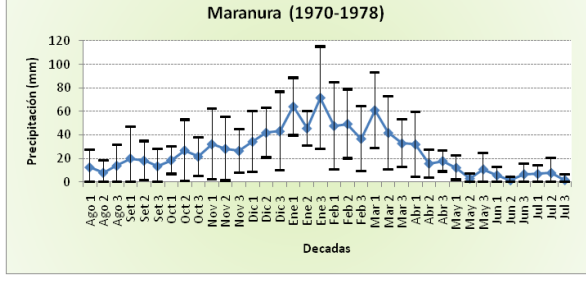
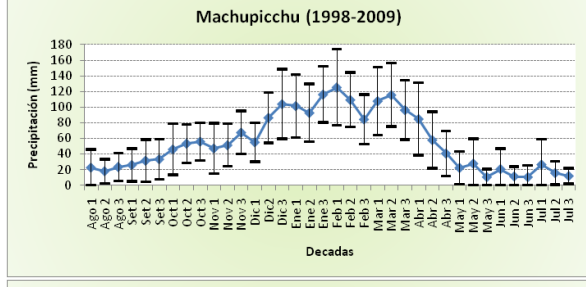
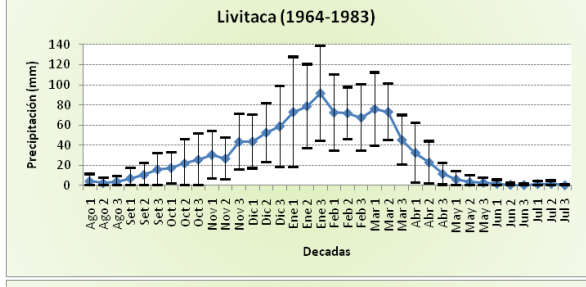
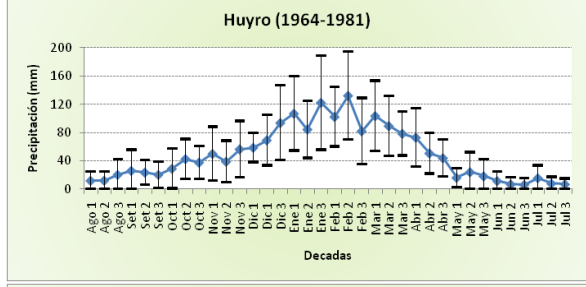
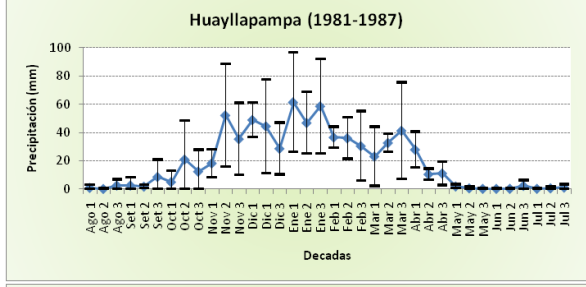
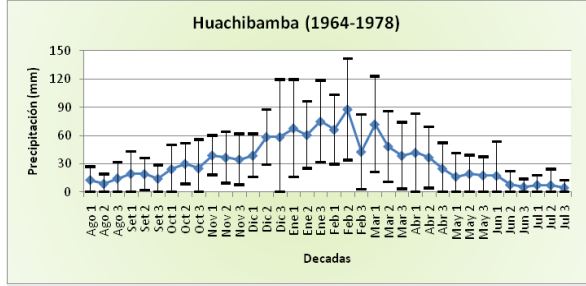
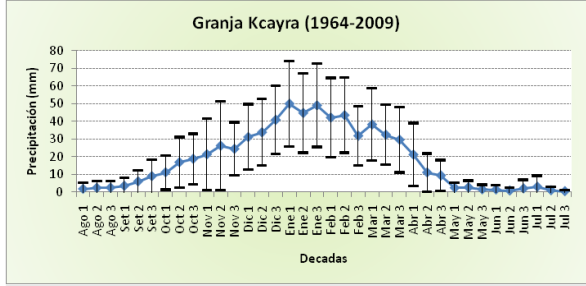
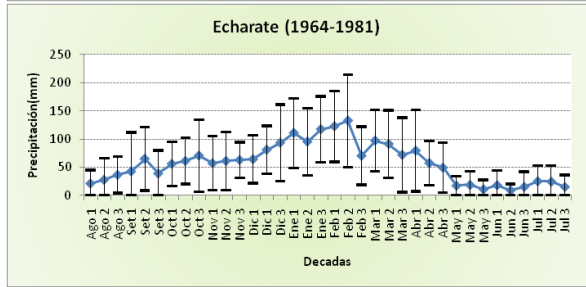
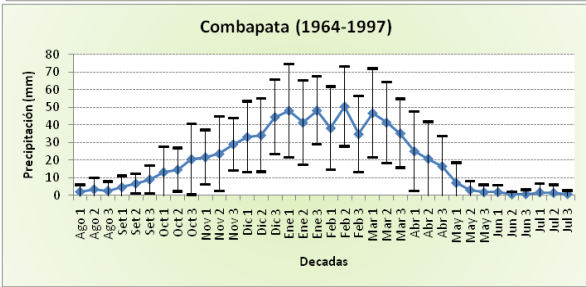
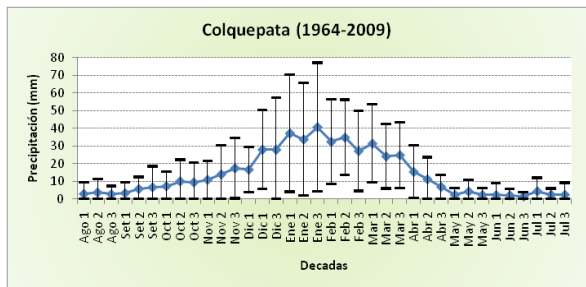
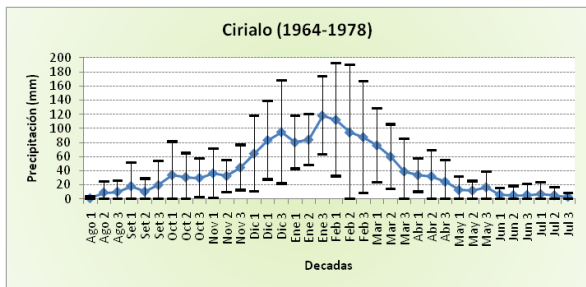
## 6.1.3 Régimen de la precipitación

### 6.1.3.1 Distribución temporal

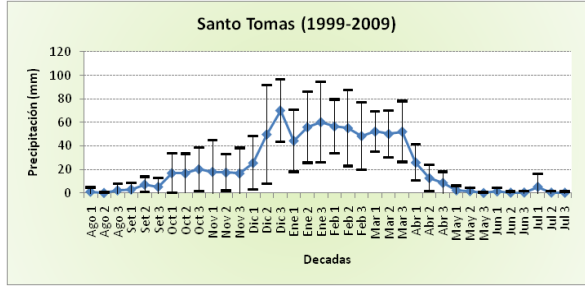
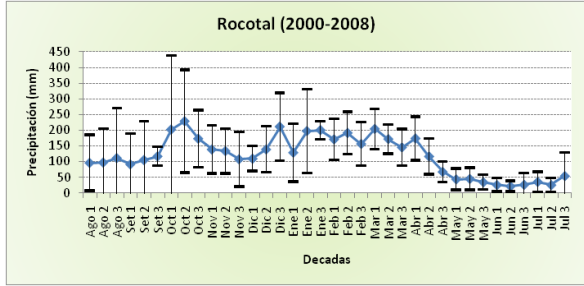
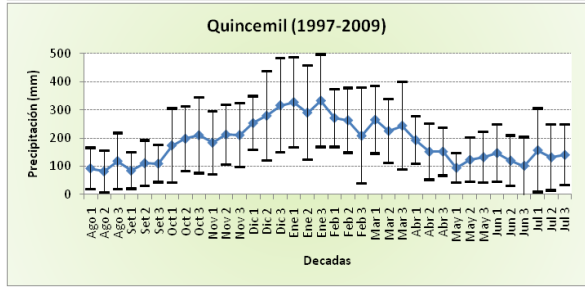
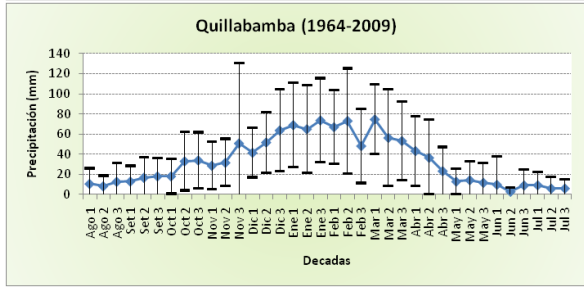
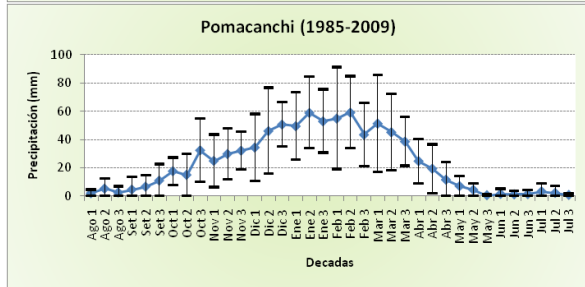
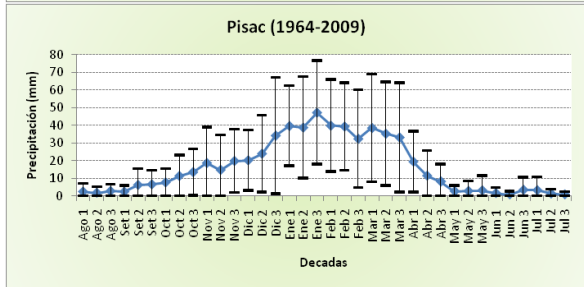
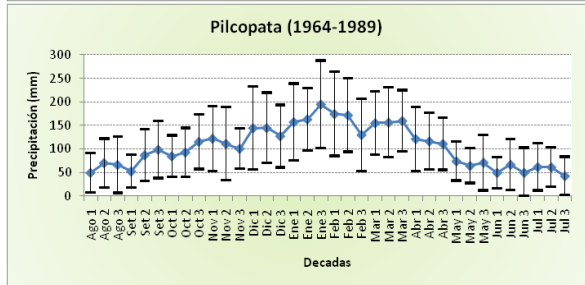
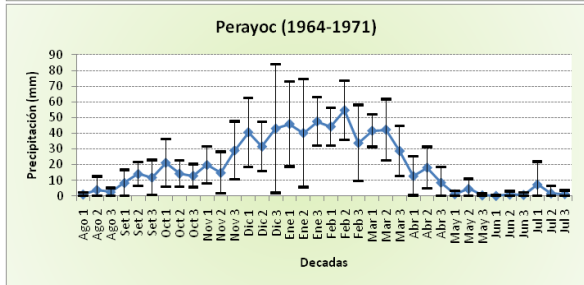
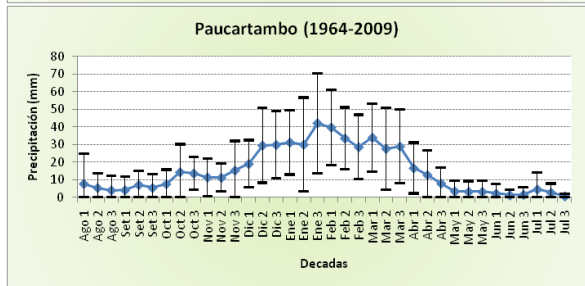
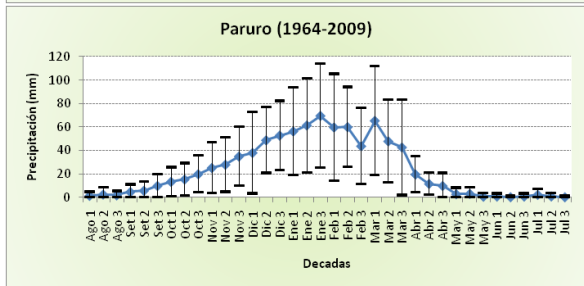
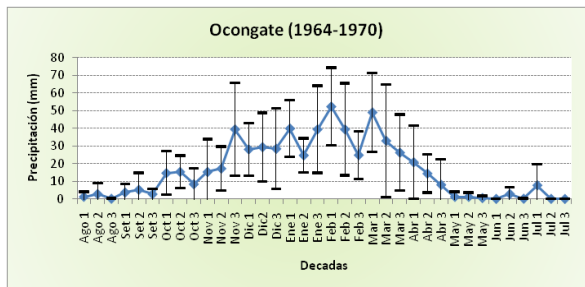
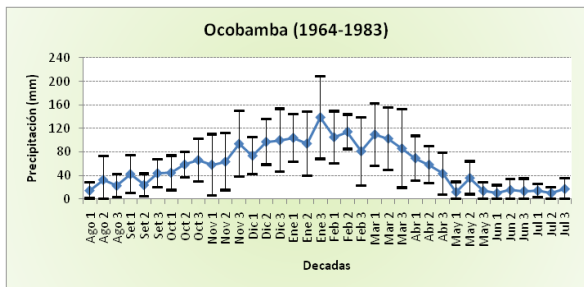
En la región Cusco, la distribución temporal de la precipitación es típica de las regiones subtropicales (tipo monomodal), con precipitaciones máximas entre los meses de noviembre y marzo y precipitaciones mínimas entre mayo y setiembre; es decir, destacan dos períodos: uno lluvioso estival y otro invernal con precipitaciones escasas, siendo los meses de enero y febrero más lluviosos, con valores que fluctúan entre 70 y 950 mm mensuales. A nivel anual la precipitación de la región varía entre 400 mm en Urubamba hasta 6 640 mm en Quincemil.

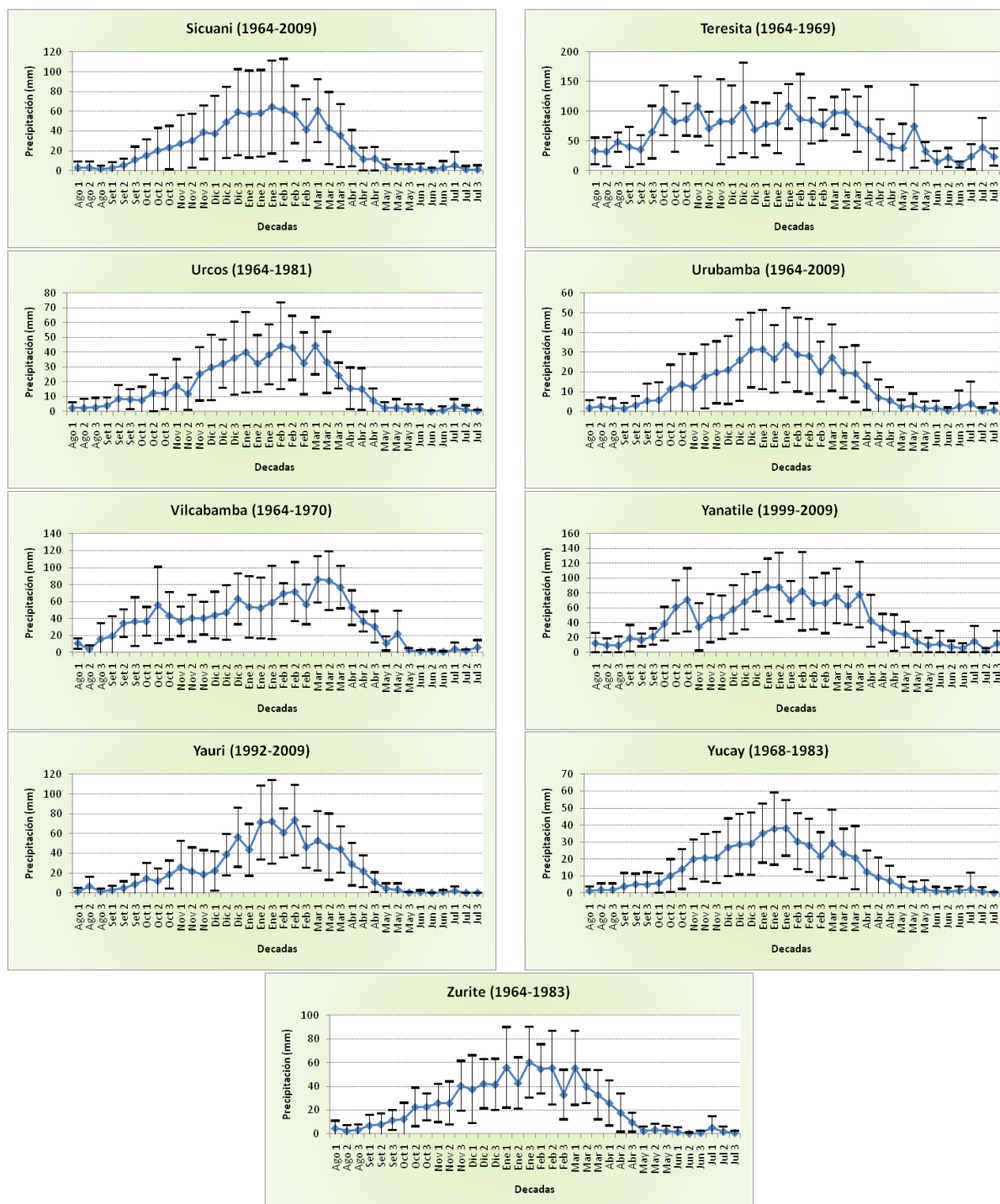
En la **figura 15** se muestran la distribución temporal y la variación decadal de la precipitación y su desviación estándar, esta última nos indica que cualquier valor decadal que se encuentra dentro de la zona de las barras debe ser considerado como un valor previsto. Analizando las figuras, los datos de precipitación decadal muestran una alta variabilidad en todas las estaciones.











**Figura 15.** Distribución temporal de la precipitación en estación de la región Cusco

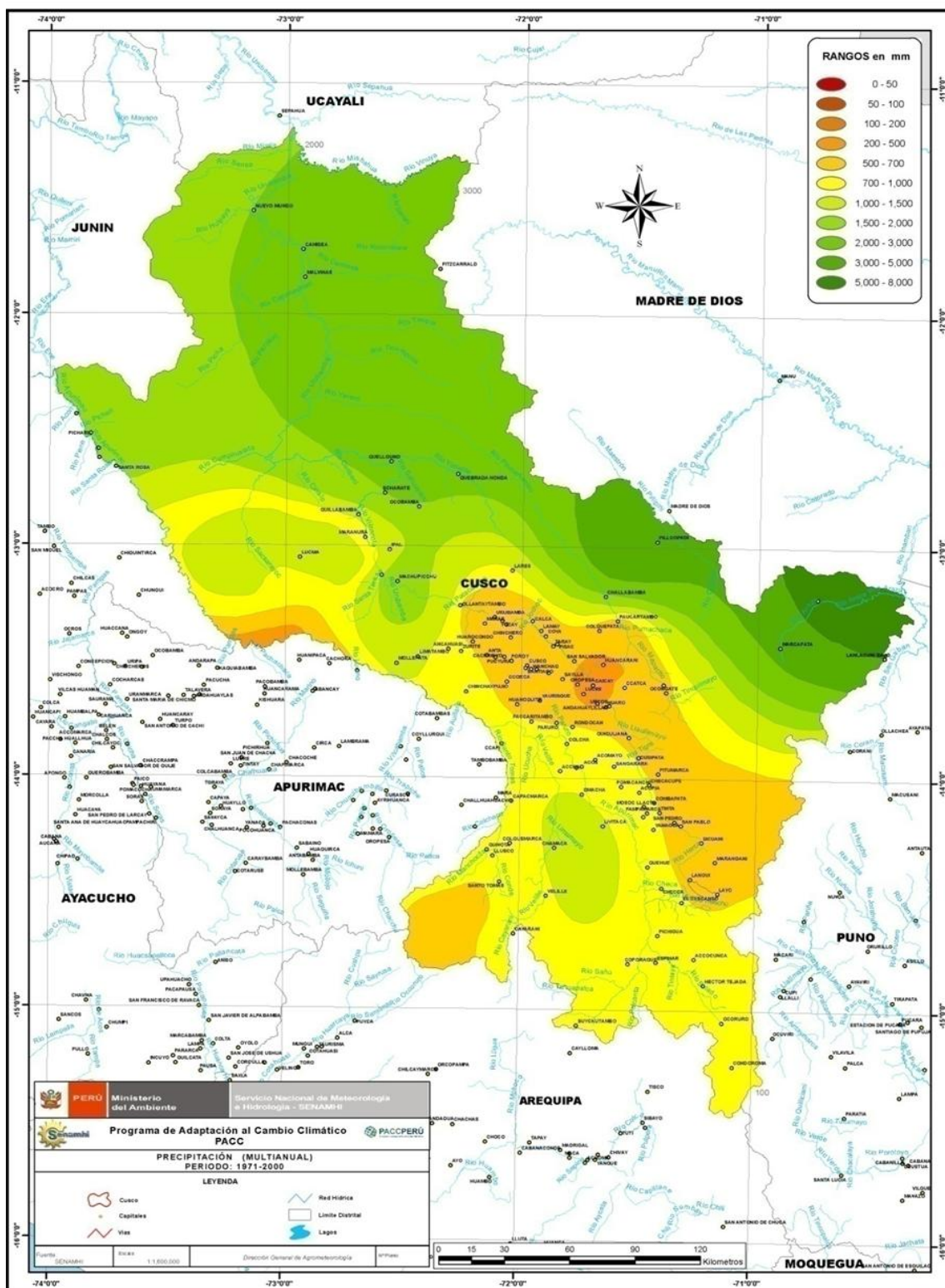
### 6.1.3.2 Distribución espacial

La región Cusco, debido a la topografía presenta dos zonas: selva y ceja de selva hacia el norte y sureste, y la sierra hacia la zona central y sur de la región, los que influyen en la distribución espacial de las lluvias.

Las cantidades máximas de precipitación que exceden los 6000 mm se producen al este de la región (Quincemil) en la zona limítrofe con los departamentos de Puno y

Madre de Dios. En las zonas central y sureste de la región en la frontera con los departamentos de Puno y Arequipa llueve entre 700 a 1000 mm (**mapa 12**). Las cantidades mínimas se registran en Caycay (400 mm), Yucay (503 mm) y Urubamba (450 mm). En la zona limítrofe con la región de Apurímac las precipitaciones superan los 500 mm alcanzando valores de hasta 1150 mm (Mollepata).

**Mapa 12.** Distribución espacial de la precipitación total anual en la región Cusco



### 6.1.3.3 Distribución porcentual y estación lluviosa

La estación lluviosa (**Tabla 49**) en la selva y ceja de selva varía entre 5 y 7 meses, el inicio de la estación lluviosa fluctúa entre los meses de octubre y diciembre y el final entre los meses de marzo y abril. La precipitación porcentual acumulada durante la estación lluviosa alcanza valores entre 67,16% (Pilcopata) y 82,4% (Echarate) del total de la precipitación anual.

**Tabla 49.** Precipitación porcentual con respecto al valor promedio anual y duración de la estación lluviosa

| Estación     | Meses |     |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     | Estación lluviosa |     |         |
|--------------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-------------------|-----|---------|
|              | Ago   | Set | Oct  | Nov  | Dic  | Ene  | Feb  | Mar  | Abr | May | Jun | Jul | Inicio            | Fin | Período |
| Acomayo      | 1,1   | 2,5 | 6,6  | 12,0 | 14,7 | 20,0 | 18,0 | 16,0 | 7,1 | 1,0 | 0,4 | 0,4 | Nov               | Mar | 5       |
| Anta         | 0,9   | 2,2 | 6,8  | 11,1 | 16,7 | 20,6 | 18,3 | 16,0 | 5,3 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | Nov               | Mar | 5       |
| Calca        | 1,4   | 2,4 | 6,2  | 11,2 | 15,9 | 20,9 | 17,4 | 15,1 | 6,4 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | Nov               | Mar | 5       |
| Caycay       | 1,3   | 1,8 | 4,7  | 10,3 | 16,2 | 20,7 | 18,9 | 17,6 | 5,5 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | Nov               | Mar | 5       |
| Ccatcca      | 1,6   | 2,6 | 6,2  | 9,5  | 16,0 | 19,9 | 18,7 | 16,6 | 6,2 | 1,2 | 0,8 | 0,8 | Nov               | Mar | 5       |
| Challabamba  | 2,0   | 2,1 | 7,6  | 7,8  | 12,6 | 18,5 | 18,7 | 17,7 | 9,2 | 1,6 | 1,1 | 1,1 | Dic               | Abr | 5       |
| Chinchoero   | 0,3   | 2,5 | 4,5  | 9,1  | 16,1 | 20,3 | 22,1 | 14,5 | 5,4 | 4,3 | 0,4 | 0,4 | Nov               | Mar | 5       |
| Chitapampa   | 1,2   | 2,6 | 6,5  | 11,1 | 16,1 | 22,3 | 16,8 | 13,8 | 6,3 | 1,4 | 1,0 | 1,0 | Nov               | Mar | 5       |
| Chontachaca  | 4,8   | 6,2 | 8,9  | 7,8  | 10,2 | 11,4 | 9,9  | 12,1 | 9,0 | 7,0 | 6,3 | 6,3 | Dic               | Abr | 5       |
| Cirialo      | 1,4   | 3,3 | 6,6  | 7,9  | 16,9 | 19,7 | 20,5 | 12,2 | 6,3 | 2,9 | 1,2 | 1,2 | Dic               | Mar | 4       |
| Colquepata   | 1,9   | 3,1 | 5,3  | 8,3  | 14,3 | 22,0 | 18,6 | 15,8 | 6,6 | 1,8 | 1,2 | 1,2 | Nov               | Mar | 5       |
| Combapata    | 1,1   | 2,8 | 6,6  | 10,2 | 15,4 | 18,9 | 17,0 | 16,9 | 8,6 | 1,6 | 0,4 | 0,4 | Nov               | Abr | 6       |
| Echarate     | 4,1   | 7,1 | 9,1  | 8,8  | 11,5 | 15,6 | 15,7 | 12,6 | 9,0 | 2,3 | 2,1 | 2,1 | Oct               | Abr | 7       |
| G. Kcayra    | 0,9   | 2,7 | 7,0  | 10,8 | 15,9 | 21,6 | 17,7 | 15,1 | 6,2 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | Dic               | Mar | 5       |
| Huachibamba  | 3,0   | 4,3 | 6,6  | 9,1  | 12,9 | 16,8 | 16,3 | 13,1 | 8,5 | 4,4 | 2,5 | 2,5 | Nov               | Abr | 6       |
| Huayllapampa | 0,5   | 1,8 | 5,4  | 14,9 | 17,2 | 23,6 | 14,6 | 13,7 | 7,0 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | Nov               | Mar | 5       |
| Huyro        | 2,5   | 4,0 | 6,2  | 8,2  | 12,5 | 17,7 | 17,9 | 15,3 | 9,5 | 3,3 | 1,4 | 1,4 | Dic               | Abr | 5       |
| Livitaca     | 0,9   | 3,0 | 5,9  | 9,2  | 14,1 | 22,2 | 19,3 | 17,7 | 6,1 | 1,1 | 0,2 | 0,2 | Nov               | Mar | 5       |
| Machupicchu  | 3,2   | 4,5 | 7,8  | 8,3  | 12,3 | 15,5 | 16,0 | 16,0 | 9,2 | 3,0 | 2,1 | 2,1 | Nov               | Abr | 6       |
| Maranura     | 3,7   | 5,6 | 7,2  | 9,3  | 12,8 | 19,5 | 14,4 | 14,6 | 7,0 | 2,8 | 1,5 | 1,5 | Nov               | Mar | 5       |
| Mollepata    | 0,8   | 2,8 | 6,0  | 8,4  | 16,2 | 20,3 | 20,4 | 17,4 | 5,1 | 1,3 | 0,7 | 0,7 | Nov               | Mar | 5       |
| Ocobamba     | 3,4   | 5,3 | 8,1  | 10,4 | 13,0 | 16,2 | 14,4 | 14,3 | 8,2 | 3,0 | 1,9 | 1,9 | Nov               | Mar | 5       |
| Ocongate     | 0,7   | 2,0 | 6,5  | 12,1 | 14,5 | 17,6 | 19,7 | 18,3 | 7,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | Nov               | Mar | 5       |
| Paruro       | 0,7   | 2,4 | 5,7  | 10,2 | 16,2 | 21,7 | 18,9 | 18,1 | 4,8 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | Nov               | Mar | 5       |
| Paucartambo  | 3,2   | 3,1 | 6,6  | 7,0  | 14,5 | 19,2 | 18,9 | 16,8 | 6,9 | 1,9 | 1,0 | 1,0 | Dic               | Mar | 4       |
| Perayoc      | 1,1   | 4,9 | 6,9  | 9,1  | 16,5 | 19,1 | 19,0 | 16,1 | 5,7 | 0,9 | 0,3 | 0,3 | Nov               | Mar | 5       |
| Pilcopata    | 4,9   | 6,2 | 7,7  | 8,7  | 10,9 | 13,5 | 12,5 | 12,3 | 9,1 | 5,5 | 4,3 | 4,3 | Nov               | Abr | 6       |
| Pisac        | 1,1   | 2,5 | 5,5  | 9,0  | 13,3 | 21,4 | 19,0 | 18,2 | 6,6 | 1,4 | 1,0 | 1,0 | Nov               | Mar | 5       |
| Pomacanchi   | 1,0   | 2,9 | 7,8  | 10,4 | 16,1 | 19,6 | 18,3 | 14,7 | 6,4 | 1,7 | 0,5 | 0,5 | Nov               | Mar | 5       |
| Quillabamba  | 2,6   | 4,0 | 7,1  | 9,3  | 13,1 | 17,3 | 15,7 | 15,4 | 8,6 | 3,2 | 1,8 | 1,8 | Nov               | Abr | 6       |
| Quincemil    | 4,4   | 4,6 | 8,8  | 9,1  | 12,8 | 14,3 | 11,2 | 11,1 | 7,5 | 5,2 | 5,5 | 5,5 | Oct               | Mar | 6       |
| Rocotal      | 7,2   | 7,4 | 14,2 | 8,9  | 10,8 | 12,4 | 12,2 | 12,2 | 8,4 | 2,9 | 1,7 | 1,7 | Oct               | Abr | 7       |
| Santo tomas  | 0,4   | 1,9 | 6,7  | 6,5  | 18,2 | 20,0 | 20,0 | 19,3 | 5,9 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | Dic               | Mar | 4       |
| Sicuani      | 0,9   | 2,2 | 6,8  | 11,1 | 16,7 | 20,6 | 18,3 | 16,0 | 5,3 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | Nov               | Mar | 5       |
| Teresita     | 5,1   | 6,3 | 12,1 | 11,7 | 11,5 | 12,0 | 11,1 | 12,3 | 7,2 | 6,5 | 2,1 | 2,1 | Nov               | Mar | 5       |
| Urcos        | 1,2   | 3,5 | 5,4  | 9,2  | 16,5 | 18,6 | 20,1 | 17,1 | 6,4 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | Nov               | Mar | 5       |
| Urubamba     | 1,4   | 2,2 | 6,8  | 11,0 | 17,3 | 20,3 | 17,1 | 14,7 | 5,6 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | Nov               | Mar | 5       |
| Vilcabamba   | 2,3   | 6,9 | 10,5 | 9,1  | 11,9 | 12,7 | 15,3 | 19,1 | 9,2 | 2,7 | 0,2 | 0,2 | Oct               | Abr | 7       |
| Yanatile     | 2,1   | 3,9 | 11,6 | 8,7  | 14,1 | 16,7 | 14,6 | 14,7 | 6,9 | 3,3 | 1,7 | 1,7 | Oct               | Mar | 6       |
| Yauri        | 1,1   | 2,0 | 5,4  | 7,9  | 14,0 | 22,3 | 21,6 | 17,1 | 7,3 | 0,9 | 0,2 | 0,2 | Dic               | Mar | 4       |
| Yucay        | 1,0   | 2,7 | 6,0  | 12,2 | 16,9 | 22,2 | 15,9 | 14,6 | 5,7 | 1,6 | 0,6 | 0,6 | Nov               | Mar | 5       |
| Zurite       | 1,3   | 3,3 | 7,2  | 11,5 | 15,1 | 19,8 | 17,8 | 15,9 | 6,6 | 1,0 | 0,3 | 0,3 | Nov               | Mar | 5       |

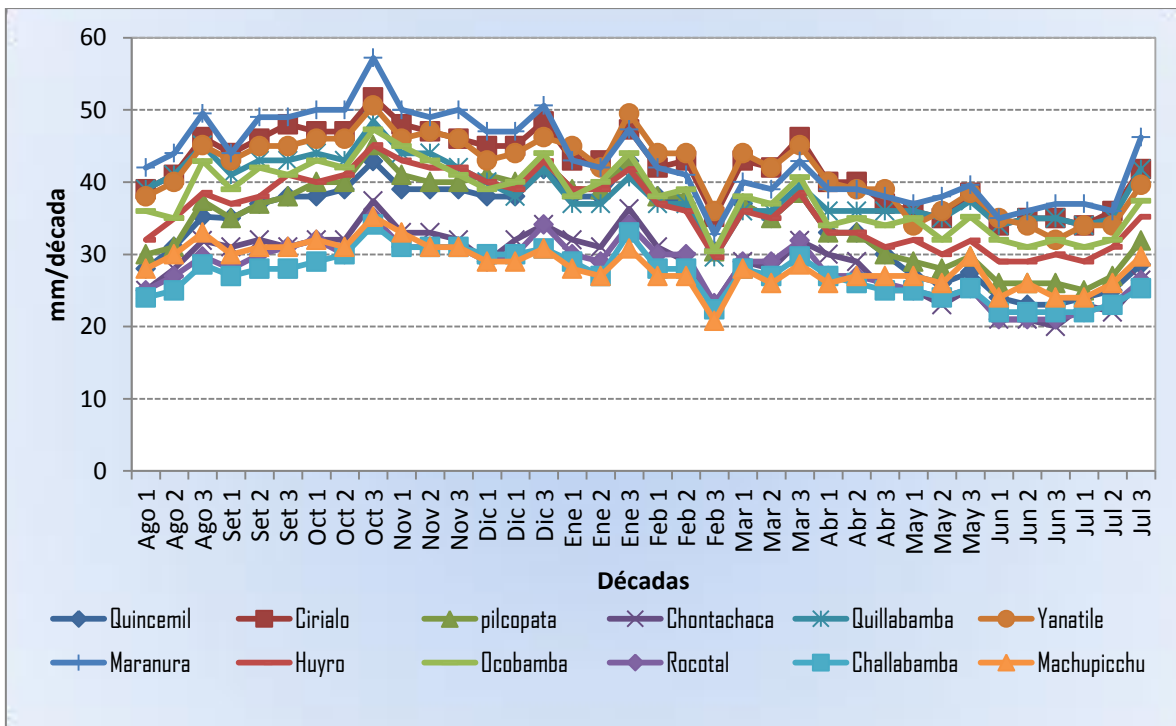
En la mayor parte de la sierra, la estación lluviosa es de noviembre a marzo con excepción de Combapata (noviembre-abril), Vilcabamba (octubre-abril), Paucartambo, Santo Tomas y Yauri (diciembre-marzo). La precipitación porcentual acumulada de los períodos lluviosos alcanzan valores entre 75,0% (Yauri) y 87,7% (Vilcabamba) del total de la precipitación anual.

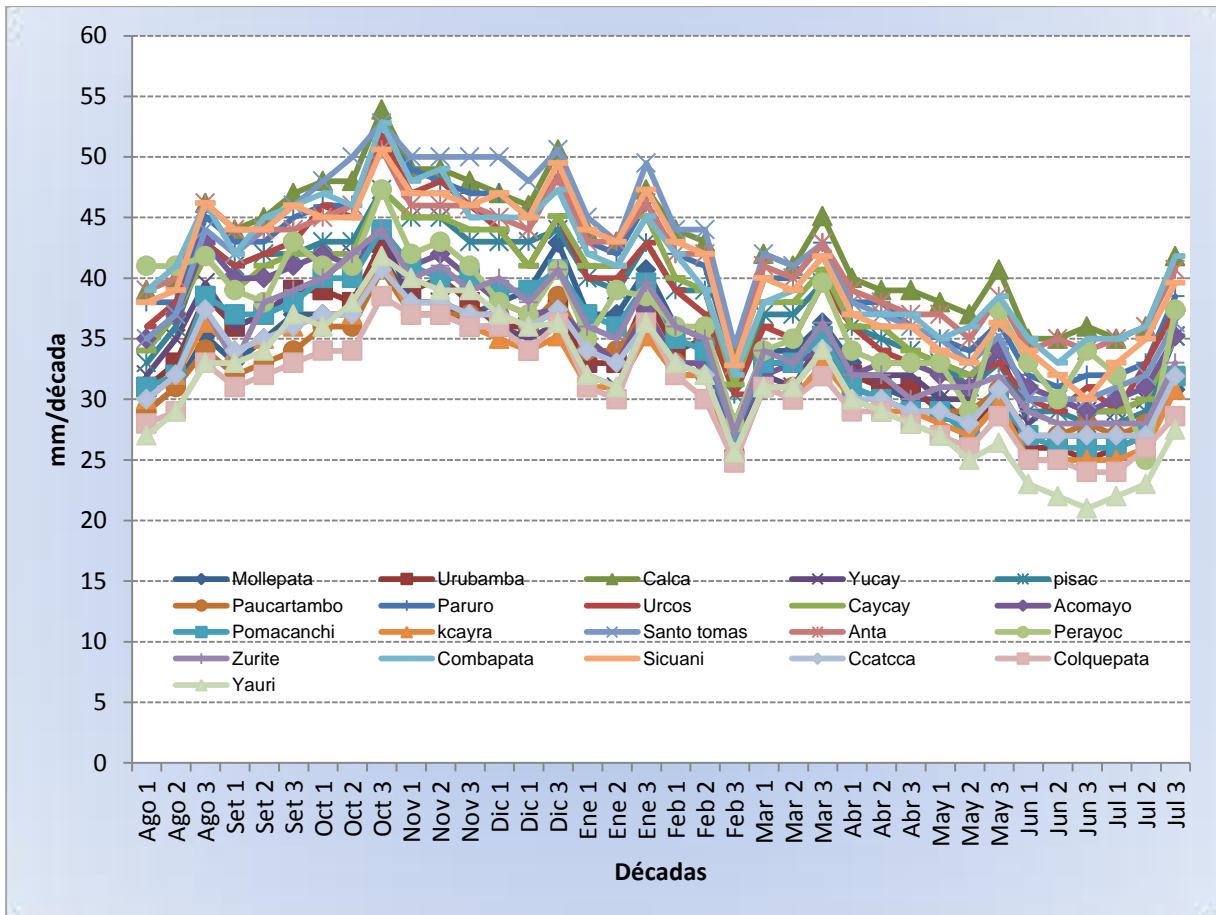
### 6.1.4 Evapotranspiración Referencial

En la **figura 16** se muestran los valores calculados de Evapotranspiración Referencial (ETo), donde se puede ver que los valores máximos de ETo se dan en los meses de octubre a noviembre, coincidiendo con las épocas de mayor temperatura máxima en la región.

La ETo total anual varía entre 1556,1 mm (Maranura) y 891,9 mm (Vilcabamba).

El valor más alto de ETo, se registra en la tercera década de octubre (57,2 mm) en la estación de Maranura y el valor más bajo ocurre en la tercera decada de febrero (30,8 mm) en la localidad de Vilcabamba.





**Figura 16.** Distribución temporal de la Evapotranspiración de referencia en la región Cusco

### 6.1.5 Balance Hídrico

Se analiza el balance hídrico climático para estaciones seleccionadas de la región Cusco. Por lo general la demanda de agua de los cultivos en la mayor parte del año no es cubierta por las precipitaciones, lo que genera déficit de agua principalmente durante la campaña agrícola (**figura 17**).

En las localidades de Pilcopata y Quincemil, Rocotal y Chontachaca no se registran meses con déficit de agua, por el contrario se tiene un exceso de agua durante todo el año.

Urcos, Caycay, Pisac, Calca y Urubamba presentan déficit de agua durante todo el año con valores anuales que varían entre 754 y 1083 mm; la ETr es igual a la precipitación en todos los meses. Es de importancia remarcar que el área tradicionalmente agrícola de la zona (valle del Urubamba) es predominantemente deficitaria, por lo que para el desarrollo de la agricultura es necesario riego complementario (**tabla 50**).

En el resto de las estaciones al inicio y final de la campaña agrícola, las precipitaciones no satisfacen la demanda de agua de los cultivos, produciendo déficits anuales que van desde los 31,1 mm (Machu Picchu) hasta los 790,5 mm

(Urcos). La localidades de Acomayo, Anta, Challabamba, Cirialo, Huyro, Mollepata, Ocobamba, Paruro, Pomacanchi, Quebrada Yanatile, Quillabamba, Santo Tomas, Vilcabamba, Yauri y Zurite a pesar que presentan déficit al inicio y final del período agrícola muestran excesos en la temporada lluviosa (noviembre-marzo), que van desde los 6,5 mm (Pomacanchi) hasta los 995,3 mm (Machu Picchu).

**Tabla 50.** Balance hídrico por estación

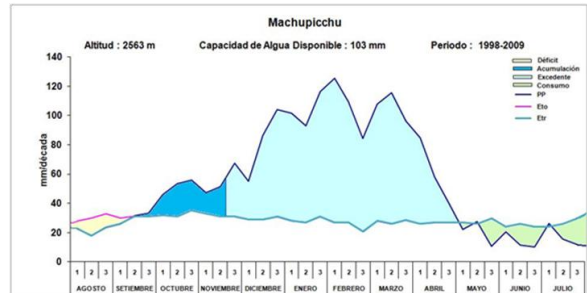
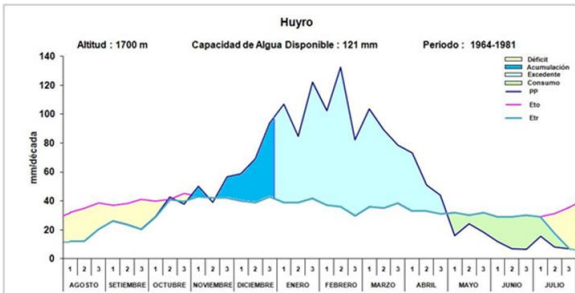
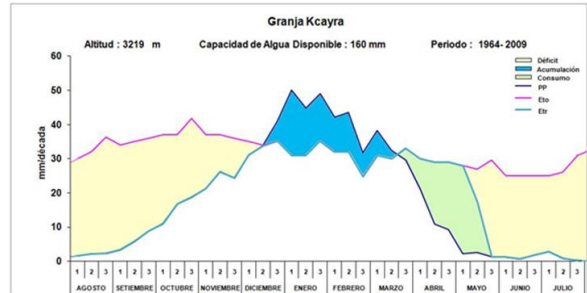
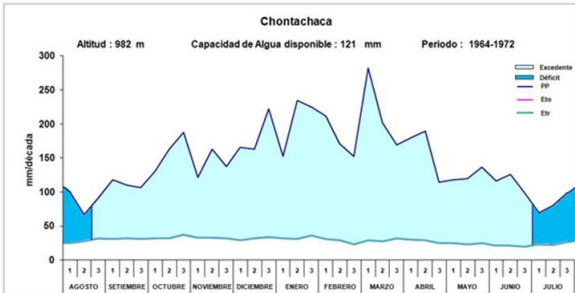
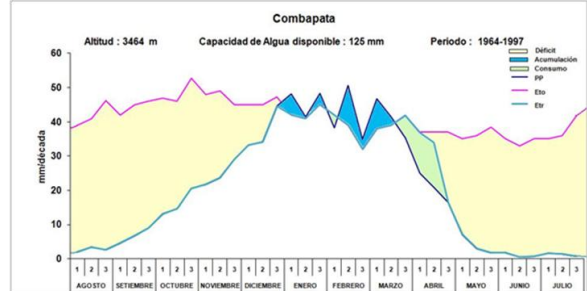
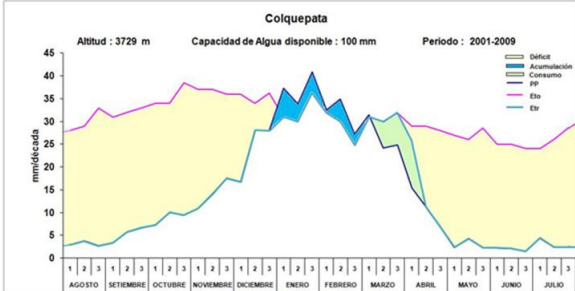
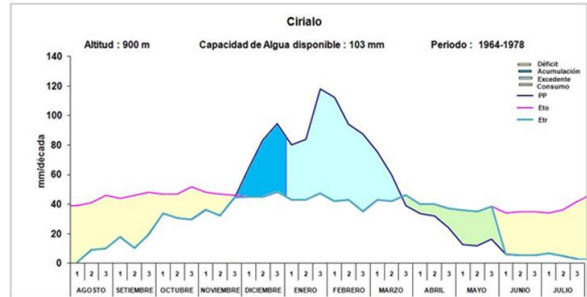
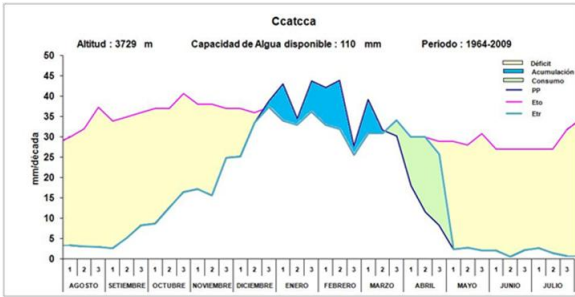
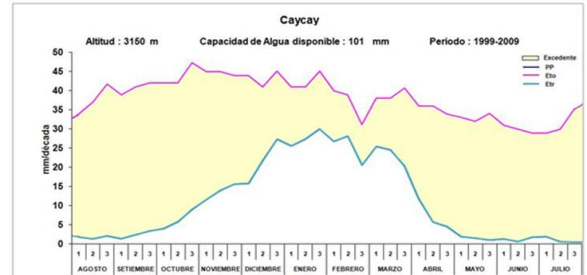
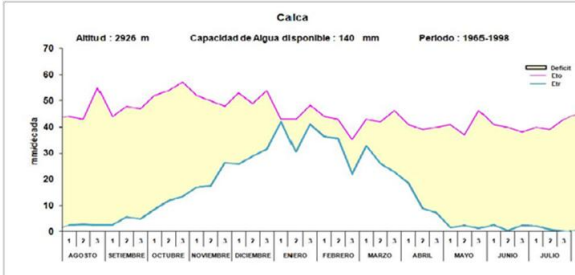
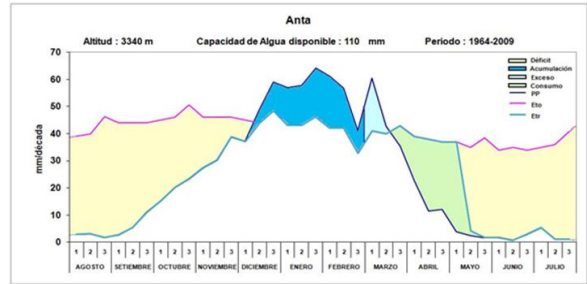
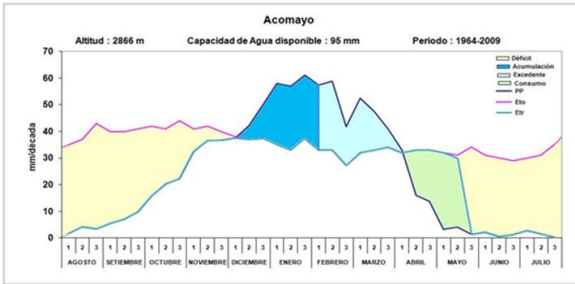
|               | Precipitación | ETo    | Déficit | Exceso | IH    | Ia    | Ih    |
|---------------|---------------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|
| Quincemil     | 6692,0        | 1217,8 | 0,0     | 5289,2 | 441,4 | 0,1   | 441,4 |
| Rocotal       | 4301,3        | 1008,9 | 0,0     | 3107,4 | 316,5 | 0,1   | 316,5 |
| Pilcopata     | 3819,9        | 1260,8 | 0,0     | 2374,1 | 195,1 | 0,1   | 195,1 |
| Machu Picchu  | 2011,8        | 1024,6 | 31,1    | 995,3  | 94,4  | -4,6  | 94,2  |
| Huyro         | 1776,8        | 1302,5 | 165,2   | 639,5  | 41,8  | -14,9 | 50,8  |
| Vilcabamba    | 1304,8        | 891,9  | 99,9    | 512,9  | 49,8  | -11,8 | 56,9  |
| Chontachaca   | 5297,8        | 1035,5 | 0,0     | 414,1  | 402,0 | 0,1   | 402,0 |
| Cirialo       | 1431,4        | 1516,3 | 460,1   | 375,1  | 6,5   | -30,0 | 24,5  |
| Mollepata     | 1143,4        | 1215,5 | 389,4   | 317,3  | 6,7   | -31,6 | 25,7  |
| Qda. Yanatile | 1478,7        | 1497,6 | 307,0   | 288,1  | 6,9   | -20,4 | 19,2  |
| Challabamba   | 938,3         | 978,2  | 258,9   | 218,9  | 4,9   | -24,6 | 19,7  |
| Quillabamba   | 1197,7        | 1398,4 | 383,6   | 182,8  | -3,2  | -27,7 | 13,4  |
| Yauri         | 836,6         | 1126,0 | 455,8   | 166,4  | -10,8 | -37,6 | 11,7  |
| Acomayo       | 879,8         | 1277,3 | 502,6   | 105,2  | -15,7 | -38,5 | 7,5   |
| Ocobamba      | 815,8         | 1365,9 | 620,0   | 70,0   | 55,2  | -8,9  | 60,6  |
| Santo tomas   | 810,0         | 1486,7 | 714,5   | 37,8   | -27,5 | -45,8 | 0,1   |
| Sicuani       | 871,1         | 1468,1 | 633,9   | 36,9   | -24,1 | -41,1 | 0,6   |
| Zurite        | 810,3         | 1248,1 | 455,4   | 17,5   | -20,3 | -36,8 | 1,8   |
| Anta          | 871,1         | 1486,3 | 632,3   | 17,1   | -24,4 | -12,1 | 0,8   |
| Paruro        | 864,9         | 1465,9 | 610,6   | 9,6    | -23,5 | -43,5 | 2,6   |
| Pomacanchi    | 810,6         | 1226,8 | 422,7   | 6,5    | -19,5 | -36,1 | 2,2   |
| Granja kcayra | 665,2         | 1142,8 | 477,6   | 0,0    | -25,1 | -41,8 | 0,1   |
| Ccatcca       | 610,7         | 1176,2 | 565,5   | 0,0    | -28,8 | -48,0 | 0,1   |
| Colquepata    | 512,7         | 1106,0 | 593,3   | 0,0    | -32,2 | -53,6 | 0,1   |
| Perayoc       | 706,5         | 1326,7 | 620,2   | 0,0    | -28,0 | -46,7 | 0,1   |
| Maranura      | 932,9         | 1556,1 | 623,2   | 0,0    | -24,0 | -40,0 | 0,1   |
| Paucartambo   | 542,6         | 1168,1 | 625,5   | 0,0    | -32,1 | -53,5 | 0,1   |
| Curahuasi     | 610,7         | 1282,4 | 671,7   | 0,0    | -31,4 | -52,3 | 0,1   |
| Yucay         | 503,0         | 1222,3 | 719,3   | 0,0    | -35,3 | -58,8 | 0,1   |
| Combapata     | 729,0         | 1480,5 | 751,5   | 0,0    | -30,4 | -50,7 | 0,1   |
| Urubamba      | 450,8         | 1205,3 | 754,5   | 0,0    | -37,5 | -62,6 | 0,1   |
| Pisac         | 589,1         | 1357,3 | 768,2   | 0,0    | -33,9 | -56,5 | 0,1   |
| Urcos         | 596,5         | 1387,0 | 790,5   | 0,0    | -34,1 | -56,9 | 0,1   |
| Caycay        | 399,8         | 1373,0 | 973,7   | 0,0    | -42,5 | -70,8 | 0,1   |
| Calca         | 539,7         | 1623,0 | 1083,0  | 0,0    | -40,0 | 66,7  | 0,1   |

IH= Índice Hídrico<sup>10</sup> Ia= Índice Aridez<sup>11</sup> Ih= Índice de humedad<sup>12</sup>

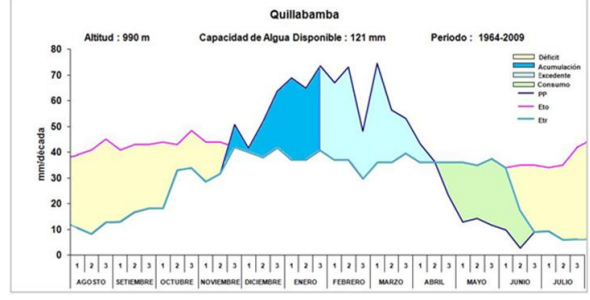
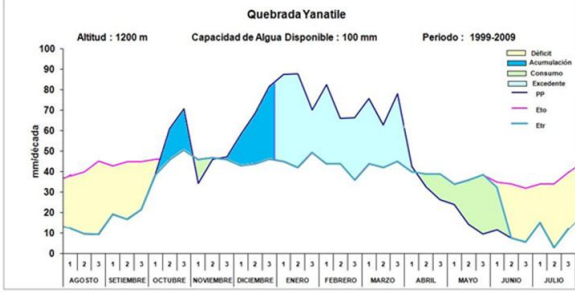
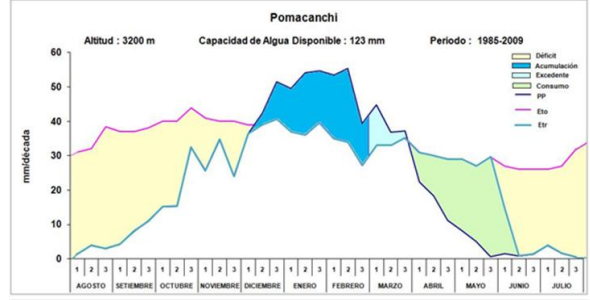
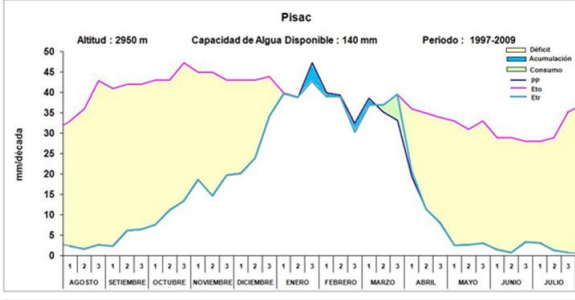
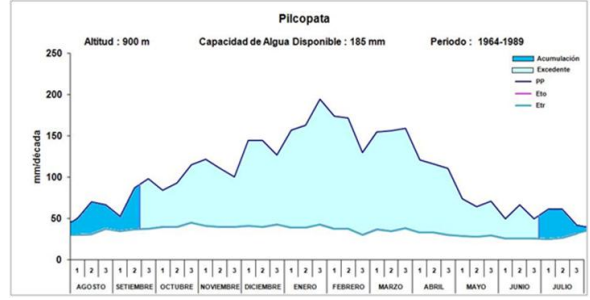
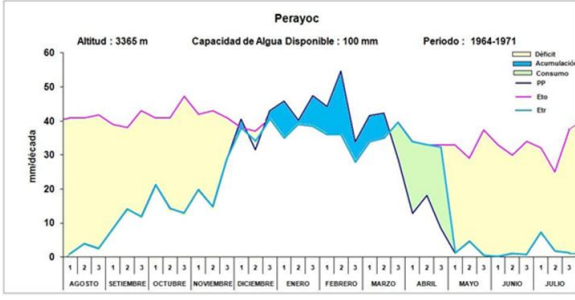
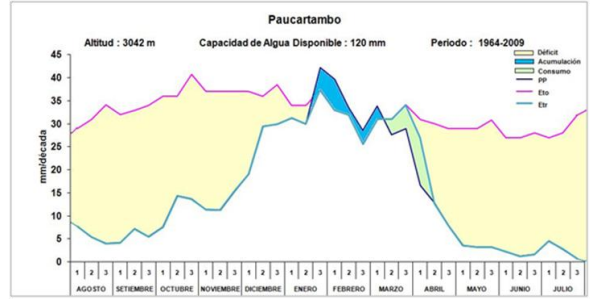
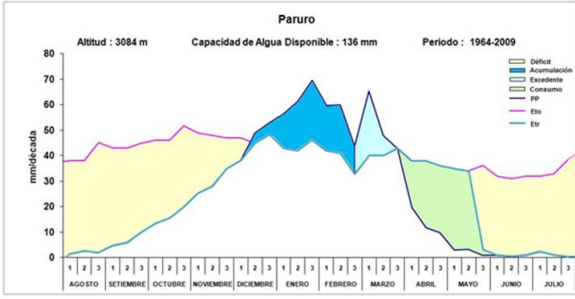
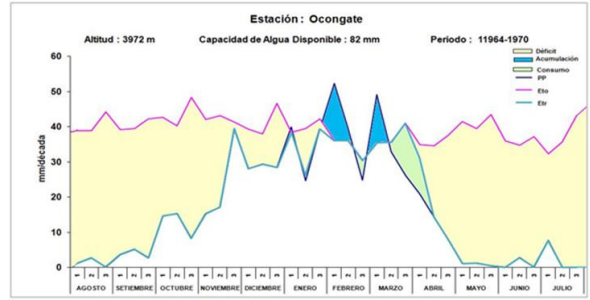
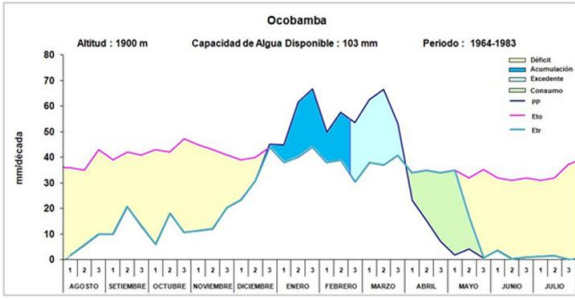
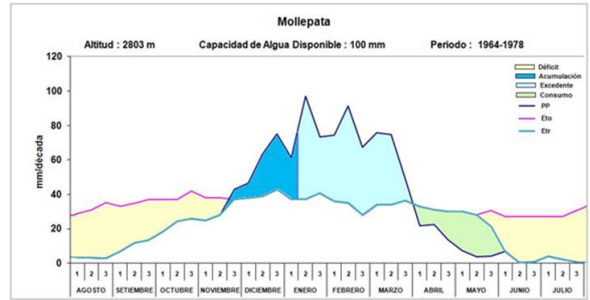
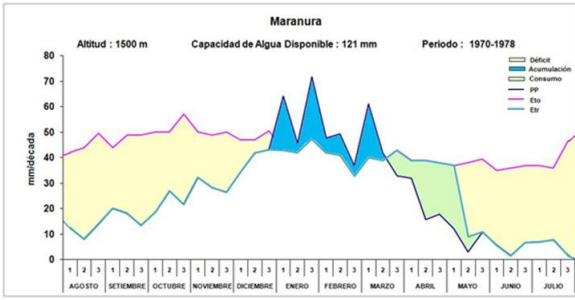
<sup>10</sup> Se define como el porcentaje de excesos menos el 60 % del porcentaje de falta

<sup>11</sup> Define el porcentaje de la falta de agua de los distintos meses respecto a la ETo del año

<sup>12</sup> se define como el conjunto de los excesos de agua en porcentaje respecto a la ETo anual







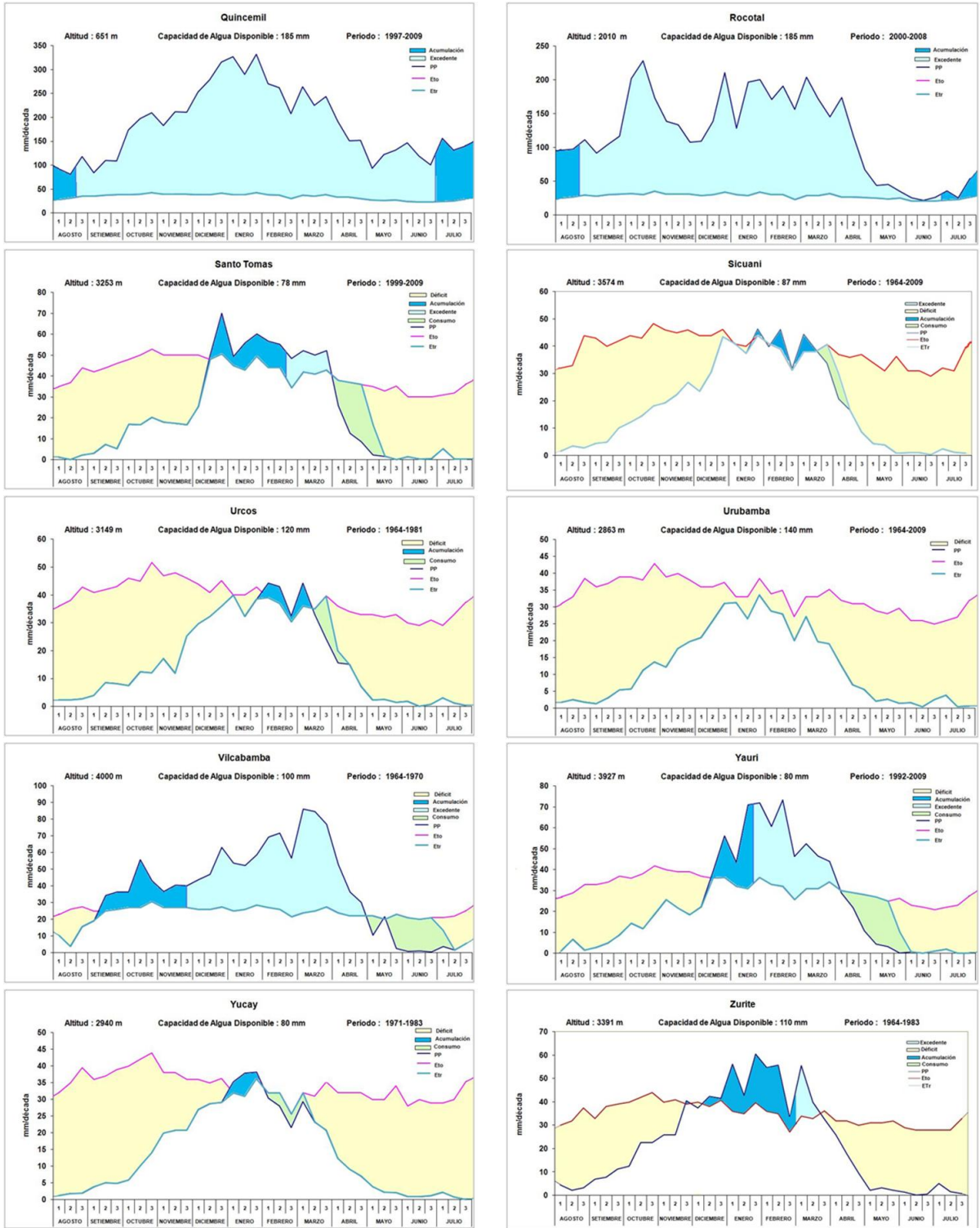


Figura 17. Balance hídrico por estación para la región Cusco

## 6.2 Zonas priorizadas

### 6.2.1 Distrito de San salvador

La evaluación de las condiciones agroclimáticas del distrito de San Salvador se realizó con la información climatológica de las estaciones de Caycay y Pisac, cuyo récord de información es la siguiente.

| Estación | Provincia   | Distrito | Longitud  | Latitud   | Altitud (m) | Parámetro            | Período |      | Total |
|----------|-------------|----------|-----------|-----------|-------------|----------------------|---------|------|-------|
|          |             |          |           |           |             |                      | Inicio  | Fin  |       |
| Caycay   | Paucartambo | Caycay   | 71° 42'1  | 13° 36'1  | 3150        | Humedad relativa     | 1999    | 2009 | 11    |
|          |             |          |           |           |             | Precipitación        | 1964    | 2009 | 46    |
|          |             |          |           |           |             | Temperatura máxima   | 1999    | 2009 | 11    |
|          |             |          |           |           |             | Temperatura mínima   | 1999    | 2009 | 11    |
|          |             |          |           |           |             | Velocidad del viento | 2002    | 2009 | 8     |
| Pisac    | Calca       | Pisac    | 71° 50'59 | 13° 24'58 | 2950        | Humedad relativa     | 1997    | 2009 | 13    |
|          |             |          |           |           |             | Precipitación        | 1964    | 2009 | 46    |
|          |             |          |           |           |             | Temperatura máxima   | 1997    | 2009 | 13    |
|          |             |          |           |           |             | Temperatura mínima   | 1997    | 2009 | 13    |
|          |             |          |           |           |             | Velocidad del viento | 1997    | 2009 | 13    |

El análisis se hizo a nivel decadal (10 días) y para la campaña agrícola setiembre a mayo y los cultivos de papa, maíz y haba

### Clima

El clima del distrito de San Salvador es Semiárido (D) con nulo o pequeño exceso de agua (d) y Megatermal (A').

#### 6.2.1.1 Régimen de las variables climáticas

En la **tabla 51** se muestra las condiciones promedio para la campaña agrícola, así como los valores extremos promedio para la temperatura y precipitación.

La temperatura máxima media durante el período agrícola varía entre 21,8 y 22,6 °C, la máxima más alta se presenta en la primera década de noviembre con valores que varían entre 23,3 y 24,2 °C y las más bajas se dan entre la primera y segunda década de febrero con valores entre 20,6 y 21,2 °C.

La temperatura mínima media del período agrícola varía entre 7,4 y 9,1 °C, la mínima más alta se presenta en la entre la primera década de diciembre y la tercera década diciembre con valores entre 15,5 y 17,2 °C y la más baja se da en la primera y tercera década de mayo con 0,7 °C.

La temperatura media durante el período agrícola varía entre 14,6 y 15,8 °C, la media más alta se presenta en la primera y tercera década de diciembre con valores

entre 15,5 y 17,2 °C y la más baja se entre la segunda y tercera década de mayo con valores entre 13,1 y 14,5 °C.

La precipitación total en el período agrícola fluctúa entre 387,7 y 571,4 mm, la mayor precipitación se registra en la tercera década de enero con valores que fluctúan entre 30,0 y 47,4 mm/década, y la más baja se presenta entre tercera década de mayo y primera década de setiembre con valores entre 1,0 y 2,3 mm/década.

La evapotranspiración referencial total durante el período agrícola varía entre 972,3 y 982,3 mm, con valores altos en la tercera década de mayo (47,3 mm/década) y valores más bajos en la tercera década de enero y primera década de febrero (28 a 29 mm/década)

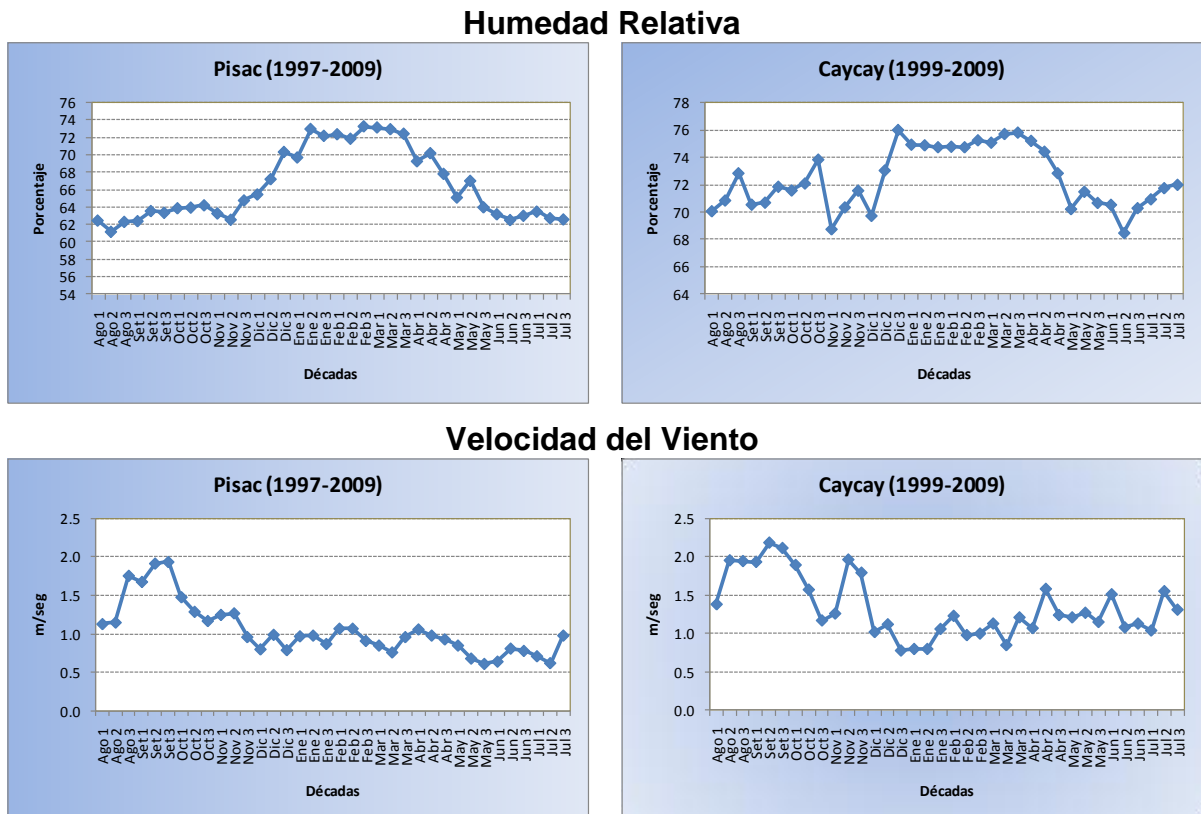
La humedad relativa media durante el período agrícola varía entre 67,7 y 73%, la humedad máxima promedio decadal se da entre la tercera década de diciembre y tercera década de febrero (73,2 a 76%) y las más bajas, entre la primera década de setiembre y primera década de octubre (62,4 a 68,8%) (**figura 18**).

La velocidad del viento promedio del período agrícola va desde 1,1 a 1,3 m/seg. La variación anual es muy irregular alcanzando valores máximos de 2,1 m/seg y valores mínimos de 0,6 m/seg.

**Tabla 51.** Valores promedio y extremos decadales para la temperatura y precipitación en Caycay y Pisac

| Estación | Media | Máxima | Mínima | Década más cálida |                | Década más fría |           | Oscilación térmica |
|----------|-------|--------|--------|-------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|
| Caycay   | 14,6  | 21,8   | 7,4    | 23,3              | 2da. noviembre | 3,6             | 3ra. mayo | 19,7               |
| Pisac    | 15,8  | 22,6   | 9,1    | 24,2              | 2da. noviembre | 5,3             | 3ra. mayo | 18,9               |

| Estación | Total | Década más lluviosa |            | Década más seca |                | % Período        |                |
|----------|-------|---------------------|------------|-----------------|----------------|------------------|----------------|
|          |       | Precipitación       | Década     | Precipitación   | Década         | Setiembre a mayo | Junio a agosto |
| Caycay   | 387,7 | 30,0                | 3ra. enero | 1,0             | 3ra. mayo      | 97,0             | 3,0            |
| Pisac    | 571,4 | 47,4                | 3ra. enero | 2,3             | 1ra. setiembre | 97,0             | 3,0            |



**Figura 18.** Comportamiento temporal de la humedad relativa y el viento en Caycay y Pisac

#### 6.2.1.2 Distribución espacial de la temperatura y la precipitación

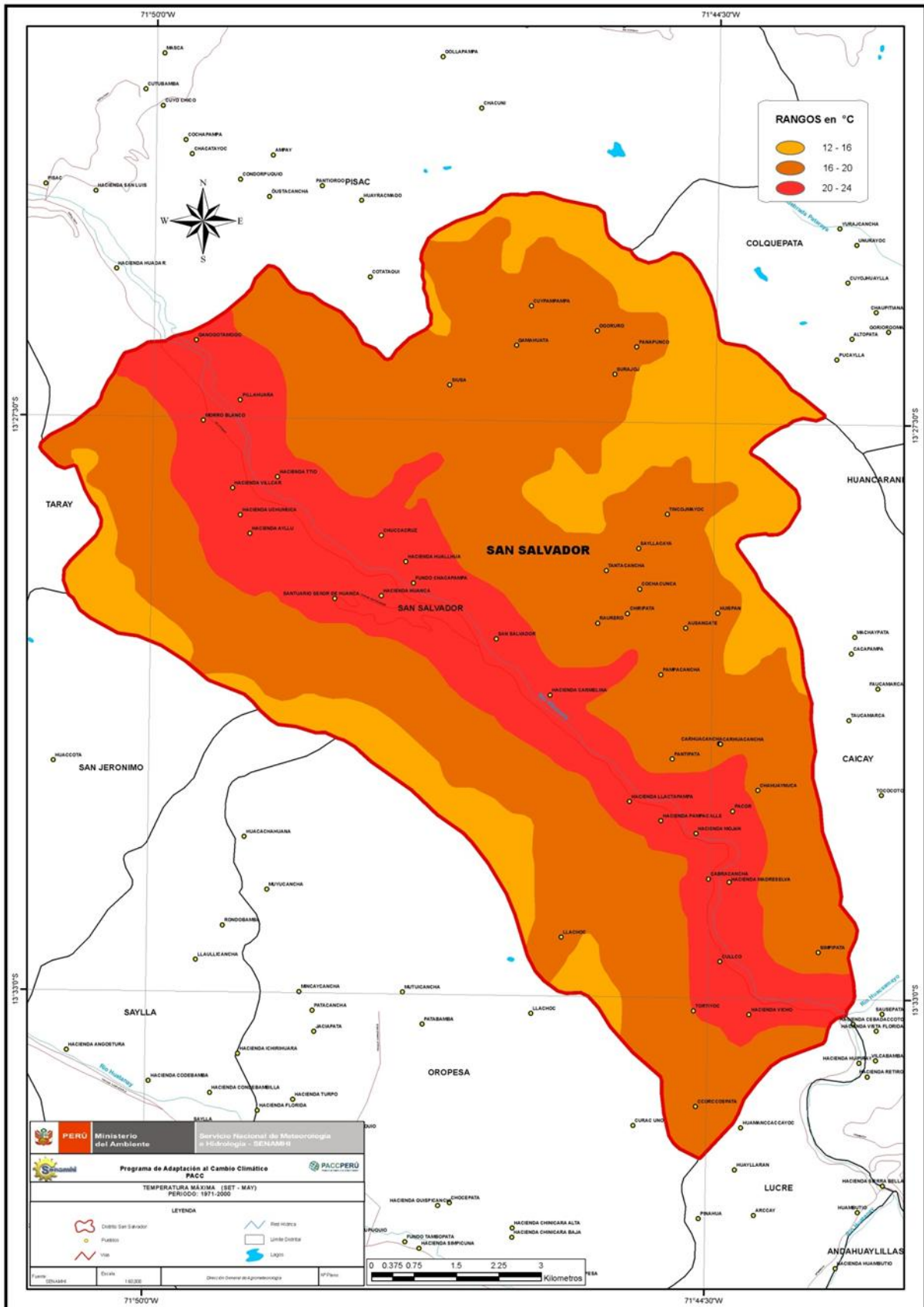
Se analiza la distribución de la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación promedio para el período agrícola setiembre a mayo.

La temperatura máxima, en la parte más baja a lo largo de las riberas del río Vilcanota, fluctúa entre los 20 a 24 °C, en la zona intermedia donde se incrementa gradualmente las pendientes, la temperatura máxima varía entre 16 y 20 °C. En las partes más altas se registran valores de temperatura máxima entre 12 a 16 °C (**mapa 19**)

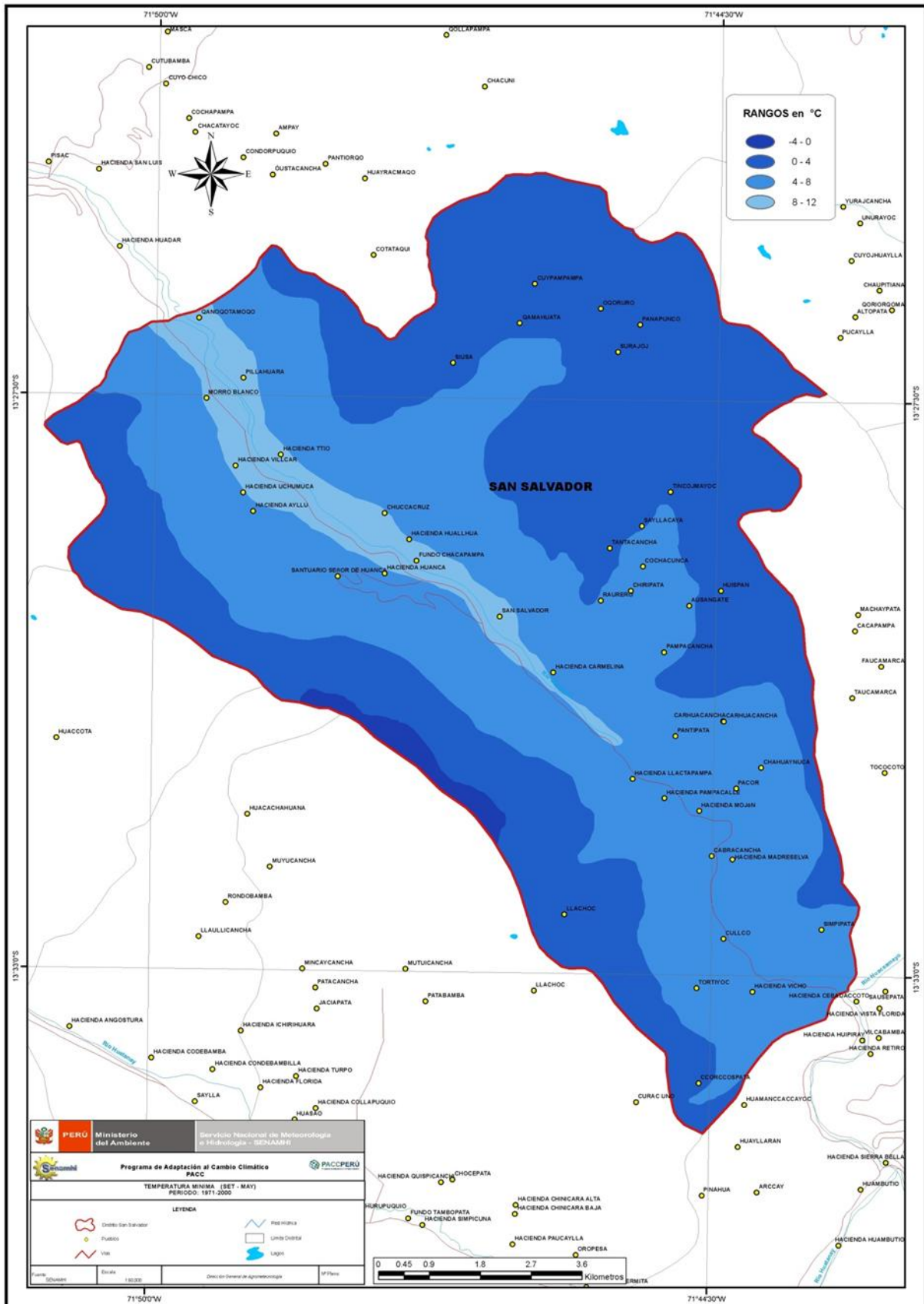
Las temperaturas mínimas, en parte de la ribera del río varía entre 8 a 12 °C; hacia las zonas intermedias, éstas varían entre 4 y 8 °C y a medida que se incrementa la altitud las temperaturas mínimas disminuyen alcanzando valores entre 0 y 4 °C (**mapa 20**).

La distribución espacial de la precipitación en el distrito de San Salvador es muy variada (**mapa 21**). Hacia el noroeste con valores que varían entre 400 y 500 mm, mientras que en la parte central los valores fluctúan de 500 hasta los 600 mm; y la tercera zona hacia el sureste, la precipitación es menor a 400 mm.

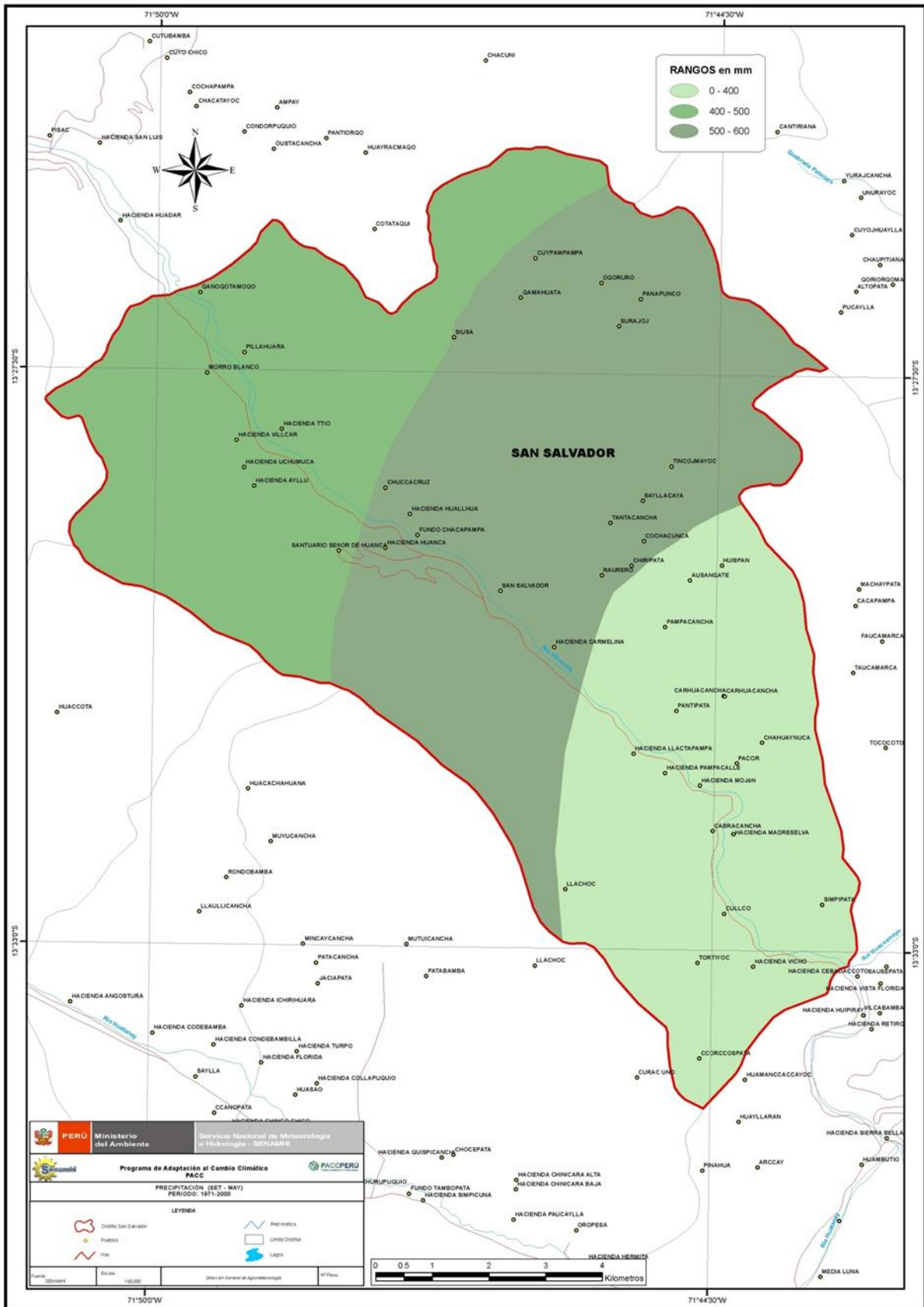
**Mapa 13.** Distribución espacial de la temperatura máxima en el distrito de San Salvador



**Mapa 14.** Distribución espacial de la temperatura máxima en el distrito de San Salvador



Mapa 15. Distribución espacial de la precipitación en el distrito de San Salvador



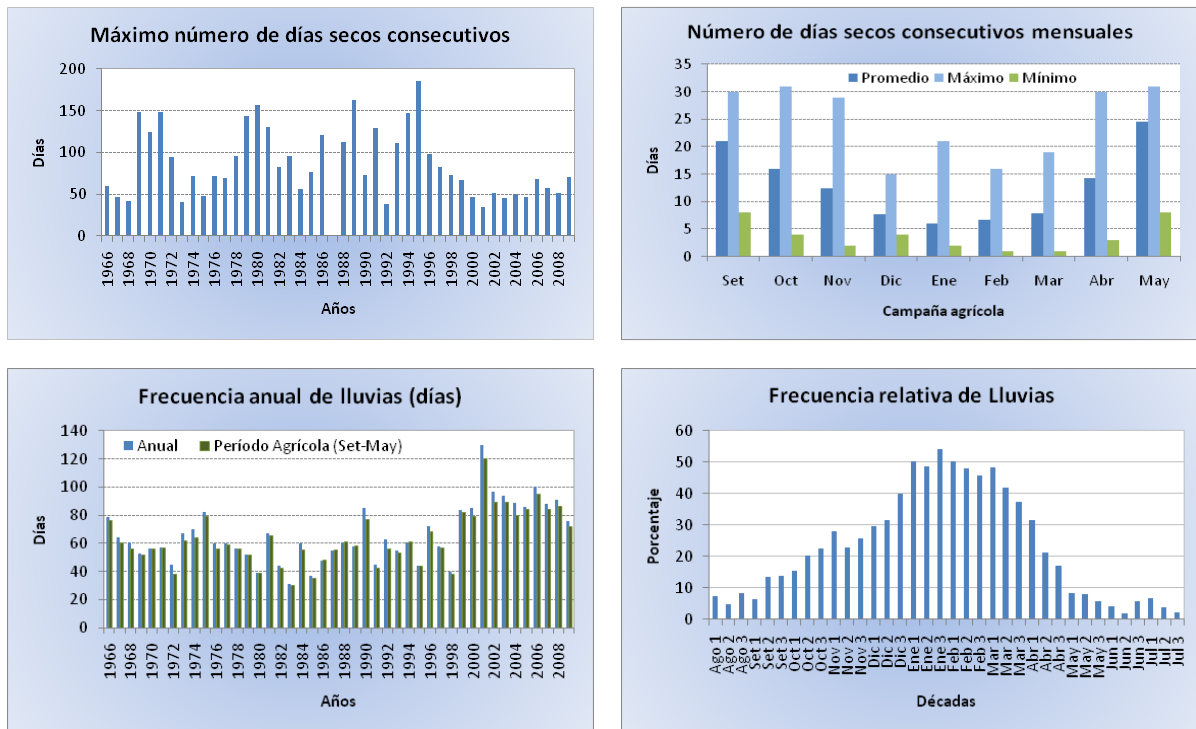


### 6.2.1.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias

En las **figuras 53 y 54** se muestran la duración de las rachas de días secos (con precipitación menor a 1 mm) y la frecuencia de lluvias para Caycay y Pisac, respectivamente.

#### Caycay

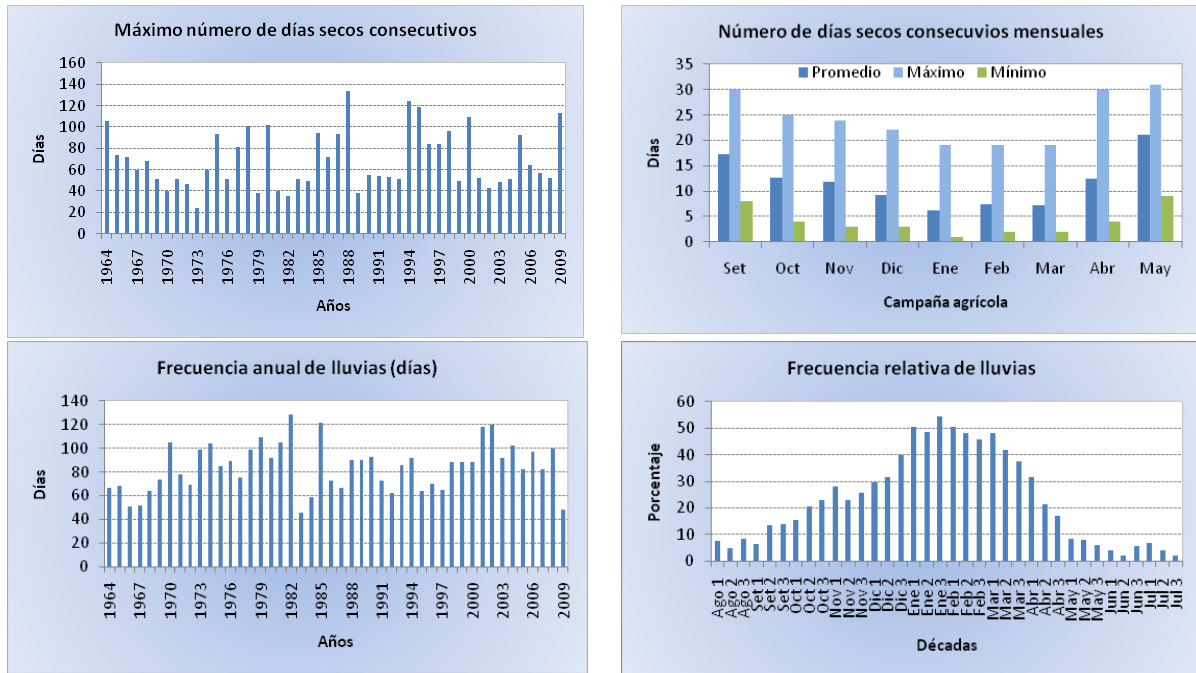
El mayor número de días secos consecutivos se registró el año 1995 (con 186 días), aunque en los últimos 10 años los días secos consecutivos varían entre 40 y 70 días. A nivel mensual el promedio de los días secos consecutivos varía entre 6 (enero) y 25 días (mayo), los valores máximos son 31 días y los mínimos 1 día. El año con mayor frecuencia de lluvias fue el 2001 (130 días); en los últimos años se ha incrementado la frecuencia de lluvias variando entre 76 y 130 días. La primera y tercera década de enero son las más lluviosas.



**Figura 19.** Periodos secos y frecuencia de lluvias en Caycay

#### Pisac

En los años 1988 (134 días), 1994 (124 días) y 1995 (119 días), se han presentado el mayor número de días secos consecutivos. El promedio mensual de los días secos consecutivos varía entre 6 (enero) y 21 días (mayo), los valores máximos son 31 días y el mínimo es 1 día. Mientras que los años 1982, 1985, 2001 y 2002 presentaron mayores frecuencias de días con precipitación. En tanto que la década más lluviosa es la tercera de enero (**figura 20**).



**Figura 20.** Períodos secos y frecuencia de lluvias en Pisac

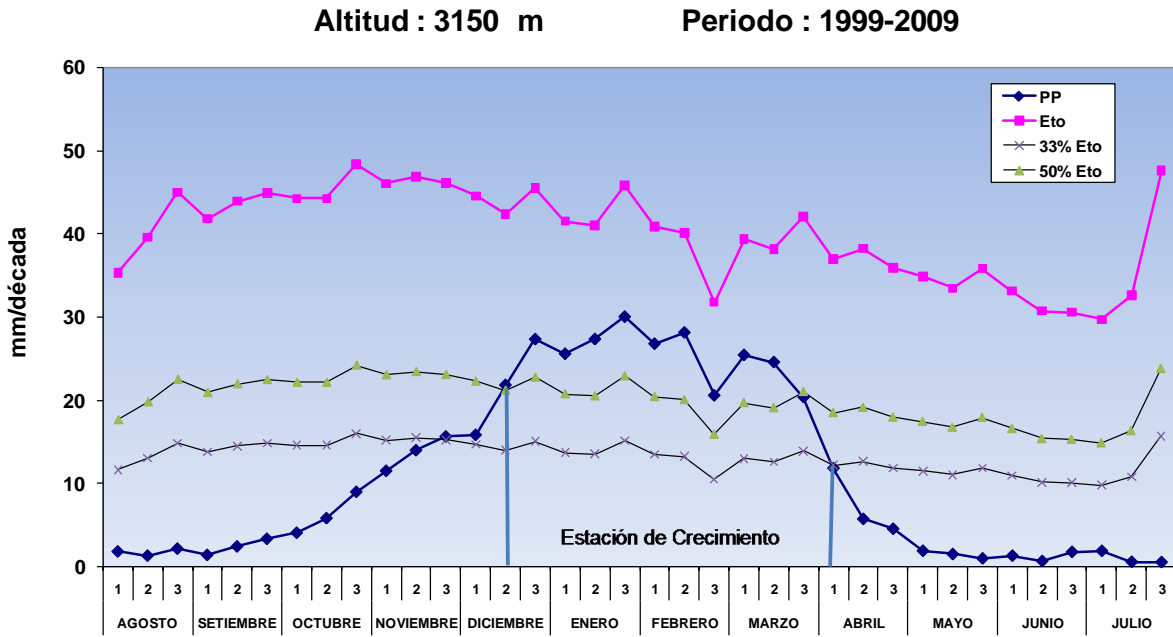
#### 6.2.1.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados

Se evalúa agroclimáticamente los cultivos de haba, maíz y papa en la zona, a partir del análisis del período de crecimiento efectivo y de sus requerimientos climáticos.

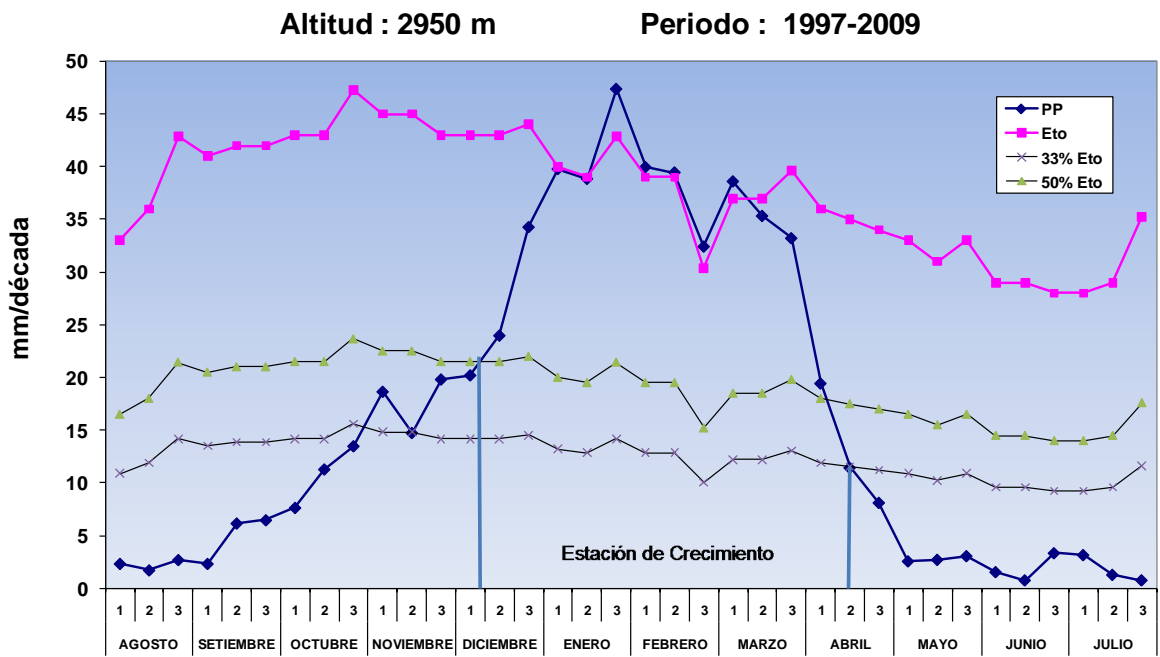
##### 6.2.1.4.1 Período de crecimiento efectivo

El período de crecimiento efectivo fue estimado con los criterios de temperatura y humedad (precipitación).

En la tabla 52 y figuras 21 y 22 se muestra que dentro del período agrícola, para ambas localidades que la temperatura del aire no es un factor limitante. Mientras que la precipitación sí se constituye como un factor limitante para el crecimiento y desarrollo de los cultivos sobre todo en las primeras fases. De tal forma que, climáticamente, el período de crecimiento efectivo es de 120 días para Caycay y de 141 días para Pisac.



**Figura 21.** Periodo de crecimiento por humedad para Caycay



**Figura 22.** Periodo de crecimiento por humedad para Pisac

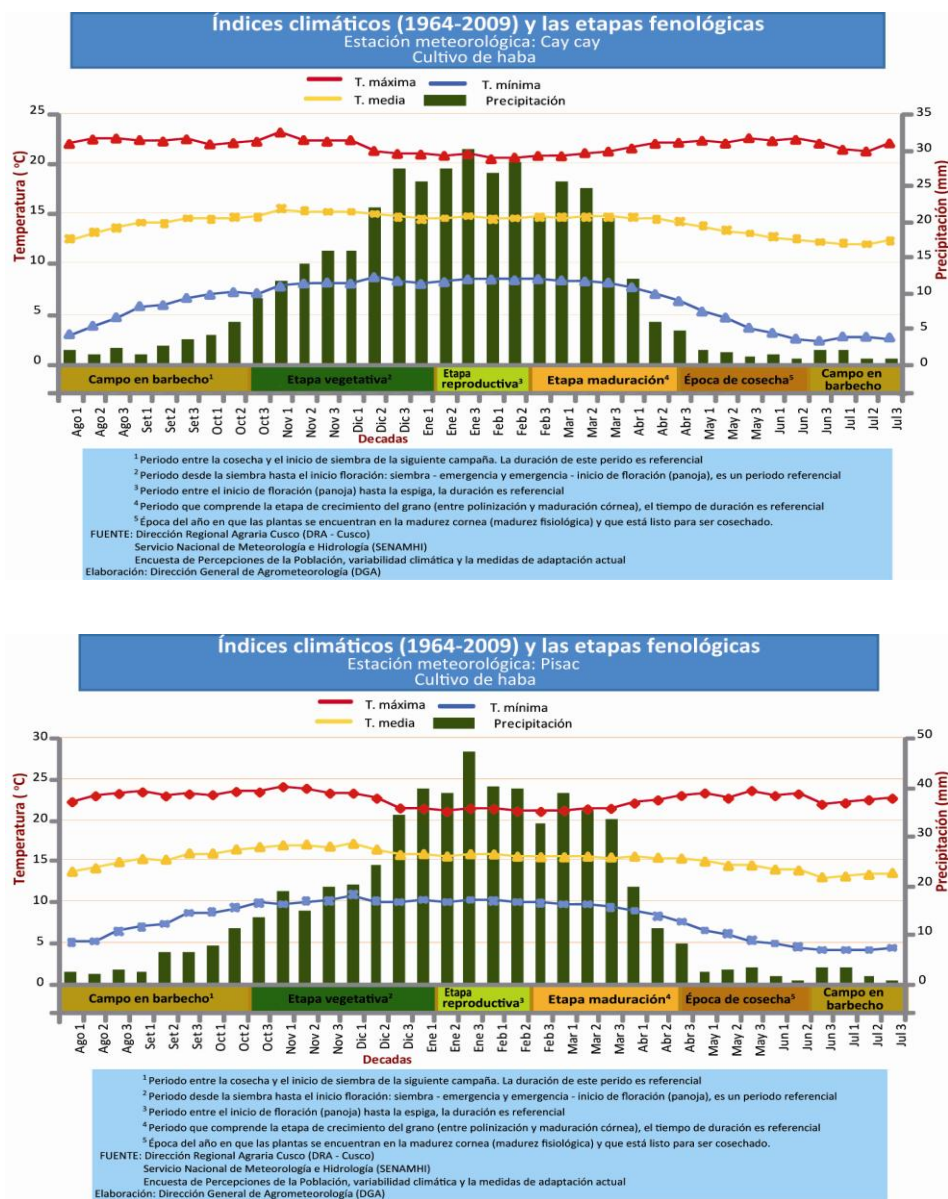
**Tabla 52.** Periodo de crecimiento efectivo

| Estación | Por humedad           |                   |      | Por temperatura |                  |          | Por humedad y temperatura |                   |      |
|----------|-----------------------|-------------------|------|-----------------|------------------|----------|---------------------------|-------------------|------|
|          | Inicio                | Fin               | Días | Ultimas heladas | Primeras heladas | Duración | Período                   |                   | Días |
| Caycay   | 2da. década diciembre | 1ra. década abril | 120  | 01 agosto       | 18 junio         | 174      | 3ra. década noviembre     | 2da. década abril | 120  |
| Pisac    | 1ra. década diciembre | 2da. década abril | 141  | 28 julio        | 24 julio         | 363      | 28 julio                  | 24 julio          | 141  |

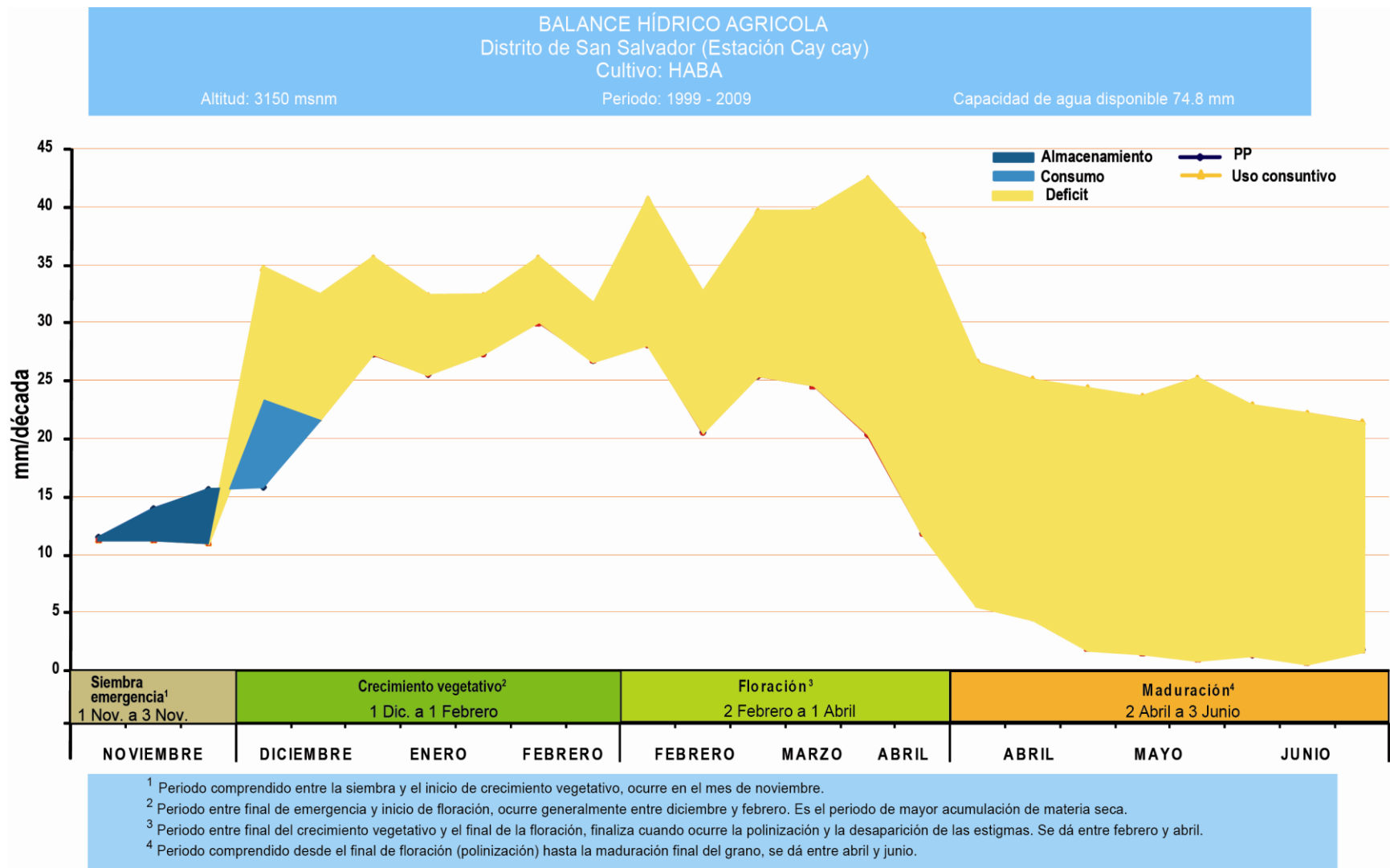
### 6.2.1.4.2 Cultivo de haba

Las temperaturas máxima, media y mínima durante el periodo agrícola del cultivo de haba, tanto en Caycay como en Pisac se encuentran dentro de los umbrales óptimos del cultivo (**figura 23**).

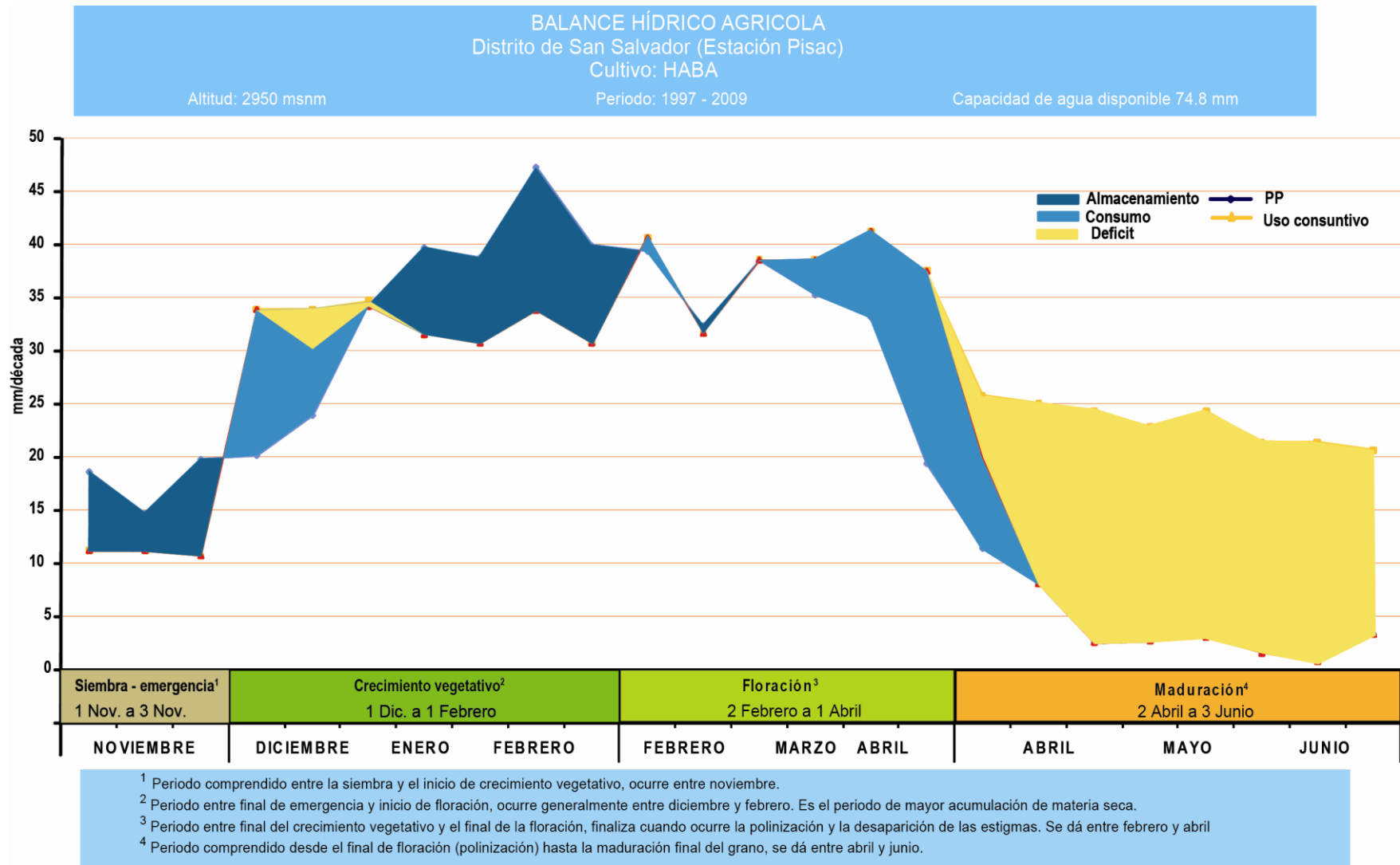
La precipitación acumulada en Caycay durante el ciclo del cultivo es inferior al requerimiento óptimo del cultivo. Por lo cual, los requerimientos hídricos de este cultivo no son cubiertos por la precipitación generando déficit casi en toda la campaña. En Pisac, la precipitación acumulada durante la campaña agrícola sí cubre el umbral óptimo. Durante las fases de emergencia, crecimiento vegetativo y floración las lluvias cubren las necesidades hídricas del cultivo, sin embargo a mediados de abril cuando se inicia la maduración las precipitaciones disminuyen generando un ligero déficit (**figura 24**).



**Figura 23.** Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de haba en Pisac



**Figura 24.** Balance hídrico agrícola para el cultivo de Haba en Caycay

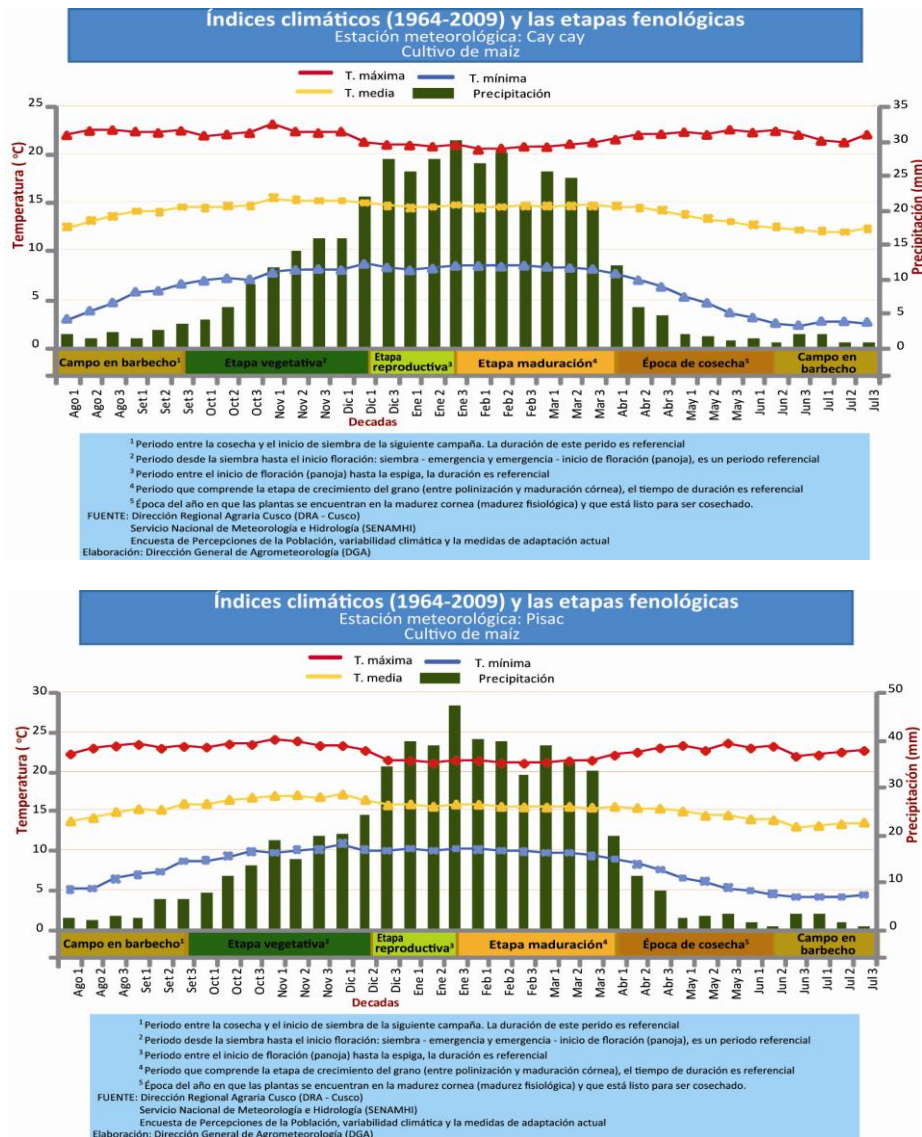


**Figura 25.** Balance hídrico agrícola para el cultivo de haba en Pisac

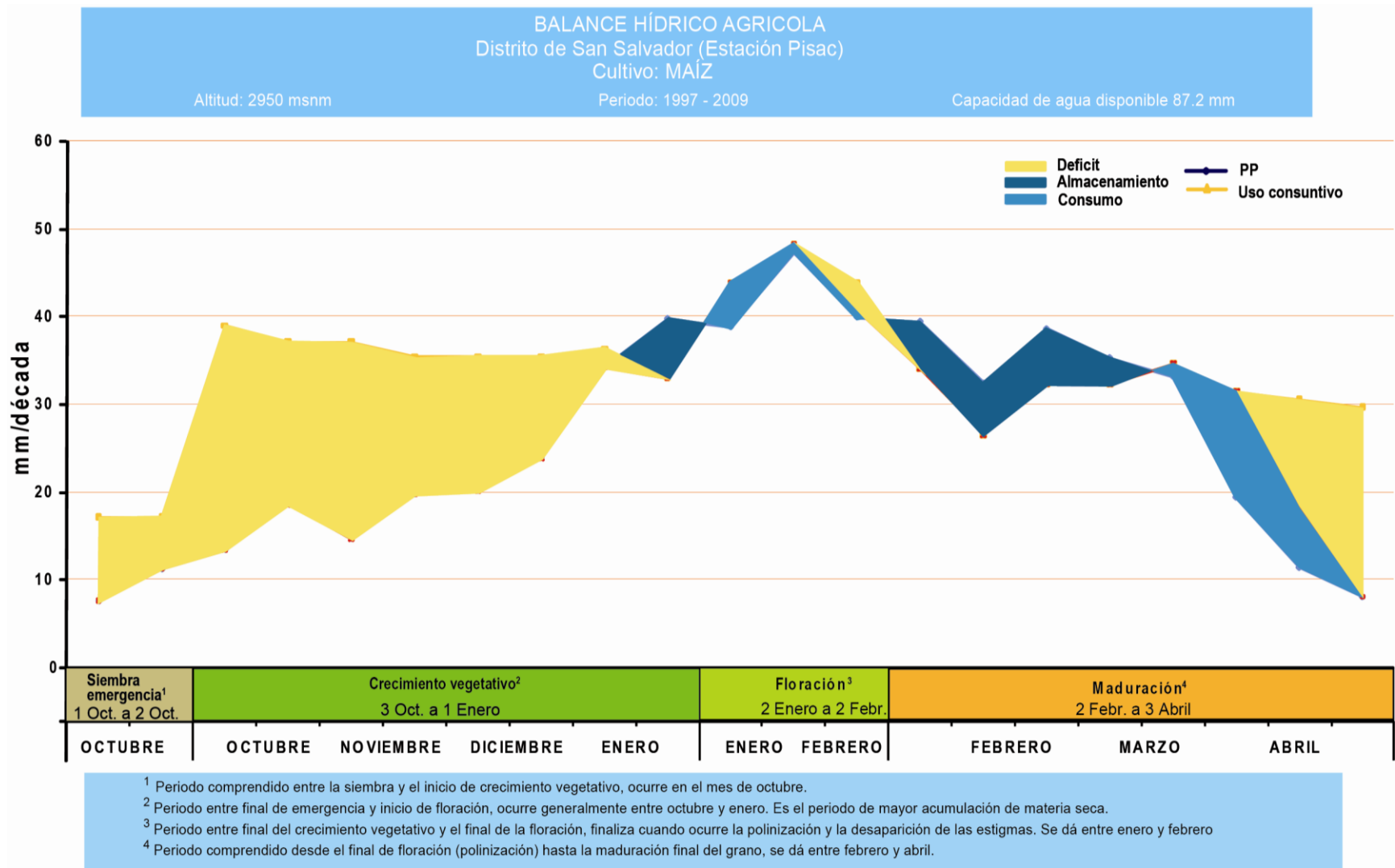
### 6.2.1.4.3 Cultivo de Maíz

La temperatura media en Caycay se presenta ligeramente debajo del rango óptimo del cultivo: sin embargo tanto la temperatura máxima como mínima se presentan dentro de los umbrales óptimos máximos y mínimos para el desarrollo del cultivo. En Pisac la temperatura máxima, mínima y media están dentro de los umbrales óptimos del cultivo (figura 26).

El total de precipitación registrado en Caycay durante la campaña agrícola está por debajo del umbral óptimo, lo que no favorecería el desarrollo de los cultivos bajo el régimen de secano. Mientras que en Pisac la precipitación se encuentra dentro del rango óptimo; sin embargo su distribución no favorece la fase de crecimiento vegetativo, generando déficit de humedad por lo que será necesario aplicar riego complementario. A partir de enero, las lluvias se incrementan y permiten cubrir las necesidades hídricas del cultivo hasta el final de su periodo vegetativo (figura 27).



**Figura 26.** Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de maíz



**Figura 27.** Balance hídrico agrícola para el cultivo de maíz en Pisac

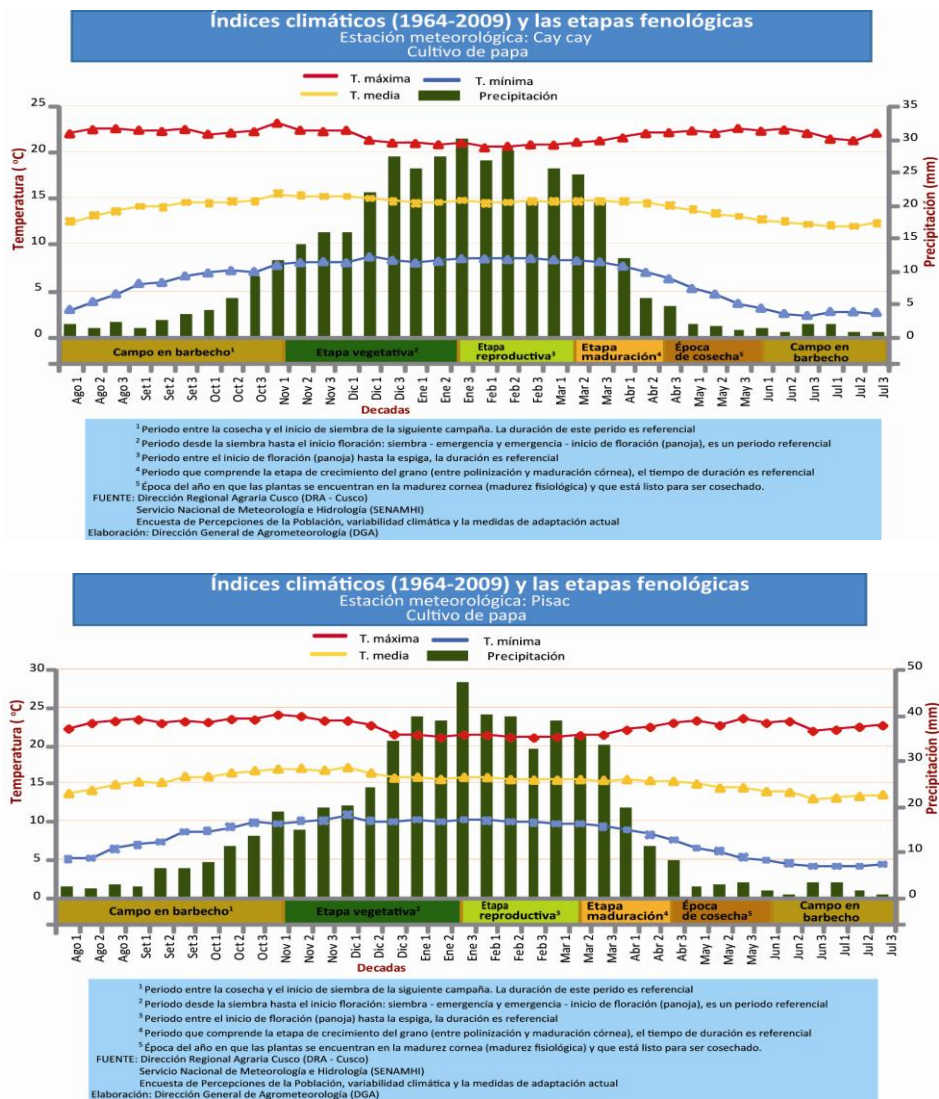


### 6.2.1.4.4 Cultivo de papa

La temperatura máxima, mínima y media tanto Caycay como en Pisac se presentan dentro de sus umbrales óptimos del cultivo (**figura 28**).

La precipitación total registrada durante la campaña agrícola para Caycay no cubre el umbral óptimo de este cultivo, así como la distribución de la precipitación no favorece el desarrollo normal del cultivo, principalmente en la fase de floración y maduración generando déficit de humedad; sin embargo desde la siembra hasta inicios de la floración las precipitaciones cubren las necesidades hídricas del cultivo.

En Pisac la precipitación ocurrida dentro de la campaña agrícola está dentro de los rangos óptimos, sin embargo su distribución no es favorable, se registra excesos al final de la fase de crecimiento vegetativo y parte de la floración; mientras que al final de esta etapa la precipitación se reduce, y las plantas utilizan el agua almacenada para completar su ciclo de vida. Al final del periodo se produce un ligero déficit (**figura 29**).



**Figura 28.** Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de papa

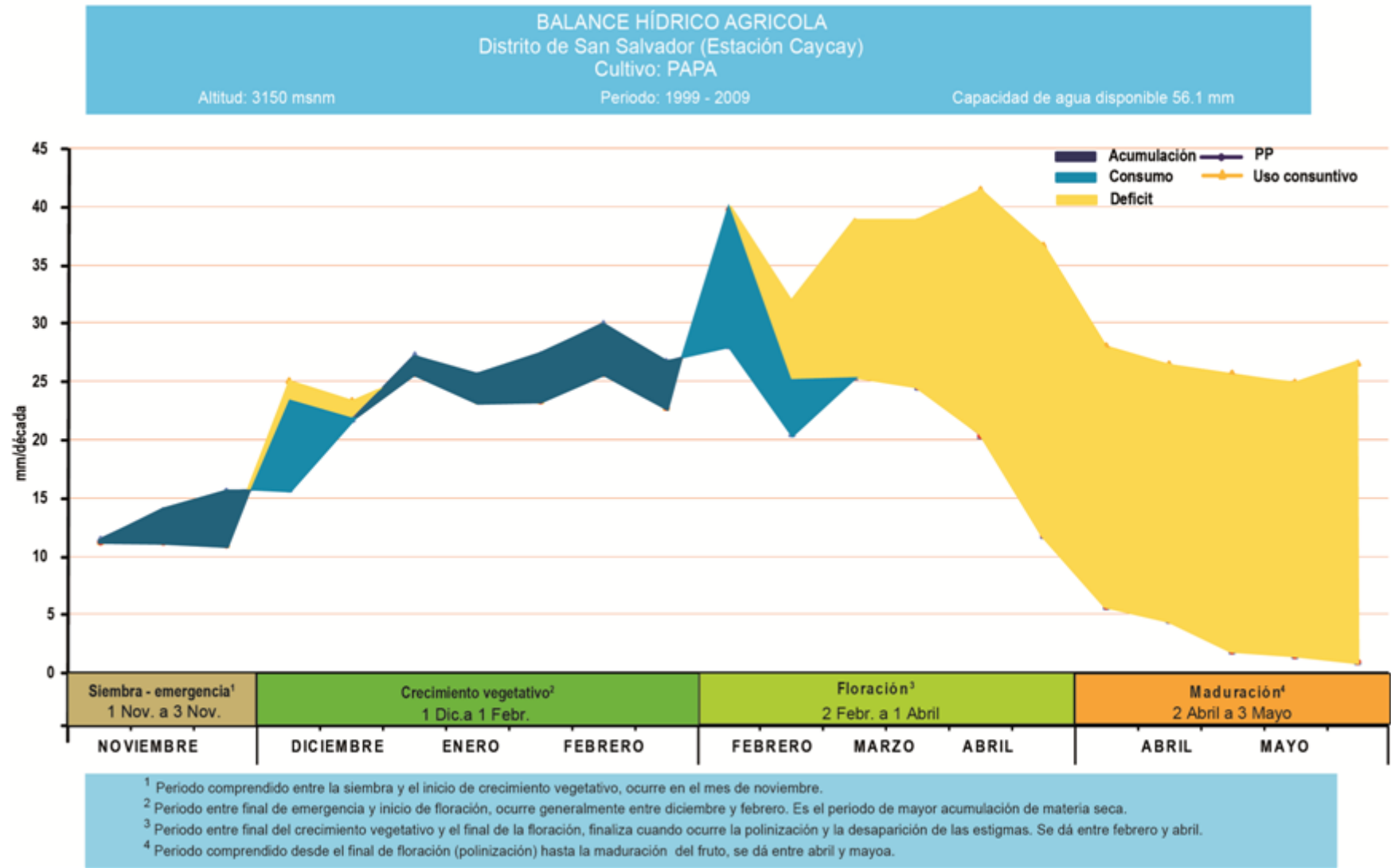
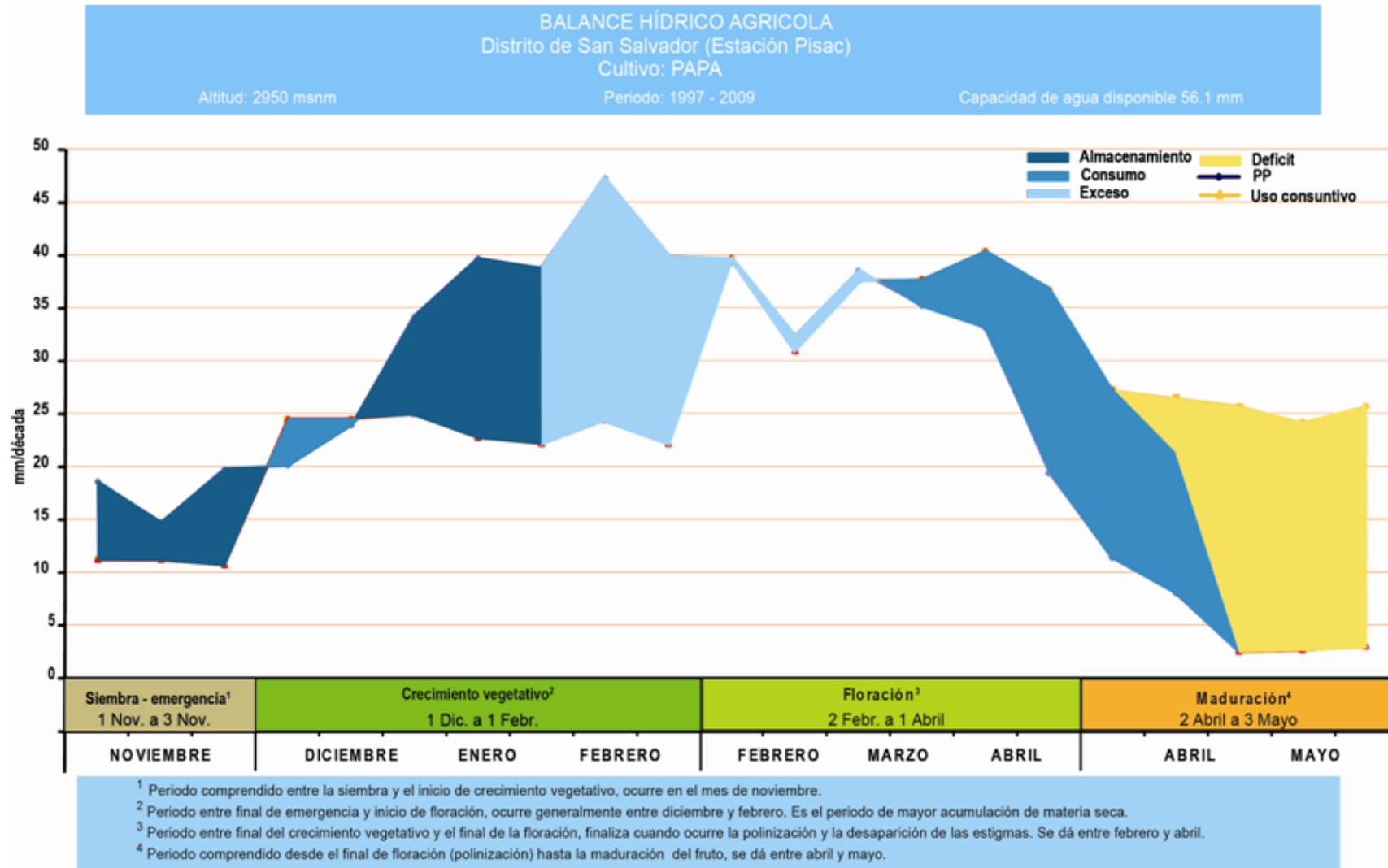


Figura 29. Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa en Caycay



**Figura 30.** Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa en Pisac

### 6.2.1.5 Eventos extremos

Los eventos extremos en San Salvador son representados por las heladas y las sequías principalmente.

#### 6.2.1.5.1 Heladas

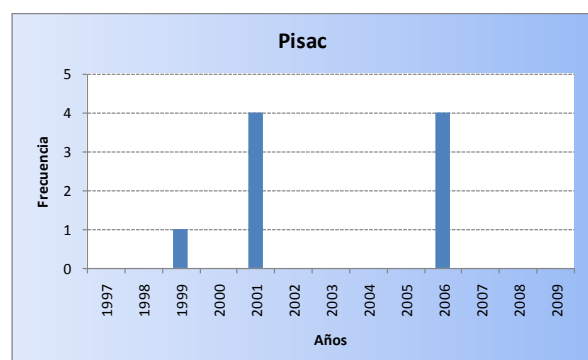
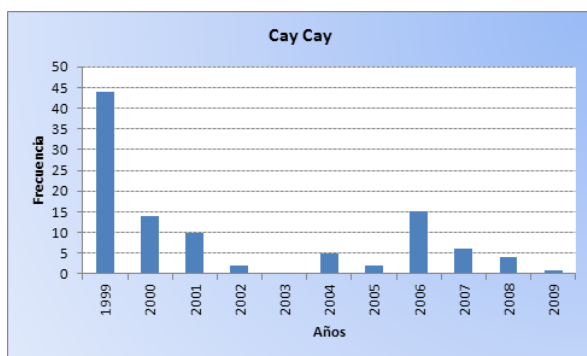
##### Frecuencia multianual de heladas

En la tabla 53 y figura 31 se presenta un análisis multianual de las heladas meteorológicas registradas durante el periodo 1997-2009, para Caycay y Pisac. En Caycay, el año 2003 no se presentaron heladas, en cambio en los demás años sí se presentaron heladas, el máximo número de heladas registrada fue 44 el año 1999; la frecuencia media anual es de 9 heladas. En Pisac, solo se registra heladas los años 1999, 2001 y 2006 con una frecuencia máxima de 4 heladas.

**Tabla 53.** Frecuencia multianual de heladas meteorológicas

| Años | Total de Heladas |       | Total de Heladas |           |          |
|------|------------------|-------|------------------|-----------|----------|
|      | Caycay           | Pisac | Años             | Caycay    | Pisac    |
| 1997 | s/d              | 0     | 2004             | 5         | 0        |
| 1998 | s/d              | 0     | 2005             | 2         | 0        |
| 1999 | 44               | 1     | 2006             | 15        | 4        |
| 2000 | 14               | 0     | 2007             | 6         | 0        |
| 2001 | 10               | 4     | 2008             | 4         | 0        |
| 2002 | 2                | 0     | 2009             | 1         | 0        |
| 2003 | 0                | 0     | <b>Total</b>     | <b>44</b> | <b>9</b> |

s/d= Sin dato



**Figura 31.** Frecuencia multianual de heladas meteorológicas

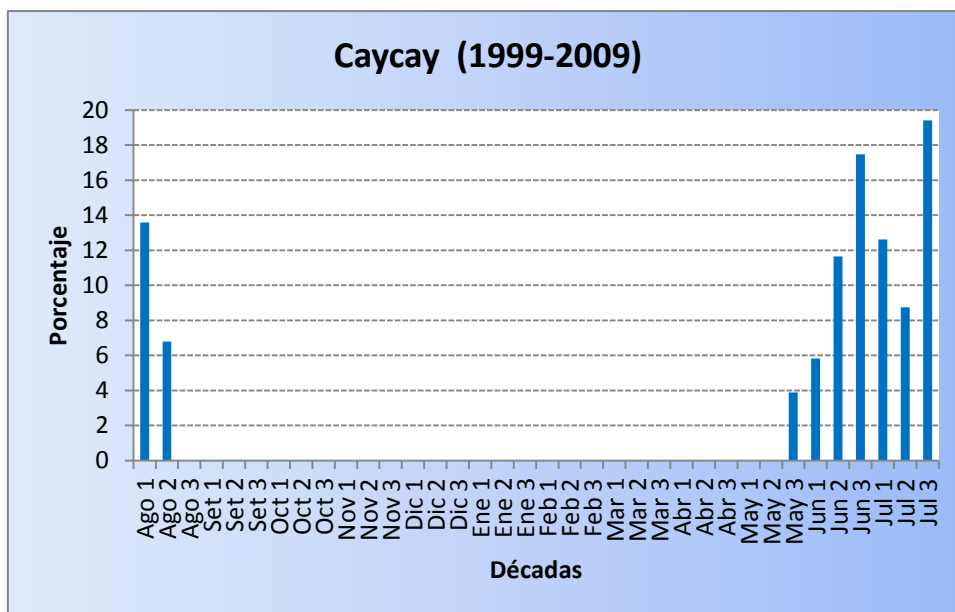
##### Frecuencia relativa de heladas

A nivel decadal, la mayor frecuencia de heladas en Caycay se registra en la tercera década del mes de junio y julio con porcentajes de 17 y 19%, respectivamente. No

se registran heladas desde la tercera década de agosto hasta la segunda década de mayo (tabla 54 y figura 32).

**Tabla 54.** Frecuencia relativa decadal de heladas en Caycay

| Mes        | Década | Total | %  | Media | Máximo | Mínimo | Mes        | Década | Total      | %  | Media | Máximo | Mínimo |
|------------|--------|-------|----|-------|--------|--------|------------|--------|------------|----|-------|--------|--------|
|            | 1      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      |            | 1      | 13         | 13 | 1     | 4      | 0      |
| <b>Ene</b> | 2      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      | <b>Jul</b> | 2      | 9          | 9  | 1     | 5      | 0      |
|            | 3      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      |            | 3      | 20         | 19 | 2     | 11     | 0      |
|            | 1      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      |            | 1      | 14         | 14 | 1     | 9      | 0      |
| <b>Feb</b> | 2      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      | <b>Ago</b> | 2      | 7          | 7  | 1     | 3      | 0      |
|            | 3      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      |            | 3      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
|            | 1      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      |            | 1      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
| <b>Mar</b> | 2      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      | <b>Set</b> | 2      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
|            | 3      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      |            | 3      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
|            | 1      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      |            | 1      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
| <b>Abr</b> | 2      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      | <b>Oct</b> | 2      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
|            | 3      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      |            | 3      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
|            | 1      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      |            | 1      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
| <b>May</b> | 2      | 0     | 0  | 0     | 0      | 0      | <b>Nov</b> | 2      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
|            | 3      | 4     | 4  | 0     | 4      | 0      |            | 3      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
|            | 1      | 6     | 6  | 1     | 3      | 0      |            | 1      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
| <b>Jun</b> | 2      | 12    | 12 | 1     | 6      | 0      | <b>Dic</b> | 2      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
|            | 3      | 18    | 17 | 2     | 8      | 0      |            | 3      | 0          | 0  | 0     | 0      | 0      |
|            |        |       |    |       |        |        |            |        | <b>103</b> |    |       |        |        |



**Figura 32.** Frecuencia Relativa decadal de heladas

## Fecha media de la primera y última helada y su variabilidad

En la tabla 55, se muestra las fechas medias de la primera y última helada en Caycay y Pisac para 5 temperaturas críticas. Se puede ver que a medida que se incrementa la temperatura las fechas de las primeras heladas se van adelantando y las fechas medias de las últimas heladas se van retrasando, por lo cual el período libre de heladas se reduce, es así que para 10 °C en Caycay el periodo de heladas es 2 días. Para la helada de cero grados, la fecha media de la primera helada en Caycay y Pisac ocurre el 19 de junio y 24 julio, respectivamente; la fecha media de la última helada el 28 de julio en Caycay y 1 de agosto en Pisac (**figura 33**). El periodo libre de heladas para Caycay es de 174 días y para Pisac 363 días.

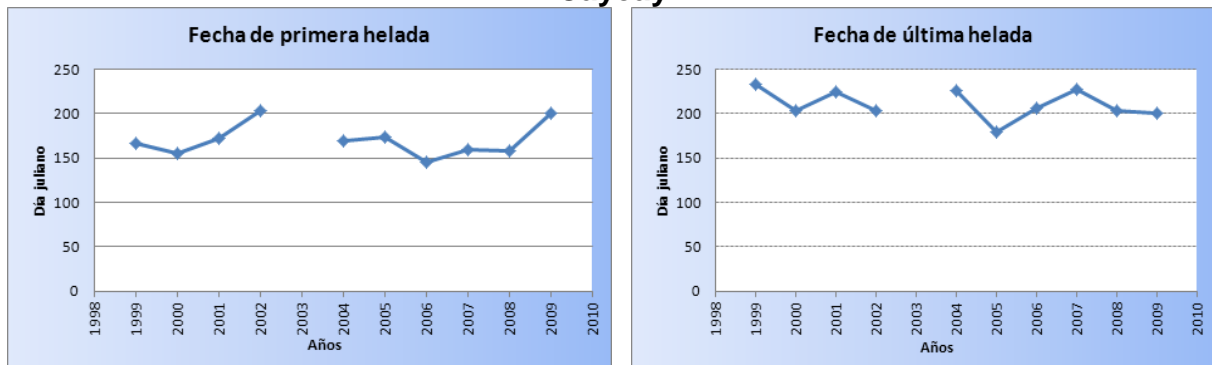
La variabilidad está representada por la desviación estándar, la primera helada tiene una variabilidad de  $\pm 18$  y  $\pm 17$  días de la fecha media, lo cual significa que la primera helada puede ocurrir desde el 9 de junio en Caycay y desde el 8 de julio en Pisac. Por otro lado la desviación estándar de la última helada es  $\pm 17$  y  $\pm 11$  días de la fecha media, lo que significa que la última helada se puede presentar hasta el 14 de agosto en Caycay y hasta el 12 de agosto en Pisac

**Tabla 55.** Fecha media de la primera y última helada y período libre de heladas

| Caycay                   |                     | Temperaturas (°C) |        |        |        |        |        |
|--------------------------|---------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                          |                     | 0                 | 2      | 4      | 6      | 8      | 10     |
| Primeras heladas         | Fecha media         | 19-jun            | 16-may | 01-may | 12-feb | 04-ene | 02-ene |
|                          | Desviación estándar | 18                | 21     | 20     | 35     | 3      | 0      |
|                          | Máxima              | 21-jul            | 06-jul | 04-jun | 09-abr | 10-ene | 02-ene |
|                          | Mínima              | 25-may            | 22-abr | 17-mar | 04-ene | 02-ene | 02-ene |
|                          | Intensidad media    | -1,3              | 1,7    | 3,1    | 5,6    | 7,3    | 8,1    |
|                          | Desviación estándar | 1,0               | 0,3    | 0,9    | 0,6    | 0,8    | 0,8    |
| Últimas heladas          | Fecha media         | 28-jul            | 20-ago | 19 set | 24-nov | 23-dic | 31-dic |
|                          | Desviación Estándar | 16                | 22     | 19     | 19     | 15     | 0      |
|                          | Máxima              | 19-ago            | 16-oct | 29-oct | 24-dic | 31-dic | 31-dic |
|                          | Mínima              | 28-may            | 30-jul | 19-ago | 27-oct | 09-nov | 31-dic |
|                          | Intensidad media    | -1,2              | 1,2    | 3,7    | 5,5    | 7,3    | 8,6    |
|                          | Desviación estándar | 1,6               | 0,7    | 0,4    | 0,4    | 0,5    | 1,0    |
| Periodo libre de heladas | Fecha media         | 328               | 270    | 227    | 77     | 5      | 2      |
|                          | Desviación estándar | 91                | 25     | 23     | 44     | 2      | 0      |

| Pisac                    |                     | Temperaturas (°C) |        |        |        |        |        |
|--------------------------|---------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                          |                     | 0                 | 2      | 4      | 6      | 8      | 10     |
| Primeras heladas         | Fecha media         | 24-jul            | 19-jun | 20-may | 06-abr | 05-feb | 10-ene |
|                          | Desviación estándar | 17                | 19     | 22     | 34     | 26     | 17     |
|                          | Máxima              | 04-ago            | 12-jul | 01-jul | 08-may | 31-mar | 04-mar |
|                          | Mínima              | 05-jul            | 10-may | 03-abr | 31-ene | 04-ene | 02-ene |
|                          | Intensidad media    | -0,5              | 1,2    | 3,4    | 5,2    | 7,4    | 9,3    |
|                          | Desviación estándar | 0,8               | 0,6    | 0,5    | 0,6    | 0,6    | 0,5    |
| Últimas heladas          | Fecha media         | 01-ago            | 20-jul | 16-ago | 30 set | 10-dic | 27-dic |
|                          | Desviación estándar | 11                | 23     | 12     | 24     | 15     | 4      |
|                          | Máxima              | 11-ago            | 20-ago | 5 set  | 06-dic | 23-dic | 31-dic |
|                          | Mínima              | 20-jul            | 08-jun | 29-jul | 11 set | 08-nov | 16-dic |
|                          | Intensidad media    | -1,0              | 1,5    | 3,4    | 5,5    | 7,6    | 9,5    |
|                          | Desviación estándar | 1,3               | 0,5    | 0,7    | 0,6    | 0,3    | 0,6    |
| Período libre de heladas | Fecha media         | 363               | 317    | 278    | 185    | 51     | 6      |
|                          | Desviación estándar | 156               | 39     | 24     | 45     | 31     | 5      |

Caycay



Pisac

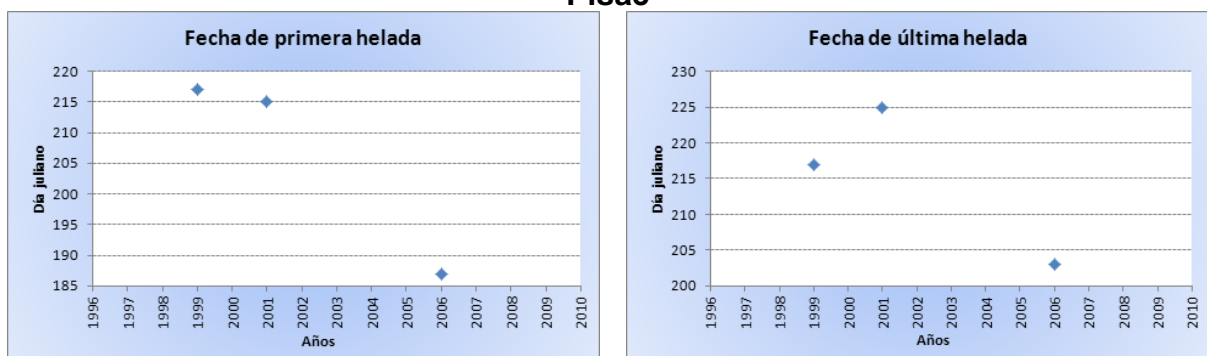


Figura 33. Variación multianual de las fechas de la primera y última helada

Intensidad de las heladas

En Caycay, del total de heladas registradas desde 1999 a 2009, el 52,4% fueron suaves, 39,8% moderadas y 7,8% fuertes (tabla 56). En Pisac, durante el período 1999 al 2009, el 88,9% de las heladas fueron suaves y 11,1% moderadas.

**Tabla 56.** Intensidad de heladas en Caycay y Pisac

| Heladas    | Caycay     |      | Pisac      |      |
|------------|------------|------|------------|------|
|            | Frecuencia | %    | Frecuencia | %    |
| Suaves     | 54         | 52,4 | 8          | 88,9 |
| Moderados  | 41         | 39,8 | 1          | 11,1 |
| Fuerte     | 8          | 7,8  | 0          | 0,0  |
| Muy fuerte | 0          | 0    | 0          | 0,0  |
| Severa     | 0          | 0    | 0          | 0,0  |
| Muy severa | 0          | 0    | 0          | 0,0  |
| Total      | 103        | 100  | 9          | 100  |

### Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada

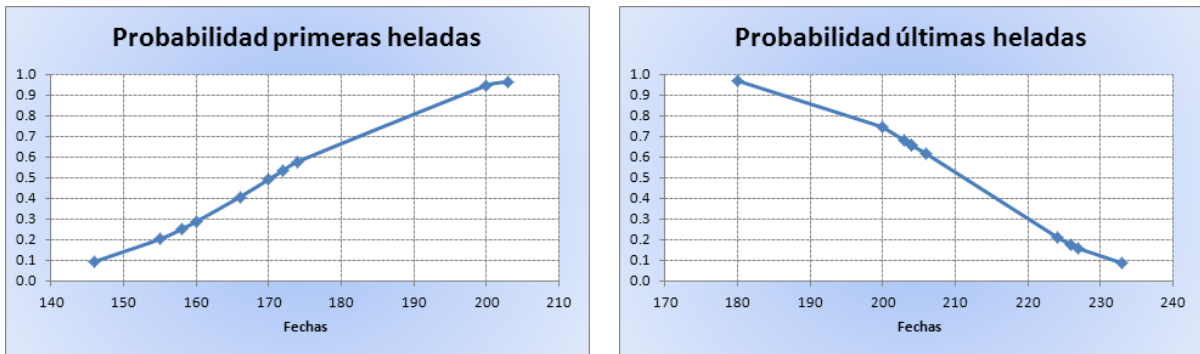
En la **tabla 57** se muestra la probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada así como el periodo libre de heladas para Caycay.

Al 80% de probabilidad, Caycay presenta la primera helada el 3 de julio y el 15 de julio la última helada, es decir que en 8 de cada 10 años no se presentan heladas fuera de este período; el período libre de heladas al 80% de probabilidad es de 355 días. Si definimos la probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada al 20%, éstas se presentan el 4 de junio y 11 de agosto respectivamente; es decir, 1 de cada 5 años no se presenta heladas fuera de ese período. Para esta probabilidad el período libre es de 296 días.

**Tabla 57.** Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y período libre de heladas para Caycay

| Primeras heladas |          | Últimas Heladas |           | Periodo libre de heladas |
|------------------|----------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Probabilidad     | Fecha    | Probabilidad    | Fecha     |                          |
| 90%              | 8 Julio  | 90%             | 8 Julio   | 364                      |
| 80%              | 3 Julio  | 80%             | 15 Julio  | 355                      |
| 70%              | 28 Junio | 70%             | 19 julio  | 344                      |
| 60%              | 23 junio | 60%             | 24 Julio  | 335                      |
| 50%              | 18 Junio | 50%             | 28 julio  | 326                      |
| 40%              | 14 junio | 40%             | 1 agosto  | 317                      |
| 30%              | 9 junio  | 30%             | 5 agosto  | 307                      |
| 20%              | 4 junio  | 20%             | 11 agosto | 296                      |
| 10%              | 26 mayo  | 10%             | 18 agosto | 281                      |



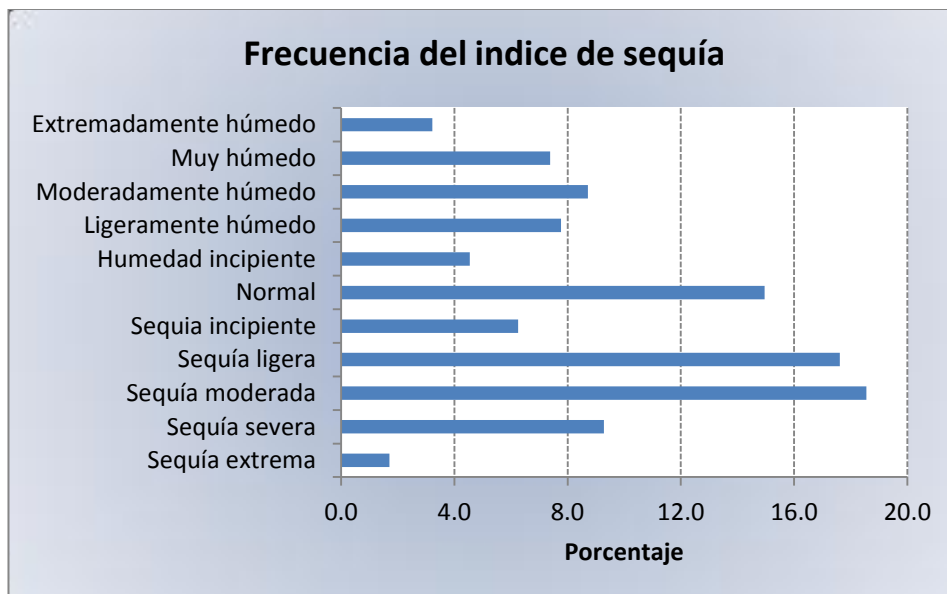


**Figura 34.** Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada para Caycay

### 6.2.1.5.2 Sequías

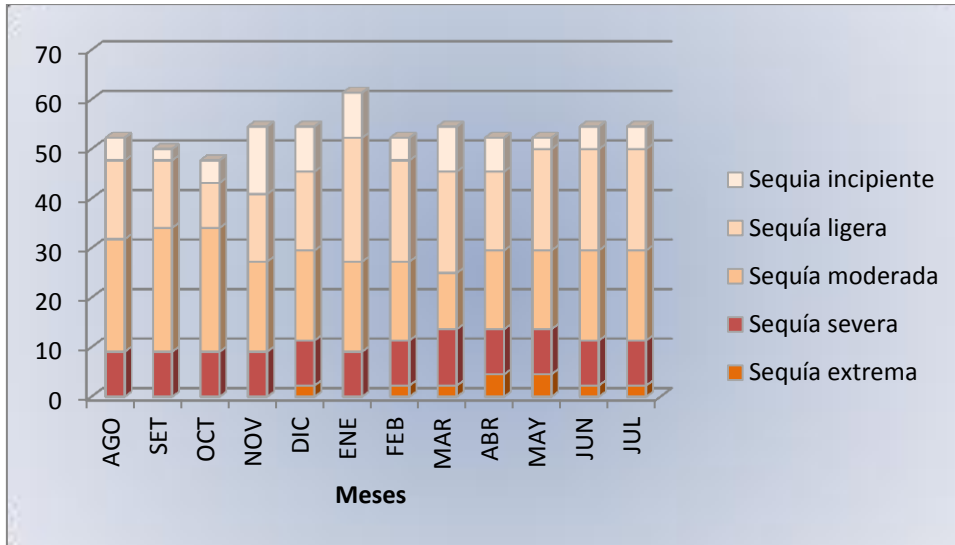
#### Caycay

En la **figura 35** se muestra el análisis sobre la frecuencia de índices húmedos y secos y el porcentaje correspondiente a cada categoría. Se puede observar que los períodos secos son mayores que los periodos húmedos, estos últimos representan el 31,6% del total.



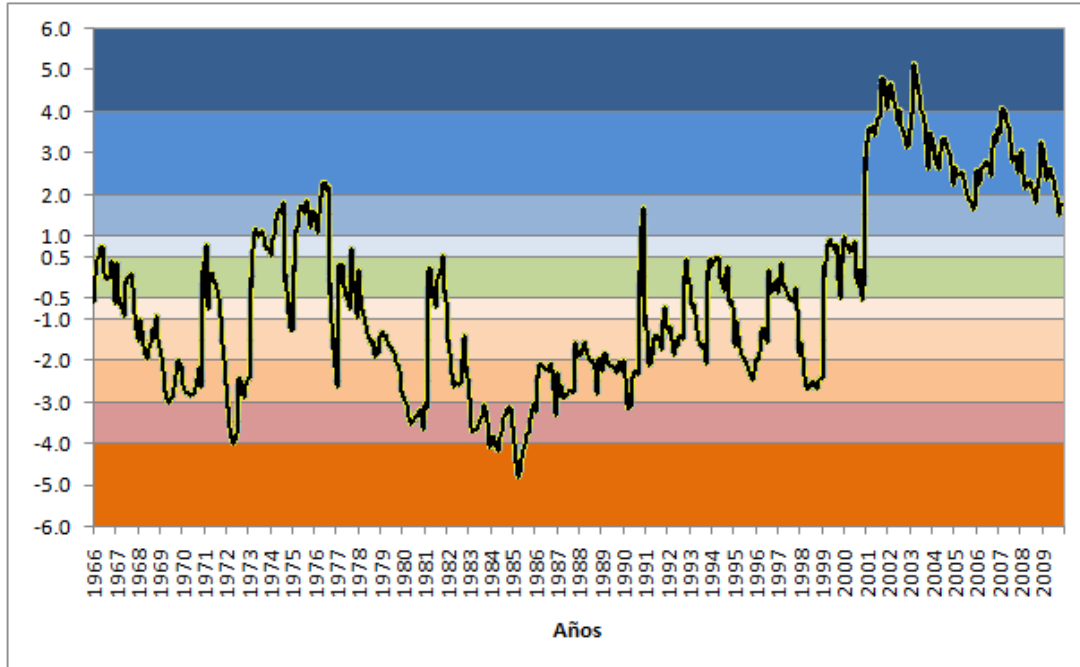
**Figura 35.** Frecuencia del Índice de sequía en Caycay

En la **figura 35** se observa que sobre los 528 meses que corresponde al período estudiado, en el 53,4% de los casos ocurrieron sequías con distinto grado de intensidad. Las mayores frecuencias se encuentran en las categorías de sequía ligera y moderada con el 17,6% y 18,6% respectivamente totalizando 36,2%. En la **figura 36** se analiza en forma mensual los porcentajes de ocurrencia de sequías, siendo enero el mes que presenta la mayor frecuencia (61,4%) y los meses de octubre los de menor número de casos (47,7%). Las sequías extremas se observan desde diciembre a enero (20,5%). El mayor porcentaje de sequías incipientes a moderadas (52,3%) se producen en el mes de enero.



**Figura 36.** Porcentaje mensual de sequías en Caycaj

En la **figura 37** se presenta la distribución temporal de los índices de sequía desde 1966 hasta 2009. Se observa periodos en los que los índices negativos son más frecuentes, presentándose sequías entre ligeras y severas, siendo el periodo más extenso el producido entre los años 1977 hasta 1999 con diferentes intensidades, los años 1972, 80 y 81 se presentan sequias severas. Solo los años 84 y 85 presentan sequías extremas, siendo la más intensa la de 1985. En cambio, en los años 2002 y 2004 predominan años extremadamente húmedos.

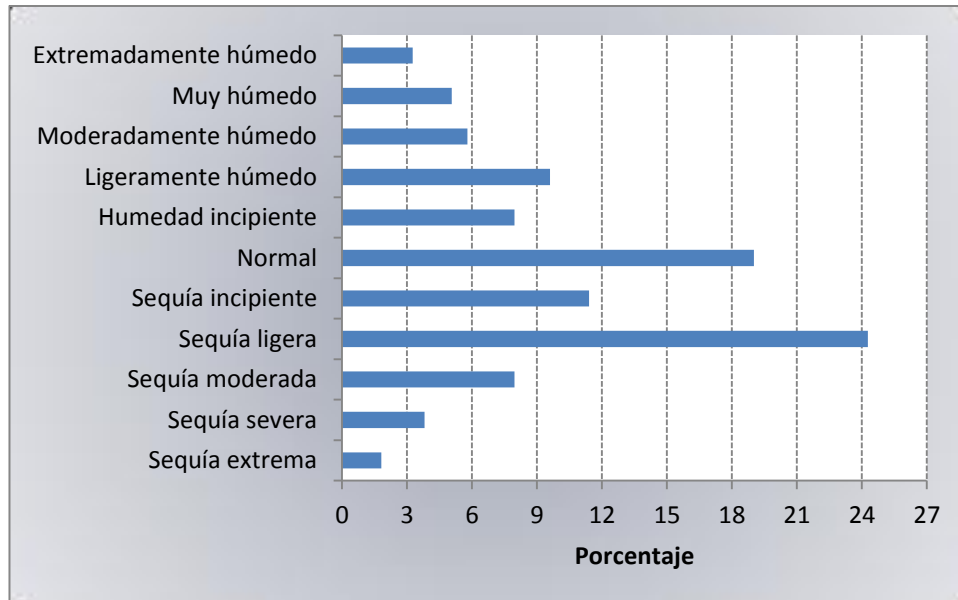


|                   |              |                       |            |
|-------------------|--------------|-----------------------|------------|
| Sequía extrema    | $\leq -4$    | Humedad incipiente    | 0,5 a 0,99 |
| Sequía severa     | -3 a -3,99   | Ligeramente húmedo    | 1 a 1,99   |
| Sequía moderada   | -2 a -2,99   | Moderadamente húmedo  | 2 a 2,99   |
| Sequía ligera     | -1 a -1,99   | Muy húmedo            | 3 a 3,99   |
| Sequía incipiente | -0,5 a -0,99 | Extremadamente húmedo | $\geq 4$   |
| Normal            | 0,49 a -0,49 |                       |            |

**Figura 37.** Índice de Severidad de Sequía en Caycaj

## Pisac

En la **figura 38** se muestra el análisis sobre la frecuencia de índices húmedos y secos y el porcentaje correspondiente a cada categoría. Se puede observar que los casos húmedos son menores que los casos secos representando el 31,7% del total.



**Figura 38.** Frecuencia del Índice de sequía en Pisac

En la **figura 38** se observa que sobre los 552 meses que corresponde al período estudiado, en el 49,3% de los casos ocurrieron sequías con distinto grado de intensidad. Las mayores frecuencias se encuentran en las categorías de sequía incipiente y ligera con el 11,4% y 24,3 respectivamente, totalizando 35,7%. En la **figura 39** se analiza en forma mensual los porcentajes de ocurrencia de sequías, siendo abril el mes que presenta la mayor frecuencia (56,5%) y los meses de noviembre y enero los de menor número de casos (43,5%). Las sequías extremas se observan en y desde noviembre a agosto (21,7%). El mayor porcentaje sequías incipientes a moderadas (50,0%) se producen en el mes de abril.

En la **figura 40** se presenta la distribución temporal de los índices de sequía desde 1964 hasta 2009. Se observa periodos en los que los índices negativos son más frecuentes, presentándose en los años 1967 y 1984 sequías entre severas y extremas; desde 1985 hasta el 2001 se presentan sequías entre incipientes y moderadas. Entre los años 1971 y 1982 los índices húmedos aumentan en intensidad, presentándose extremadamente húmedo el año 1971.

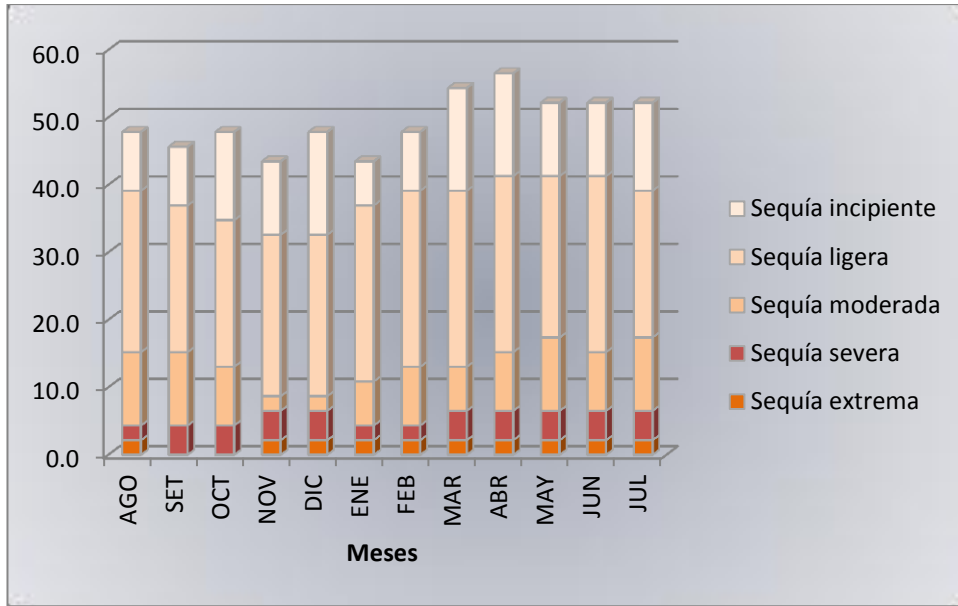
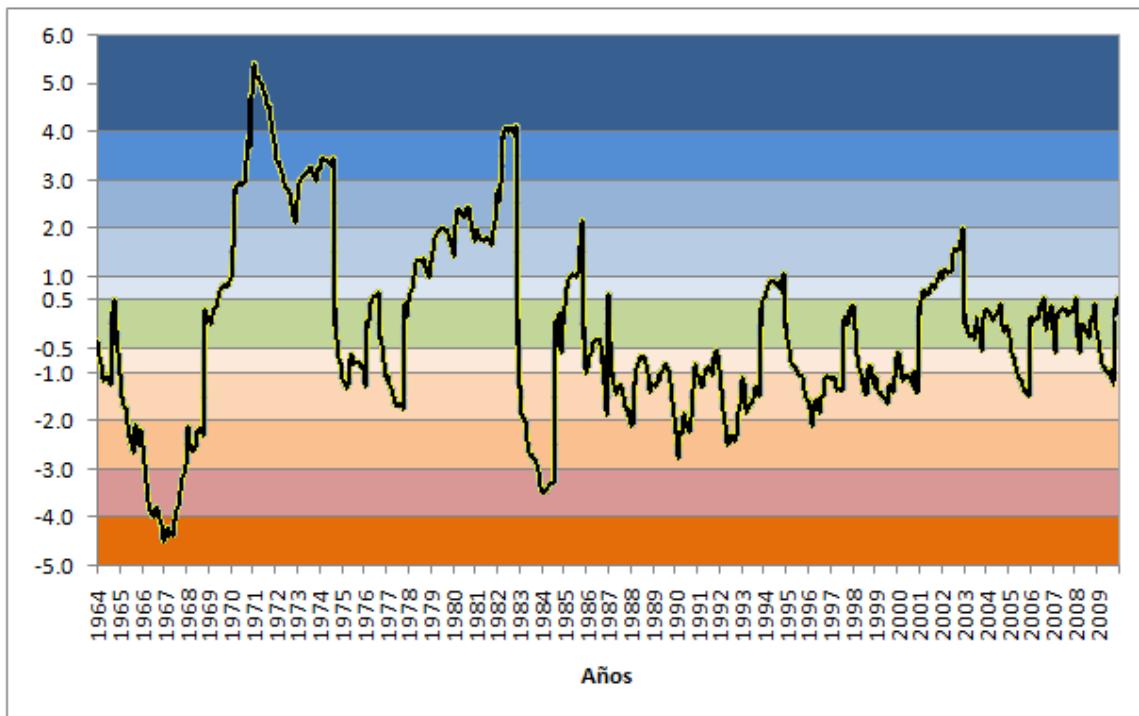


Figura 39. Porcentaje mensual de sequías en Pisac



|                   |              |                       |            |
|-------------------|--------------|-----------------------|------------|
| Sequía extrema    | $\leq -4$    | Humedad incipiente    | 0,5 a 0,99 |
| Sequía severa     | -3 a -3,99   | Ligeramente húmedo    | 1 a 1,99   |
| Sequía moderada   | -2 a -2,99   | Moderadamente húmedo  | 2 a 2,99   |
| Sequía ligera     | -1 a -1,99   | Muy húmedo            | 3 a 3,99   |
| Sequía incipiente | -0,5 a -0,99 | Extremadamente húmedo | $\geq 4$   |
| Normal            | 0,49 a -0,49 |                       |            |

Figura 40. Índice de Severidad de Sequía en Pisac

## 6.2.2 Distrito de Marangani

La evaluación de las condiciones agroclimáticas del distrito de Marangani se realizó utilizando información climática, de la estación meteorológica ubicada en Sicuani, del periodo 1964-2009.

| Estación | Provincia | Distrito | Longitud  | Latitud   | Altitud (m) | Parámetro            | Periodo |      | Total |
|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|----------------------|---------|------|-------|
|          |           |          |           |           |             |                      | Inicio  | Fin  |       |
| Sicuani  | Canchis   | Sicuani  | 71° 14'14 | 14° 15'13 | 3574        | Humedad relativa     | 1964    | 2009 | 46    |
|          |           |          |           |           |             | Precipitación        | 1964    | 2009 | 46    |
|          |           |          |           |           |             | Temperatura máxima   | 1964    | 2009 | 46    |
|          |           |          |           |           |             | Temperatura mínima   | 1964    | 2009 | 46    |
|          |           |          |           |           |             | Velocidad del viento | 1964    | 2009 | 46    |

El análisis se hizo a nivel decadal (10 días) y para la campaña agrícola setiembre a mayo, y los cultivos de papa, maíz, habas, trigo y cebada.

### Clima

El clima del distrito es semiárido (D) con nulo o pequeño exceso de agua (d) y megatermal (A')

#### 6.2.2.1 Régimen de las variables climáticas

En la tabla 58 se muestra las condiciones promedio para la campaña agrícola, así como los valores extremos promedio para la temperatura y precipitación.

La temperatura máxima media del periodo agrícola es de 19,7 °C, la máxima más alta se presenta en la primera década de octubre con 21,1 °C, y la más baja, en la tercera década de febrero con 18,3 °C.

La temperatura mínima media del periodo agrícola es de 4,6°C, la mínima más alta se presenta en la tercera década de enero con 6,2°C, y la más baja, en la tercera década de mayo con 1,8 °C.

La temperatura media del periodo agrícola es de 12,2 °C, la media más alta se presenta en la tercera década de noviembre con 13,0 °C, y la más baja, en la segunda y tercera década de mayo con 10,7 °C.

La precipitación total del periodo agrícola es de 644,8 mm, la mayor precipitación se da en la tercera década de enero con 46,2 mm y la más baja se presenta en la tercera década de mayo con 0,9 mm.

La evapotranspiración referencial total del periodo agrícola es de 1059,8 mm, con valores altos en la tercera década de octubre (48,4 mm) y valores más bajos en la segunda década de mayo (31,0 mm).

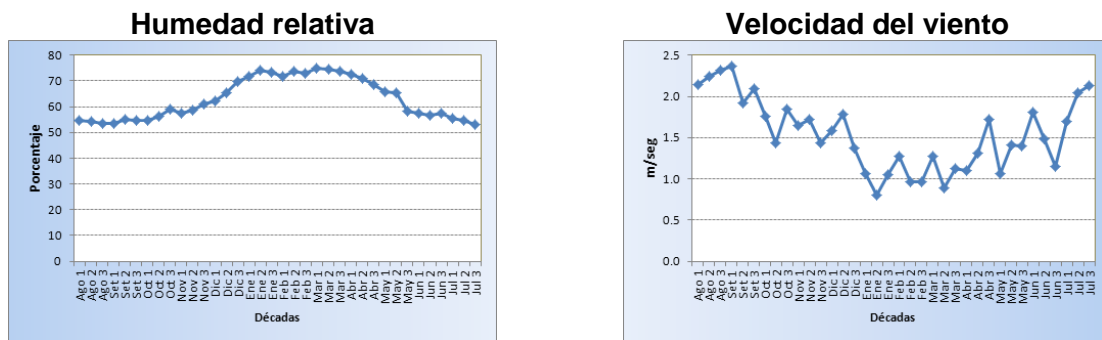
La humedad relativa promedio del periodo agrícola es de 65,6%, la máxima promedio decadal se da en la primera década de marzo 74,8% y mínima promedio decadal, en la primera década de setiembre 53,5% (**figura 41**).

La velocidad del viento promedio del periodo agrícola es de 1,4 m/seg, y los valores mayores se registran en la primera década de setiembre con 2,4 m/s y los valores más bajos, en la segunda década de enero con 0,8 m/seg.

**Tabla 58.** Promedio decadal de la temperatura y precipitación del periodo agrícola

| Estación | Media | Máxima | Mínima | Década más cálida |                | Década más fría |           | Oscilación térmica |
|----------|-------|--------|--------|-------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|
|          |       |        |        |                   |                |                 |           |                    |
| Sicuni   | 12,2  | 19,7   | 4,6    | 21,1              | 1ra. noviembre | 1,8             | 3ra. mayo | 19,3               |

| Estación | Total | Década más lluviosa |            | Década más seca |           | % Período        |                |
|----------|-------|---------------------|------------|-----------------|-----------|------------------|----------------|
|          |       | Precipitación       | Década     | Precipitación   | Década    | Setiembre a mayo | Junio a agosto |
| Sicuni   | 644,8 | 46,2                | 3ra. enero | 0,9             | 3ra. mayo | 97,7             | 2,3            |



**Figura 41.** Comportamiento temporal de la humedad relativa y velocidad del viento

### 6.2.2.2 Distribución espacial de la temperatura y la precipitación

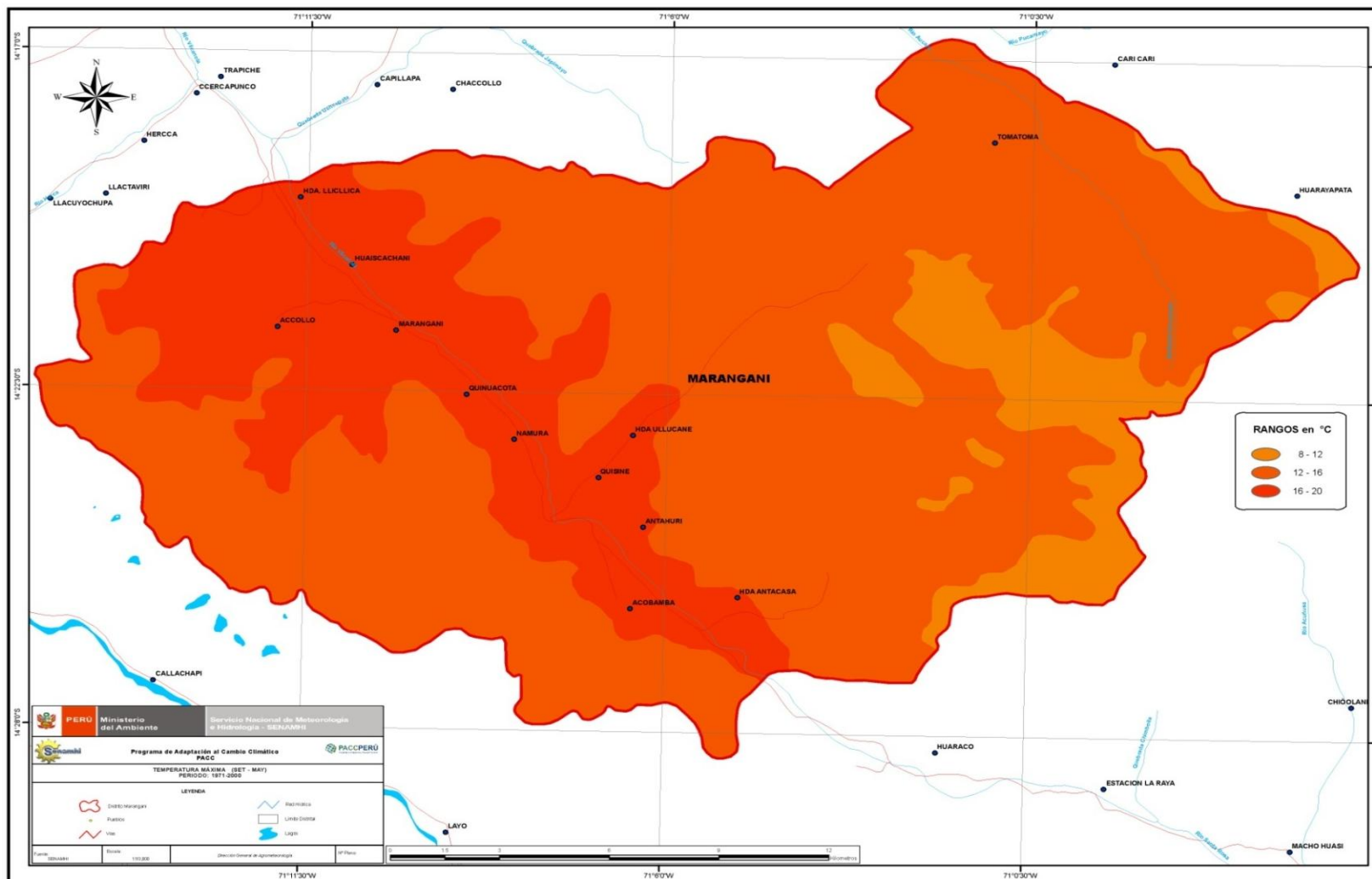
Se analiza la distribución de la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación promedio para el período agrícola setiembre a mayo.

La temperatura máxima, en la parte más baja bordea los 16 a 20 °C, a lo largo de las riberas del río Vilcanota; la zona intermedia donde se incrementa gradualmente las pendientes la temperatura máxima varía entre 12 y 16 °C. En las partes más altas se registran valores de temperatura máxima entre 8 y 12 °C (**mapa 16**)

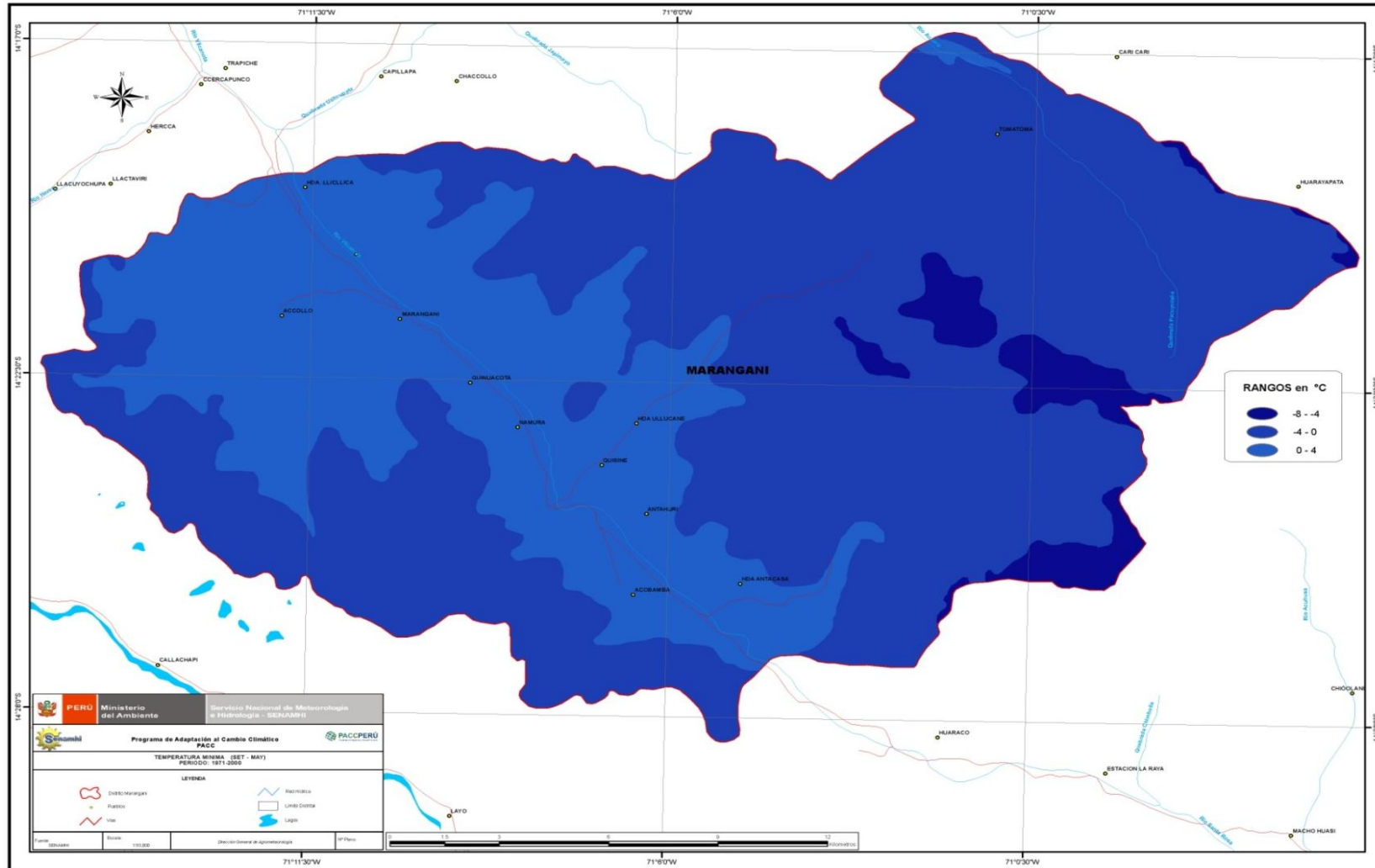
La temperatura mínima, a lo largo de la ribera del río Vilcanota las temperaturas mínimas varían entre 0 a 4 °C, hacia las partes intermedias estas varían entre -4 y 0 °C y a medida que se va ascendiendo las temperaturas mínimas disminuyen alcanzando valores entre -4 a -8 °C en las zonas más altas (**mapa 17**).

La precipitación total de la campaña agrícola en el distrito de Marangani varía entre 500 y 600 mm (**mapa 18**).

Mapa 16. Distribución espacial de la temperatura máxima en el distrito de Marangani

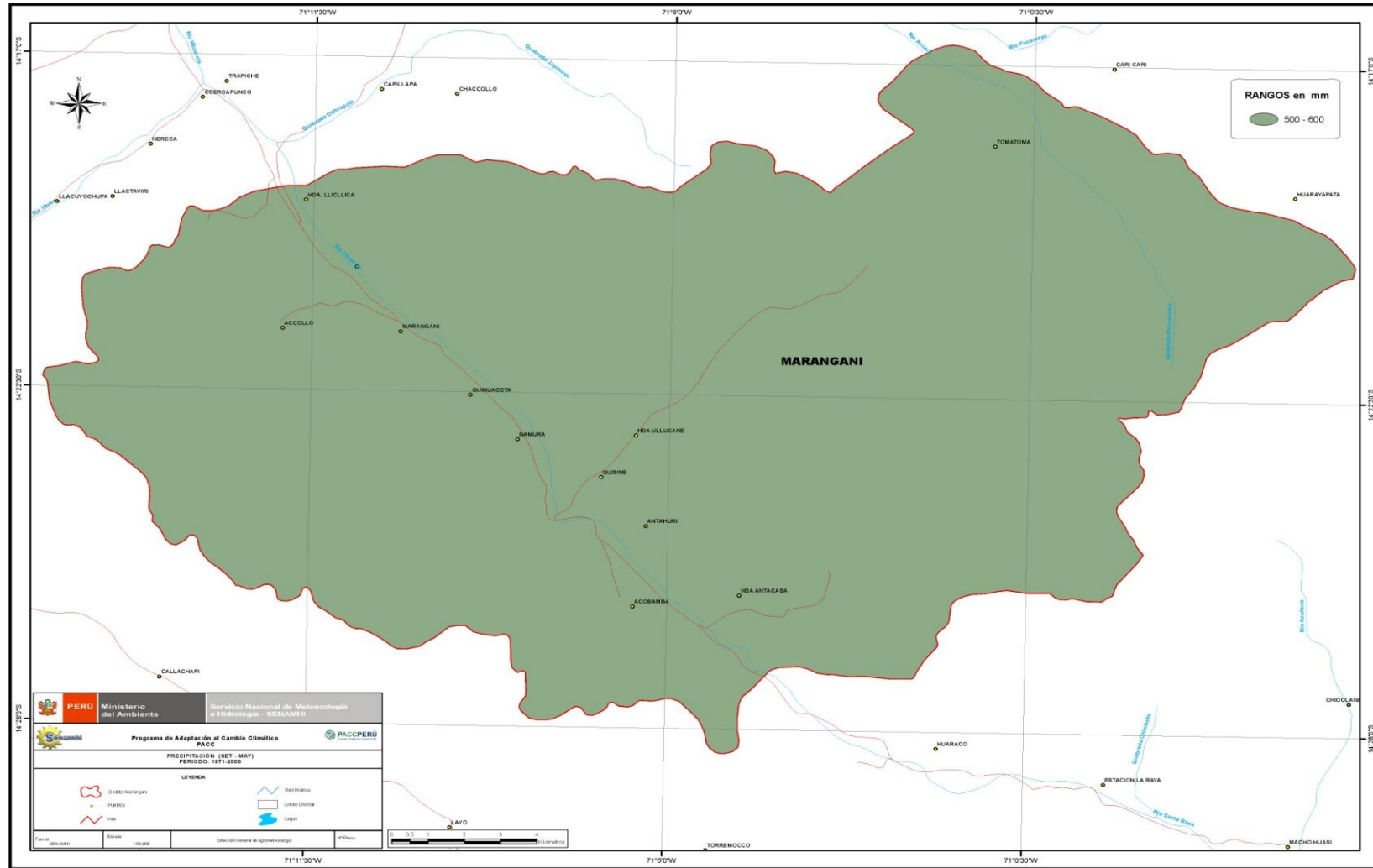


Mapa 17. Distribución espacial de la temperatura mínima en el distrito de Marangani



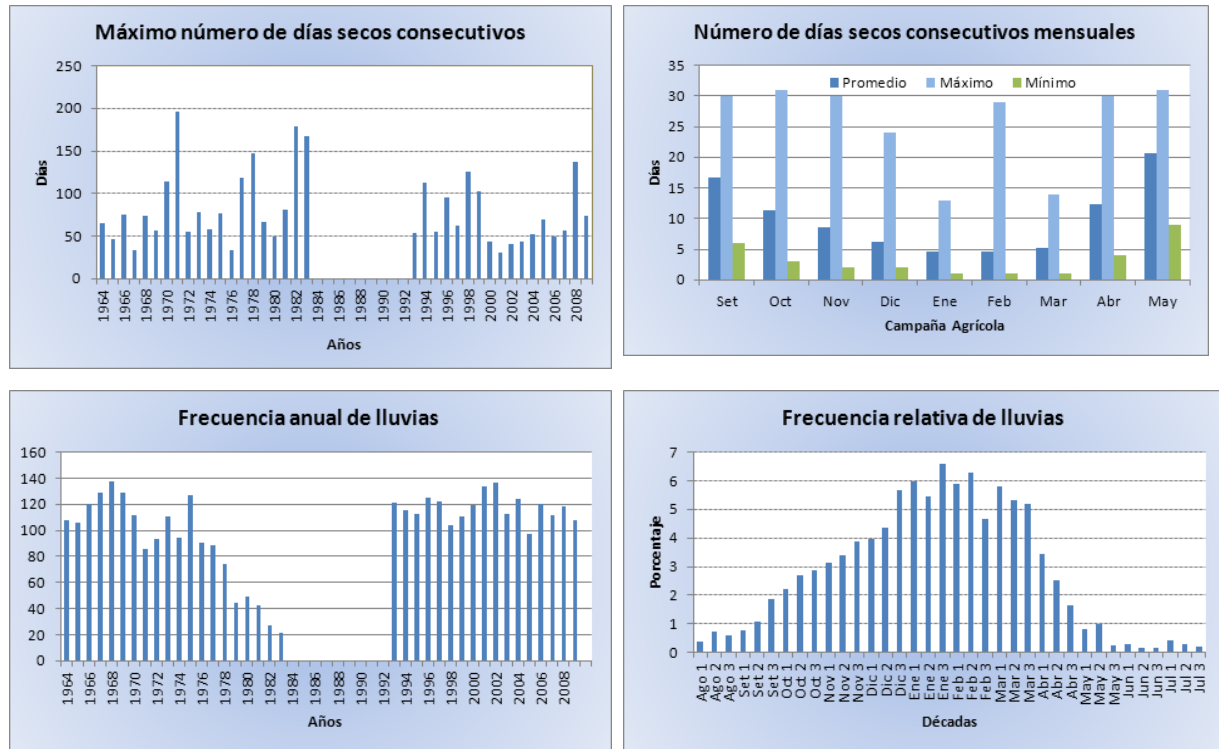


**Mapa 18.** Distribución espacial de la precipitación en el distrito de Marangani



### 6.2.2.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias

En la **figura 42** se muestran la duración de las rachas de días secos (con precipitación menor a 1mm) y la frecuencia de lluvias.



Desde 1984 hasta 1992 no hubo información

**Figura 42.** Periodos secos y frecuencia de lluvias en Sicuani

### 6.2.2.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados

Se evaluó agroclimáticamente los cultivos de cebada, haba, maíz, papa y trigo, a través del análisis del período de crecimiento efectivo y sus requerimientos climáticos.

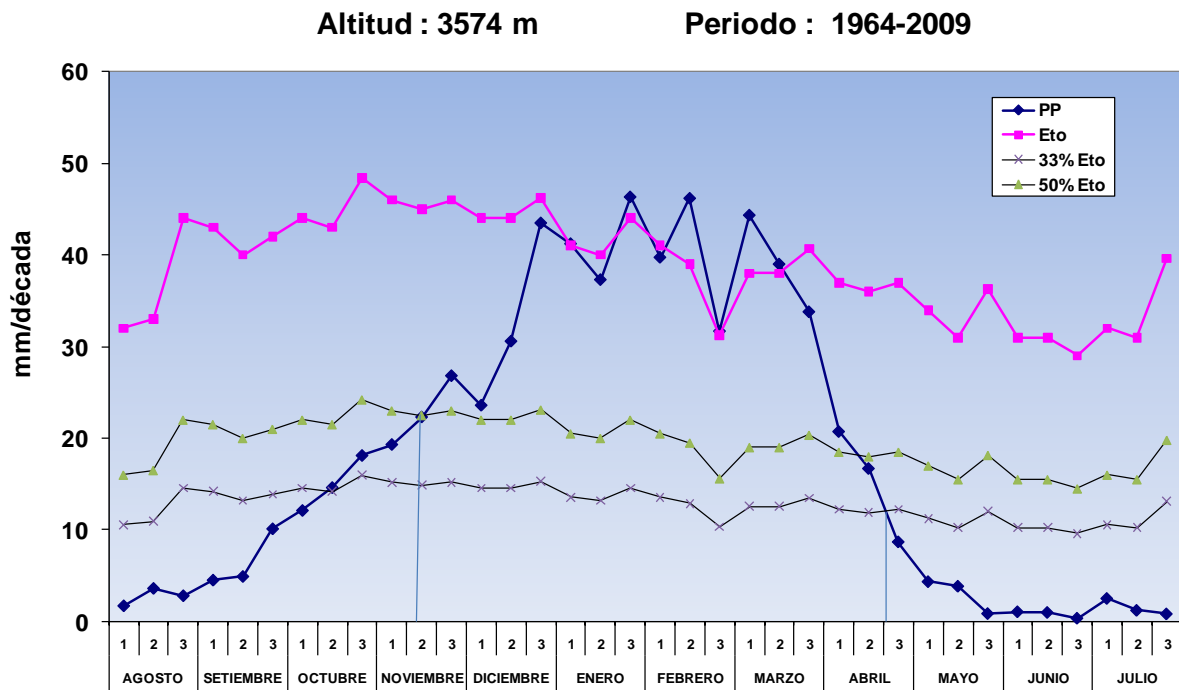
#### 6.2.2.4.1 Período de crecimiento efectivo

El criterio que se utilizó para definir el período de crecimiento efectivo se basa en la temperatura y humedad (precipitación)

En la **figura 43** y **tabla 59** se muestra que dentro del período agrícola la temperatura no es un factor limitante, dado que las fechas medias de la primera y última helada se registran el 22 abril y 8 octubre respectivamente. Mientras que la precipitación sí se constituye como un factor limitante para el crecimiento y desarrollo de los cultivos al inicio de la campaña agrícola. De tal forma que, climáticamente, el período de crecimiento efectivo es de 161 días, siendo el inicio de este periodo en la segunda década de noviembre y la culminación, en la segunda década de abril.

**Tabla 59.** Período de crecimiento efectivo

| Estación | Por humedad           |                   |      | Por temperatura |                  |          | Por humedad y temperatura |                   |      |
|----------|-----------------------|-------------------|------|-----------------|------------------|----------|---------------------------|-------------------|------|
|          | Inicio                | Fin               | Días | Últimas heladas | Primeras heladas | Duración | Período                   |                   | Días |
| Sicuani  | 2da. década noviembre | 2da. década abril | 161  | 8 octubre       | 22 abril         | 196      | 2da. década noviembre     | 2da. década abril | 161  |

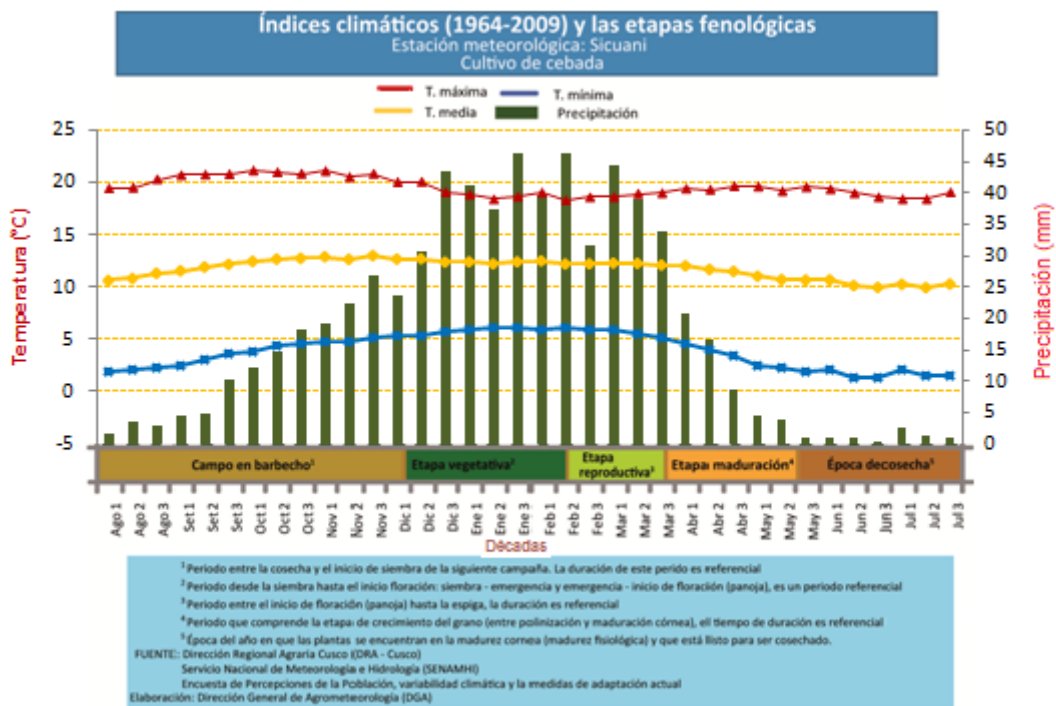


**Figura 43.** Período de crecimiento por humedad en Sicuani

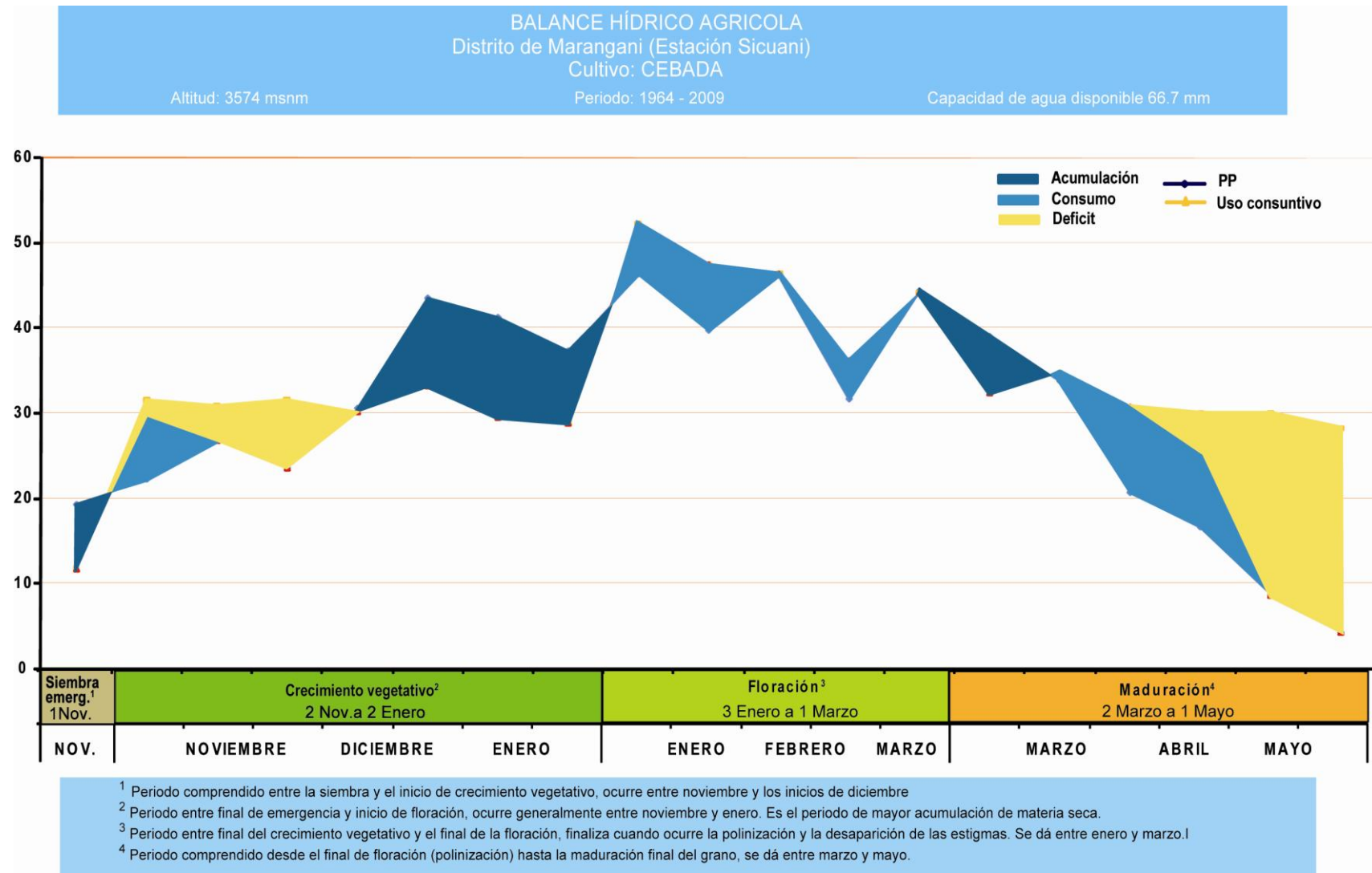
### 6.2.2.4.2 Cultivo de cebada

Las temperaturas, máxima, mínima y media de la zona se encuentran ligeramente por debajo de las temperaturas óptimas para el cultivo de cebada; siendo la temperatura mínima la más crítica para el crecimiento y desarrollo de este cultivo (figura 44).

El total de precipitación registrado en toda la campaña agrícola se encuentra dentro del rango óptimo; sin embargo su distribución no favorece la fase de desarrollo del cultivo. La campaña agrícola de este cultivo se inicia con un ligero déficit, que es superado cuando las precipitaciones se incrementan, y cubren las necesidades de agua de este cultivo principalmente en la etapa de floración; al final de la campaña las precipitaciones disminuyen generando un ligero déficit en la etapa de maduración.



**Figura 44.** Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de cebada

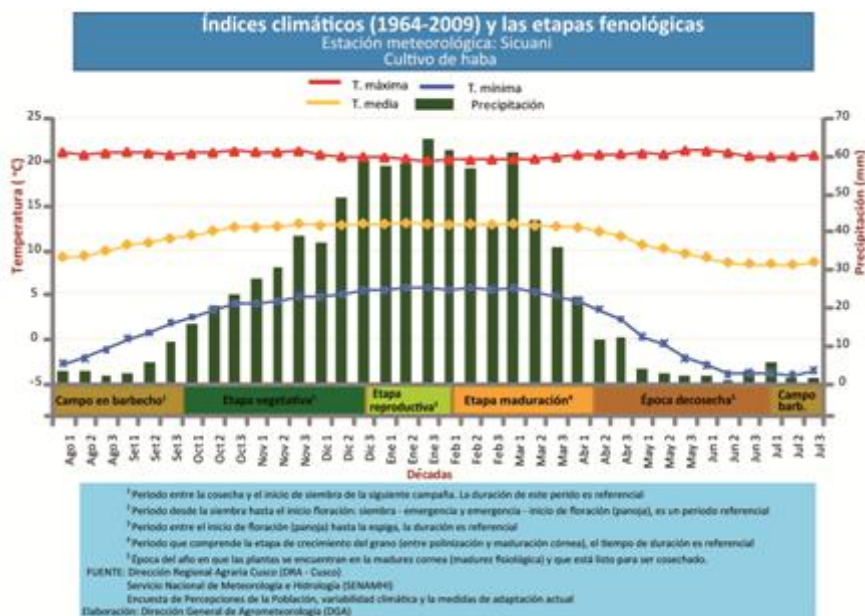


**Figura 45.** Balance hídrico agrícola para el cultivo de cebada

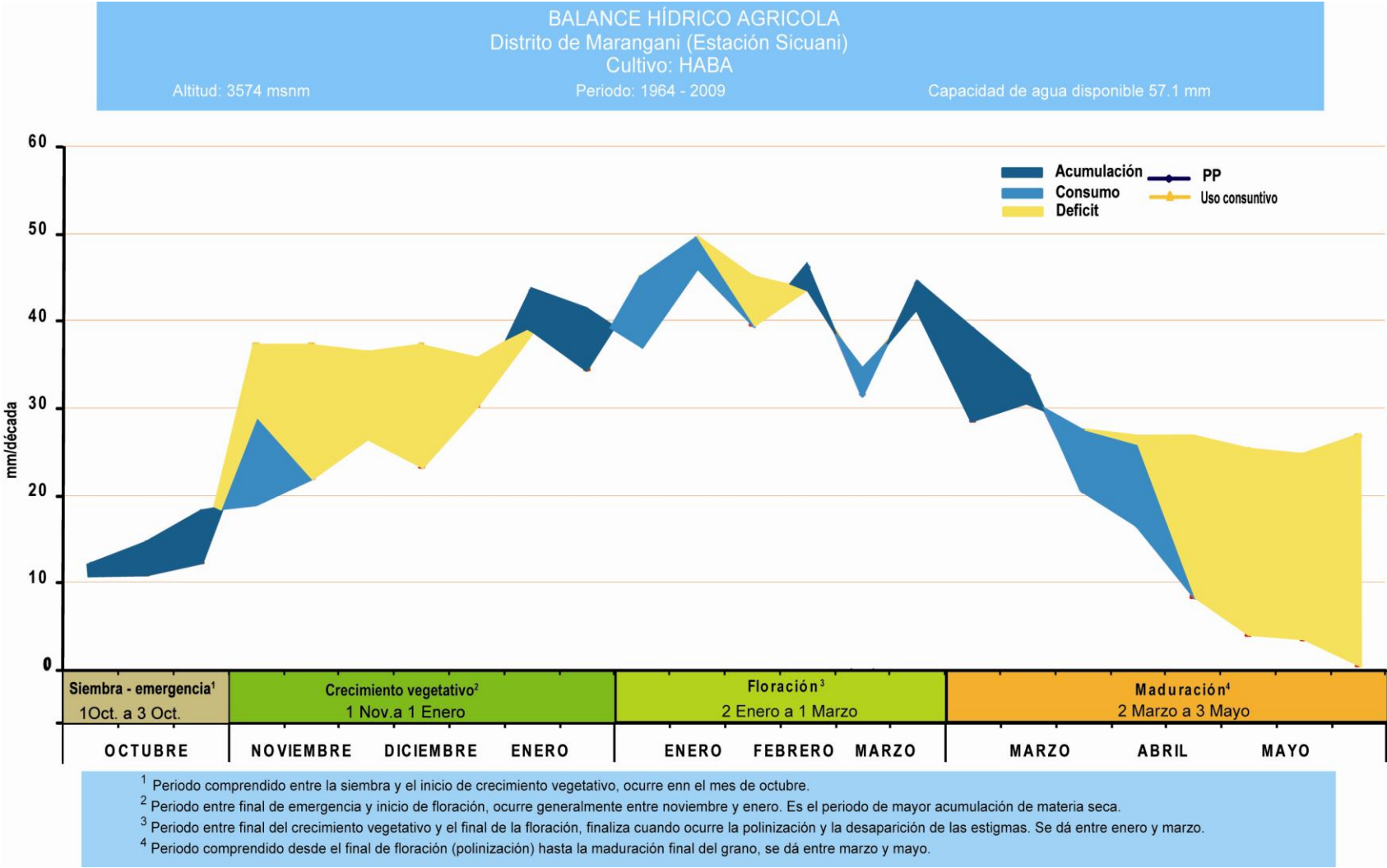
### 6.2.2.4.3 Cultivo de haba

Las temperaturas, máxima, mínima y media de la zona se encuentran ligeramente por debajo de las temperaturas óptimas para el cultivo de haba; siendo la temperatura mínima la más crítica para el crecimiento y desarrollo de este cultivo (figura 46).

La precipitación total registrada se encuentra dentro del rango óptimo; sin embargo su distribución no es favorable, la campaña agrícola se inicia con precipitaciones que no cubren las necesidades de agua del cultivo, generando déficit en la fase de crecimiento vegetativo, luego las precipitaciones son adecuadas para el cultivo al final del crecimiento vegetativo e inicio de la floración; aunque en plena floración se produce un ligero déficit, para luego tener la humedad necesaria para culminar la etapa de floración y parte de la maduración. Al final de la maduración se produce déficit.



**Figura 46.** Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de haba

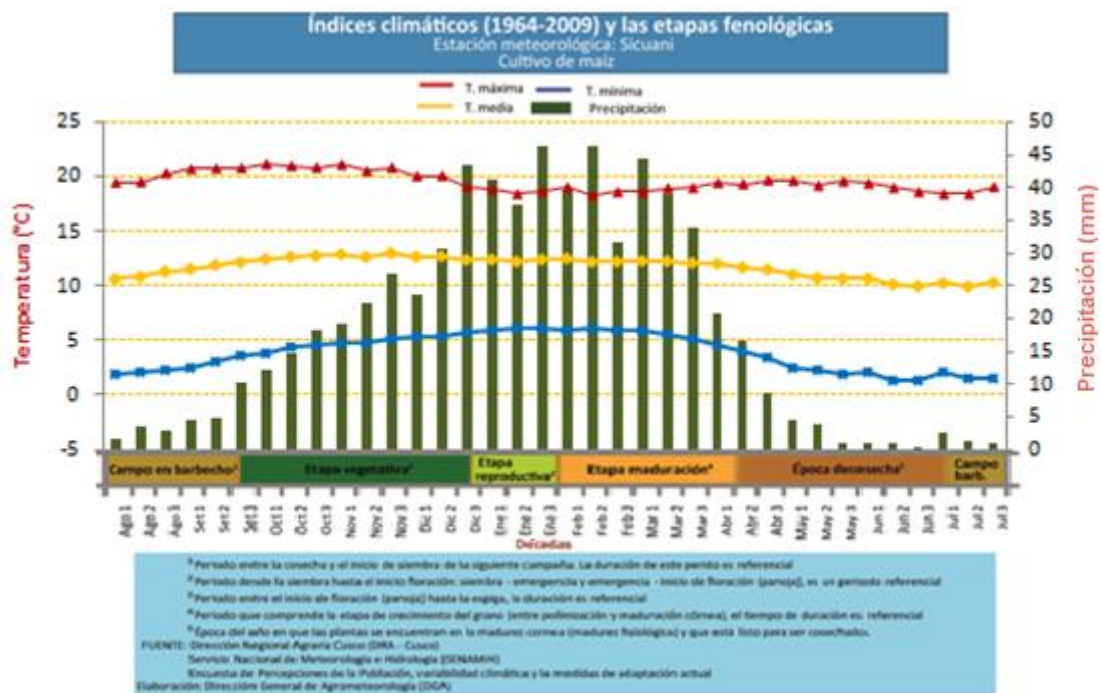


**Figura 47.** Balance hídrico agrícola para el cultivo de haba en Marangani

#### 6.2.2.4.4 Cultivo de maíz

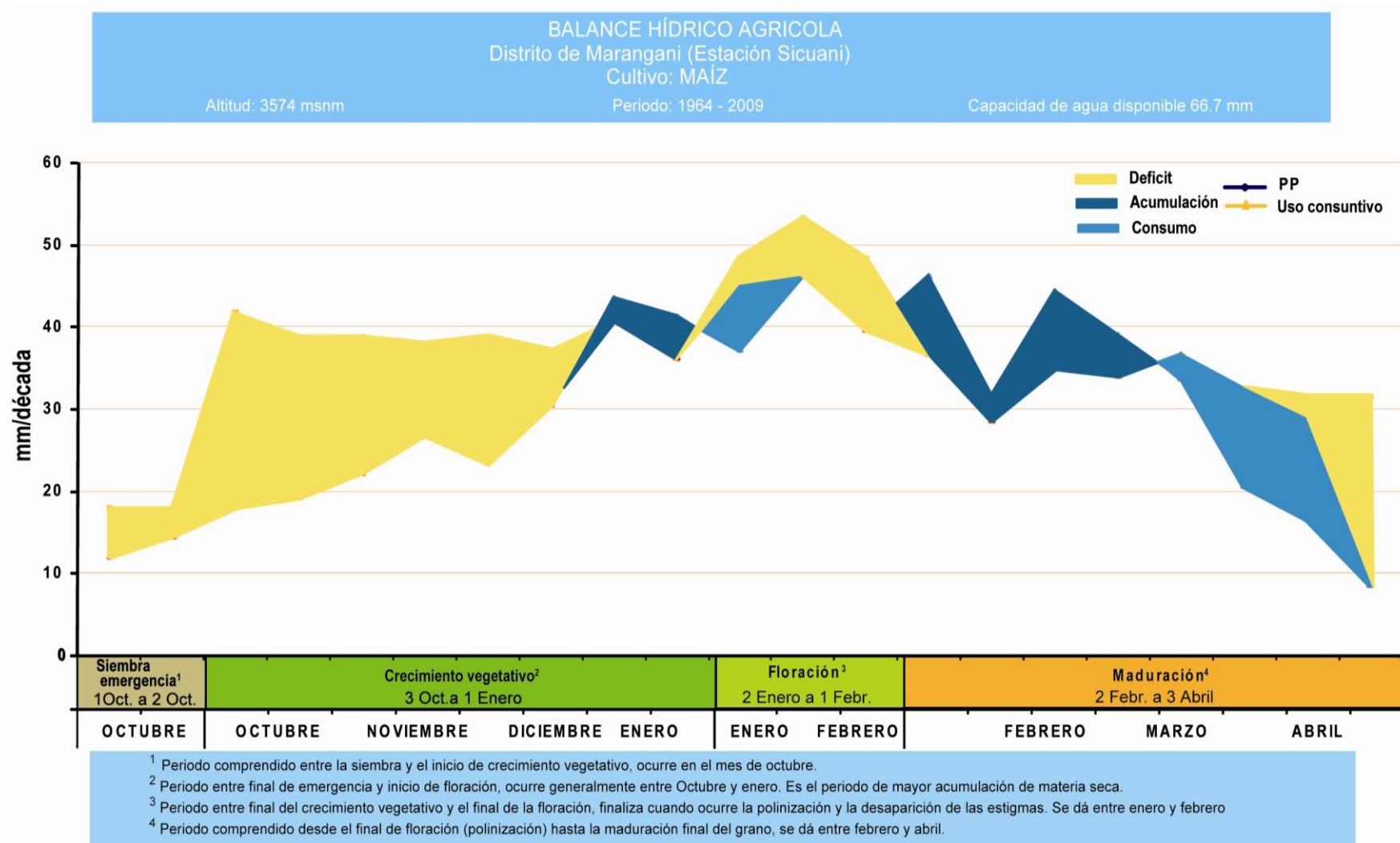
Las temperaturas, máxima, mínima y media de la zona se encuentran por debajo de las temperaturas óptimas para el cultivo de maíz; siendo la temperatura mínima la más crítica para el crecimiento y desarrollo de este cultivo (**figura 48**).

La precipitación total registrada en la campaña agrícola se encuentra dentro del rango óptimo; sin embargo su distribución no es favorable, la campaña agrícola se inicia, con déficit de humedad en la mayor parte de la fase de crecimiento vegetativo, sólo al final de esta fase las lluvias aportan humedad suficiente para cubrir las necesidades hídricas del cultivo; pero disminuye el nivel de humedad en plena floración se produce déficit. Casi en toda la maduración las lluvias son suficientes para cubrir las necesidades hídricas de este cultivo, pero al final de esta fase se produce un ligero déficit.



**Figura 48.** Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo del maíz



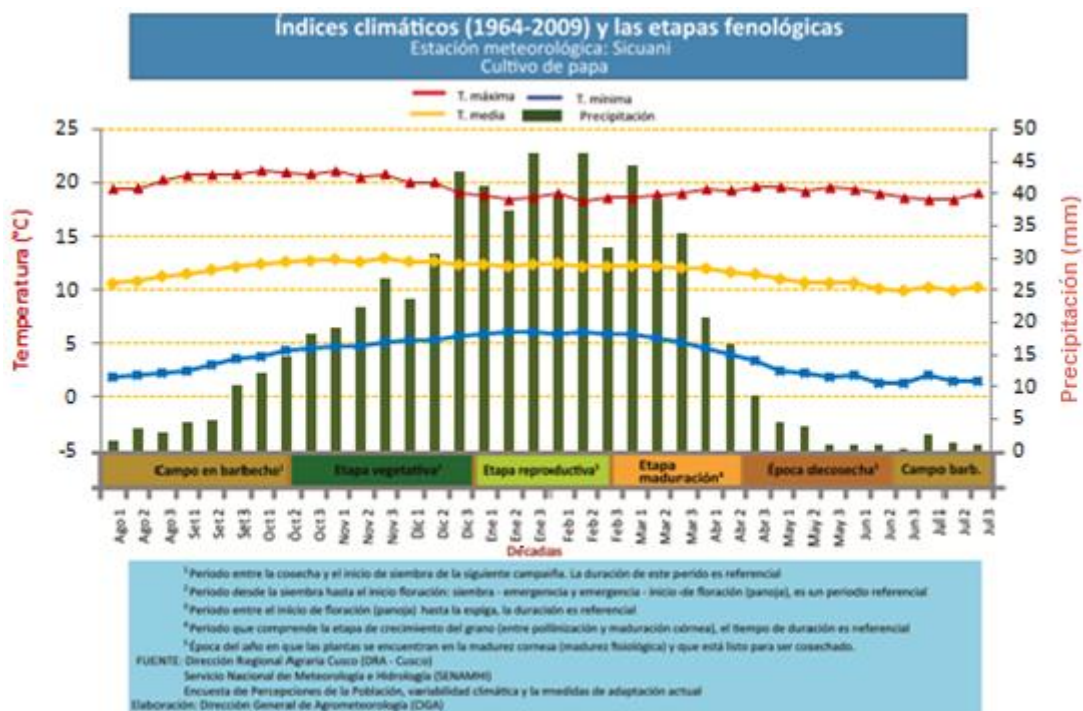


**Figura 49.** Balance hídrico agrícola para el cultivo maíz

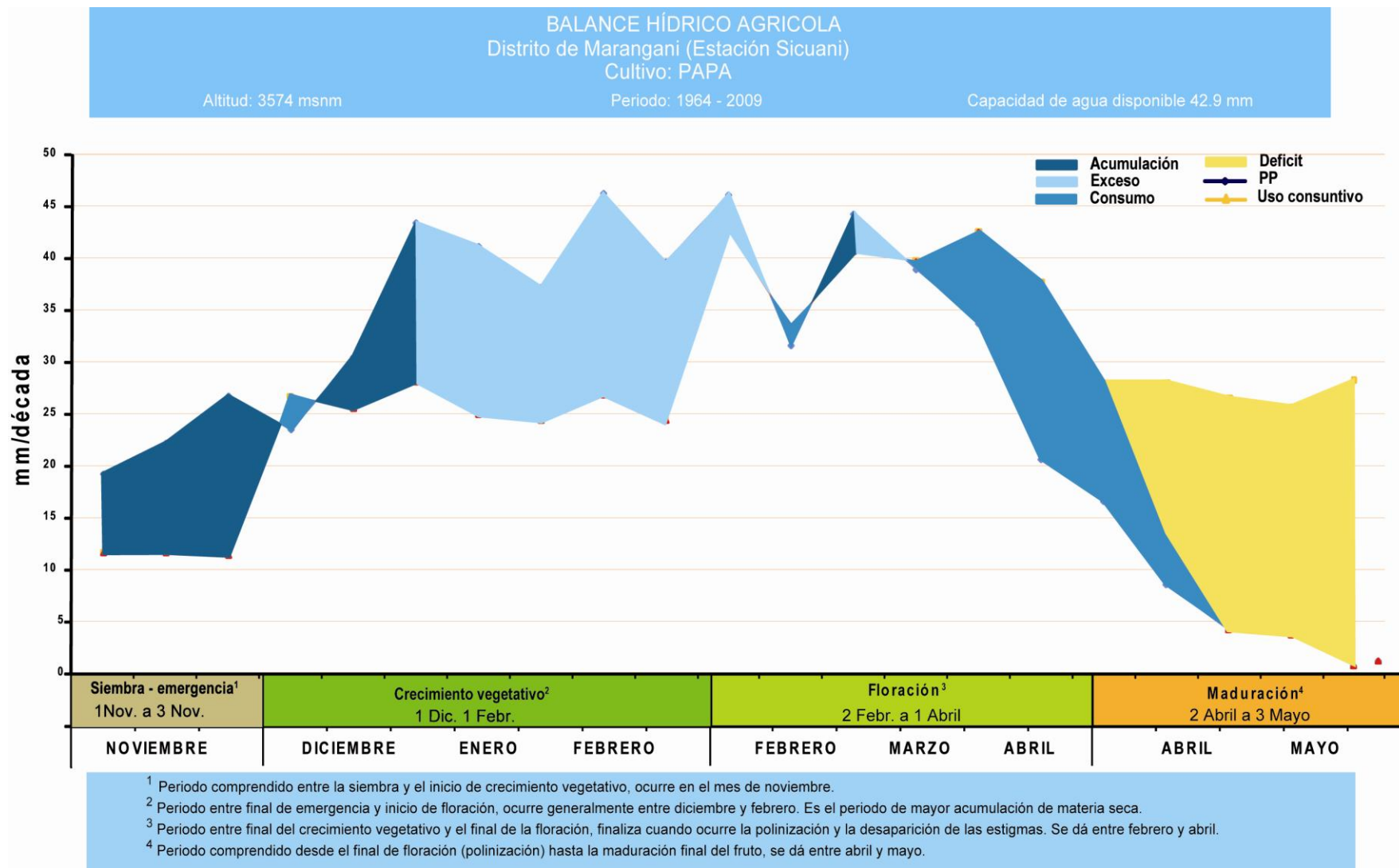
### 6.2.2.4.5 Cultivo de papa

Las temperaturas, máxima, mínima y media de la zona se encuentran por debajo de las temperaturas óptimas para el cultivo de papa; siendo la temperatura mínima la más crítica para el crecimiento y desarrollo de este cultivo (**figura 50**).

La precipitación total para la campaña se encuentra del rango óptimo aunque no muy bien distribuida. La campaña se inicia con humedad adecuada para este cultivo, sin embargo a mediados y final de la fase de crecimiento vegetativo las precipitaciones son abundantes generando excesos de humedad. En toda la fase de floración e inicios de la maduración las precipitaciones cubren las necesidades de agua de este cultivo y al final de la fase de maduración se produce déficit (**figura 51**).



**Figura 50.** Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de papa

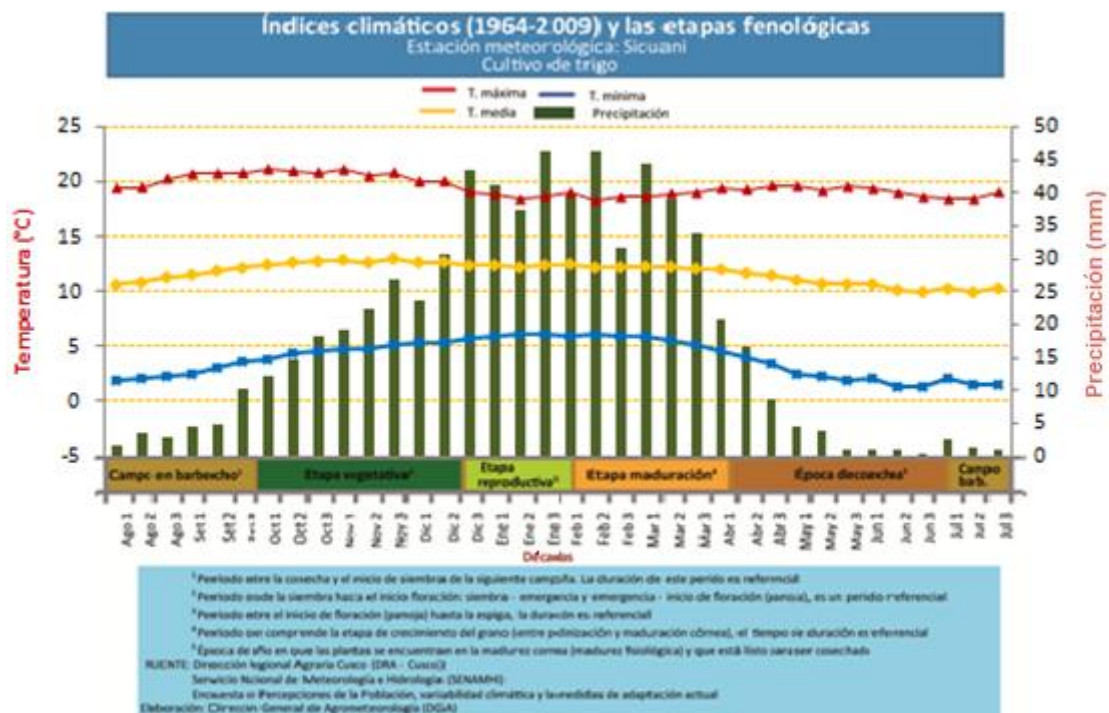


**Figura 51.** Balance hídrico agrícola para el cultivo papa

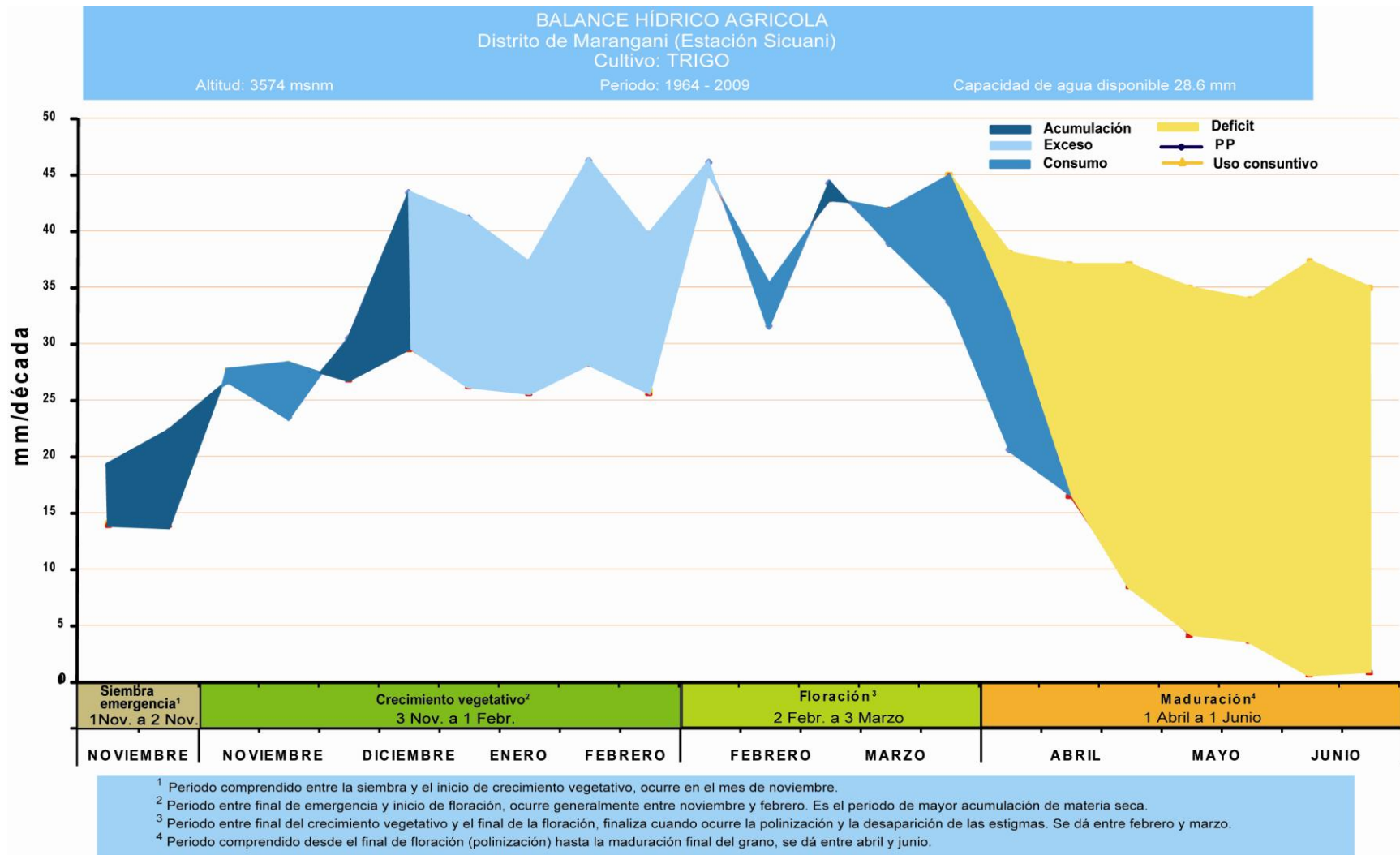
### 6.2.2.4.6 Cultivo de trigo

Las temperaturas, máxima, mínima y media de la zona se encuentran por debajo de las temperaturas óptimas para el cultivo de papa; siendo la temperatura mínima la más crítica para el crecimiento y desarrollo de este cultivo (**figura 52**).

La precipitación total para la campaña agrícola se presenta dentro del rango óptimo. La campaña agrícola del cultivo se inicia con humedad adecuada, sin embargo a mediados de la fase de crecimiento vegetativo hasta inicios de la floración la humedad es excesiva, en cambio, las condiciones de humedad son adecuadas durante la floración e inicios de la maduración. Casi en toda la fase de maduración las precipitaciones son escasas produciendo un marco déficit (**figura 53**)



**Figura 52.** Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de trigo



**Figura 53.** Balance hídrico agrícola para el cultivo de trigo

### 6.2.2.5 Eventos extremos

El distrito de Marangani se registra eventos climáticos extremos regularmente, entre ellos las heladas y las sequías.

#### 6.2.2.5.1 Heladas

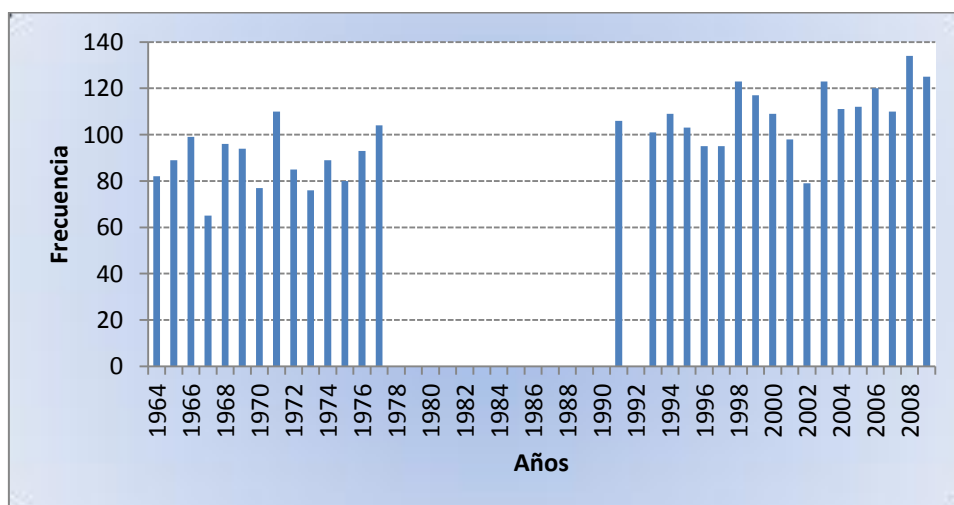
##### Frecuencia multianual de heladas

En la tabla 60 y figura 54 se presenta un análisis multianual de las heladas meteorológicas registradas durante el periodo 1964-2009 (No existen datos del 78 al 90 y 92). El año 2008 registró una mayor frecuencia de heladas (134), en tanto que se observa un incremento de la frecuencia de heladas desde 2003. La frecuencia media anual es de 100 heladas.

**Tabla 60.** Frecuencia multianual de heladas meteorológicas en Sicuani

| Años         | Total de Heladas | Años | Total de Heladas | Años | Total de Heladas | Años | Total de Heladas |
|--------------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|
| 1964         | 82               | 1976 | 93               | 1988 | s/d              | 2000 | 109              |
| 1965         | 89               | 1977 | 104              | 1989 | s/d              | 2001 | 98               |
| 1966         | 99               | 1978 | s/d              | 1990 | s/d              | 2002 | 79               |
| 1967         | 65               | 1979 | s/d              | 1991 | 106              | 2003 | 123              |
| 1968         | 96               | 1980 | s/d              | 1992 | s/d              | 2004 | 111              |
| 1969         | 94               | 1981 | s/d              | 1993 | 101              | 2005 | 112              |
| 1970         | 77               | 1982 | s/d              | 1994 | 109              | 2006 | 120              |
| 1971         | 110              | 1983 | s/d              | 1995 | 103              | 2007 | 110              |
| 1972         | 85               | 1984 | s/d              | 1996 | 95               | 2008 | 134              |
| 1973         | 76               | 1985 | s/d              | 1997 | 95               | 2009 | 125              |
| 1974         | 89               | 1986 | s/d              | 1998 | 123              |      |                  |
| 1975         | 80               | 1987 | s/d              | 1999 | 117              |      |                  |
| <b>Total</b> |                  |      |                  |      |                  |      | <b>3209</b>      |

s/d= Sin dato



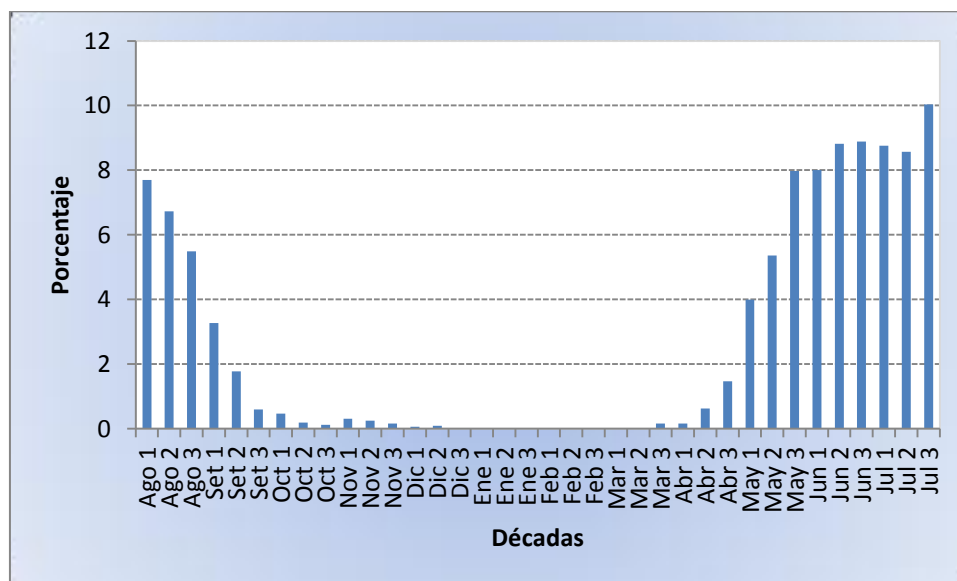
**Figura 54.** Frecuencia multianual de heladas meteorológicas

## Frecuencia relativa de heladas

En la tabla 61 y figura 55 se observa que la mayor frecuencia de heladas se da entre la tercera década de mayo y tercera década de julio con un porcentaje que varía entre 8,8 y 10,0%, siendo la tercera década de julio la que presenta mayor frecuencia (10%). No se registran heladas, desde la primera década de enero hasta la segunda década de marzo y la tercera década de diciembre.

**Tabla 61.** Frecuencia relativa de heladas

| Año        |   | Total | %   | Media | Máximo | Mínimo | Año        |   | Total       | %           | Media | Máximo | Mínimo |
|------------|---|-------|-----|-------|--------|--------|------------|---|-------------|-------------|-------|--------|--------|
|            | 1 | 0     | 0,0 | 0     | 0      | 0      |            | 1 | 281         | 8,8         | 9     | 10     | 5      |
| <b>ENE</b> | 2 | 0     | 0,0 | 0     | 0      | 0      | <b>JUL</b> | 2 | 275         | 8,6         | 9     | 10     | 5      |
|            | 3 | 0     | 0,0 | 0     | 0      | 0      |            | 3 | 322         | <b>10,0</b> | 10    | 11     | 7      |
|            | 1 | 0     | 0,0 | 0     | 0      | 0      |            | 1 | 247         | 7,7         | 8     | 10     | 4      |
| <b>FEB</b> | 2 | 0     | 0,0 | 0     | 0      | 0      | <b>AGO</b> | 2 | 216         | 6,7         | 7     | 10     | 2      |
|            | 3 | 0     | 0,0 | 0     | 0      | 0      |            | 3 | 176         | 5,5         | 6     | 11     | 0      |
|            | 1 | 0     | 0,0 | 0     | 0      | 0      |            | 1 | 105         | 3,3         | 3     | 8      | 0      |
| <b>MAR</b> | 2 | 0     | 0,0 | 0     | 0      | 0      | <b>SET</b> | 2 | 57          | 1,8         | 2     | 8      | 0      |
|            | 3 | 5     | 0,2 | 0     | 2      | 0      |            | 3 | 19          | 0,6         | 1     | 3      | 0      |
|            | 1 | 5     | 0,2 | 0     | 2      | 0      |            | 1 | 15          | 0,5         | 0     | 4      | 0      |
| <b>ABR</b> | 2 | 20    | 0,6 | 1     | 6      | 0      | <b>OCT</b> | 2 | 6           | 0,2         | 0     | 4      | 0      |
|            | 3 | 47    | 1,5 | 1     | 6      | 0      |            | 3 | 4           | 0,1         | 0     | 4      | 0      |
|            | 1 | 128   | 4,0 | 4     | 10     | 0      |            | 1 | 10          | 0,3         | 0     | 2      | 0      |
| <b>MAY</b> | 2 | 172   | 5,4 | 5     | 10     | 0      | <b>NOV</b> | 2 | 8           | 0,2         | 0     | 2      | 0      |
|            | 3 | 256   | 8,0 | 8     | 11     | 1      |            | 3 | 5           | 0,2         | 0     | 2      | 0      |
|            | 1 | 257   | 8,0 | 8     | 10     | 3      |            | 1 | 2           | 0,1         | 0     | 1      | 0      |
| <b>JUN</b> | 2 | 283   | 8,8 | 9     | 10     | 5      | <b>DIC</b> | 2 | 3           | 0,1         | 0     | 2      | 0      |
|            | 3 | 285   | 8,9 | 9     | 10     | 4      |            | 3 | 0           | 0,0         | 0     | 0      | 0      |
|            |   |       |     |       |        |        |            |   | <b>3209</b> | <b>100</b>  |       |        |        |



**Figura 55.** Frecuencia Relativa decadal de heladas

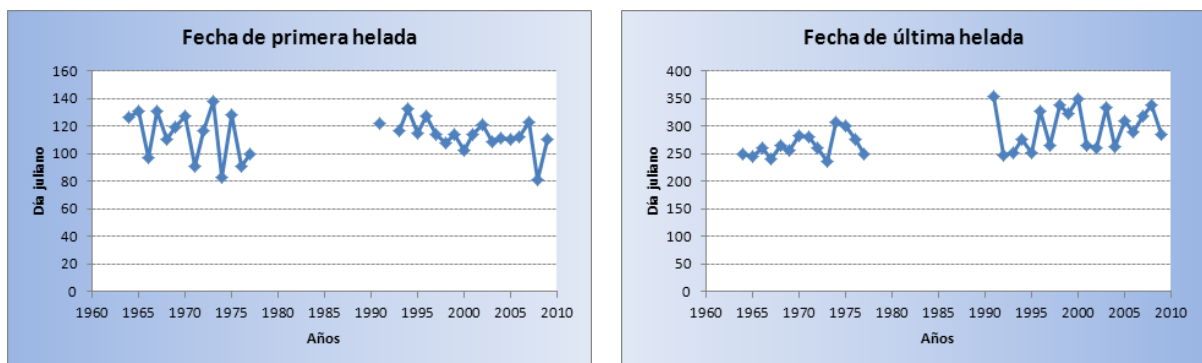
## Fecha media de la primera y última helada y su variabilidad

Tomando en cuenta tanto las heladas meteorológicas y agronómicas, en la **tabla 62** se muestra las fechas medias de la primera y última helada para 5 temperaturas críticas. Para la helada de cero grados la fecha media de la primera helada ocurre el 22 de abril y la fecha media de la última helada el 08 de octubre. La variabilidad está representada por la desviación estándar, la primera helada tiene una variabilidad de  $\pm 14$  días de la fecha media, lo cual significa que la primera helada puede ocurrir desde el 8 de abril. Por otro lado, la desviación estándar de la última helada es  $\pm 35$  días de la fecha media, lo que significa que la última helada se puede ocurrir hasta el 11 de noviembre.

**Tabla 62.** Fecha media de la primera y última helada y período libre de heladas

|                          |                     | Temperaturas (°C) |              |              |              |              |              |
|--------------------------|---------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                          |                     | 0                 | 2            | 4            | 6            | 8            | 10           |
| Primeras Heladas         | Fecha media         | 22 abril          | 13 febrero   | 11 enero     | 04 enero     | 02 enero     | 02 enero     |
|                          | Desviación estándar | 14                | 33           | 11           | 2            | 0            | 0            |
|                          | Máxima              | 16 mayo           | 02 abril     | 13 febrero   | 10 enero     | 03 enero     | 02 enero     |
|                          | Mínima              | 20 marzo          | 03 enero     | 02 enero     | 02           | enero        | 02           |
|                          | Intensidad media    | -0,5              | 1,4          | 3,1          | 4,8          | 6,3          | 6,3          |
|                          | Desviación estándar | 0,6               | 0,6          | 0,9          | 1,3          | 1,1          | 1,1          |
| Últimas Heladas          | Fecha Media         | 8 octubre         | 20 noviembre | 22 diciembre | 26 diciembre | 30 diciembre | 30 diciembre |
|                          | Desviación estándar | 35                | 31           | 7            | 5            | 5            | 5            |
|                          | Máxima              | 17 diciembre      | 31 diciembre | 31 diciembre | 31 diciembre | 31 diciembre | 31 diciembre |
|                          | Mínima              | 21 agosto         | 16 setiembre | 29 noviembre | 29 noviembre | 29 noviembre | 29 noviembre |
|                          | Intensidad media    | -0,7              | 1,4          | 3,3          | 4,7          | 5,9          | 6            |
|                          | Desviación estándar | 0,7               | 0,7          | 0,7          | 1,2          | 1,5          | 1,7          |
| Período Libre de Heladas | Fecha media         | 196               | 84           | 19           | 7            | 3            | 3            |
|                          | Desviación estándar | 39                | 49           | 13           | 6            | 5            | 5            |

En la **figura 56** se muestra la variación multianual de las fechas de la primera y última helada. Durante la última década la primera helada más adelantada se registró el 08 de mayo, mientras que la última helada más atrasada se registró el 23 de julio, lo cual favorecería al desarrollo de los cultivos.



**Figura 56.** Variación multianual de las fechas de la primera y última helada



## Intensidad de las heladas

La intensidad de las heladas se miden por el valor en °C que alcanza la helada ya sea anualmente o mensualmente, y éstas se clasifican por intervalos de clases térmicas (Da Motta, 1961). En la Tabla se observa que del total de heladas ocurridas desde 1964 al 2009, el 39,8% son suaves, 36,0% son moderadas, 18,2% son fuertes, 5,3 % son muy fuertes y el 0,7 y 0,1% son heladas severas y muy severas respectivamente.

**Tabla 63.** Intensidad de heladas

| Sicuani    |            |       |
|------------|------------|-------|
| Heladas    | Frecuencia | %     |
| Suaves     | 1 276      | 39,8  |
| Moderados  | 1 154      | 36,0  |
| Fuerte     | 583        | 18,2  |
| Muy fuerte | 171        | 5,3   |
| Severa     | 22         | 0,7   |
| Muy severa | 3          | 0,1   |
| Total      | 3 209      | 100,0 |

## Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada

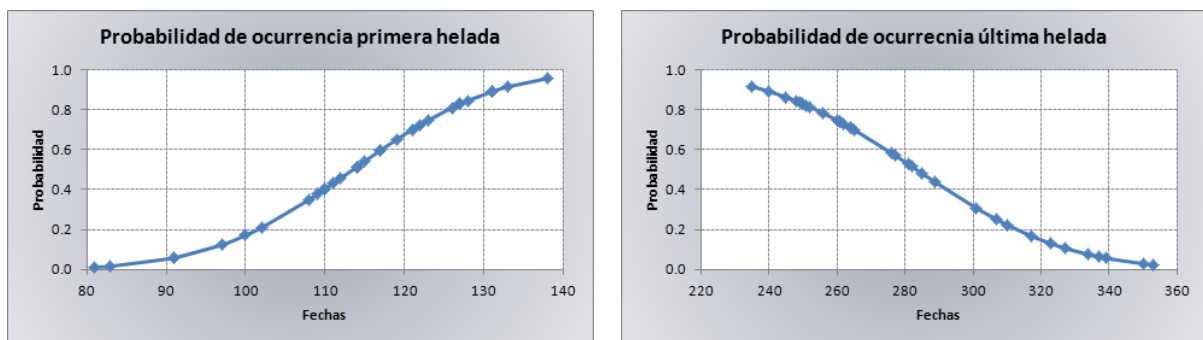
La utilización de los diferentes niveles de probabilidad de las heladas está en función de las implicancias económicas que trae consigo la pérdida de cosechas por la ocurrencia de heladas. Generalmente se utilizan las probabilidades altas cuando los beneficios económicos que significan son muy superiores a los que pueden considerarse como normales.

La **tabla 64** nos permitirá calcular la probable fecha de ocurrencia de heladas y por tanto el período libre de heladas a cualquier nivel de probabilidad requerida. Estos valores representan las fechas probables de siembra, fin y la duración del ciclo vegetativo de los cultivos.

Si deseamos saber la ocurrencia de la primera y última helada al 80%, ésta se presenta el 3 mayo y 9 de setiembre, respectivamente, es decir que en 8 de cada 10 años no se presentan heladas antes del 3 de mayo y tampoco después del 9 de setiembre, y el período libre de heladas al 80% de probabilidad sería de 238 días. Si definimos la probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada al 20%, éstas se presentan el 11 de abril y 7 noviembre respectivamente; es decir, 1 de cada 5 años no se presentara heladas antes del 11 de abril y tampoco después del 7 de noviembre, teniendo un período libre de heladas al 20% de 155 días.

| Primeras Heladas |          | Últimas Heladas |              | Periodo Libre de Heladas |
|------------------|----------|-----------------|--------------|--------------------------|
| Probabilidad     | Fecha    | Probabilidad    | Fecha        |                          |
| 90%              | 10 mayo  | 90%             | 24 agosto    | 259                      |
| 80%              | 3 mayo   | 80%             | 9 setiembre  | 238                      |
| 70%              | 29 abril | 70%             | 20 setiembre | 222                      |
| 60%              | 25 abril | 60%             | 29 setiembre | 209                      |
| 50%              | 22 abril | 50%             | 8 octubre    | 196                      |
| 40%              | 18 abril | 40%             | 17 octubre   | 184                      |
| 30%              | 15 abril | 30%             | 27 octubre   | 170                      |
| 20%              | 11 abril | 20%             | 7 noviembre  | 155                      |
| 10%              | 3 abril  | 10%             | 22 noviembre | 133                      |

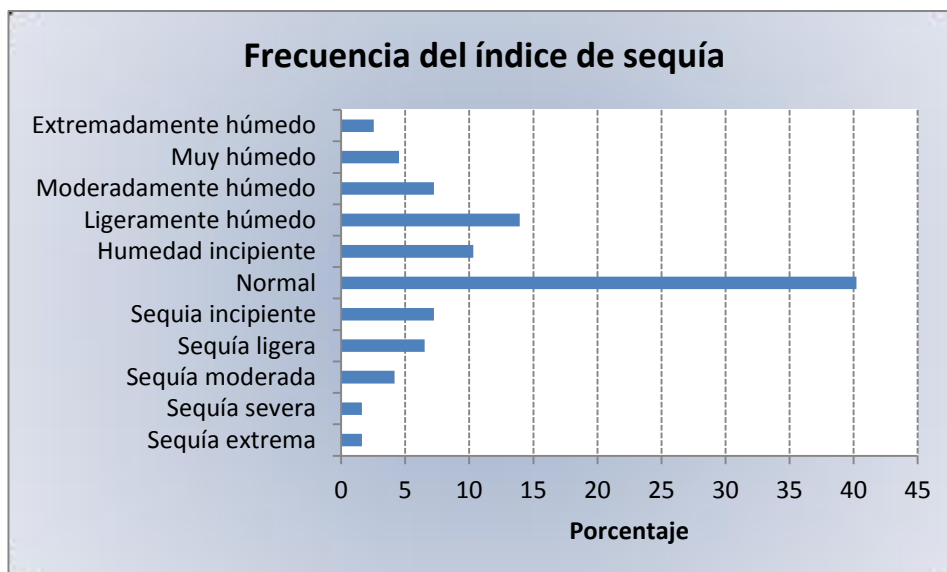
**Tabla 64.** Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y periodo libre de heladas



**Figura 57.** Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada

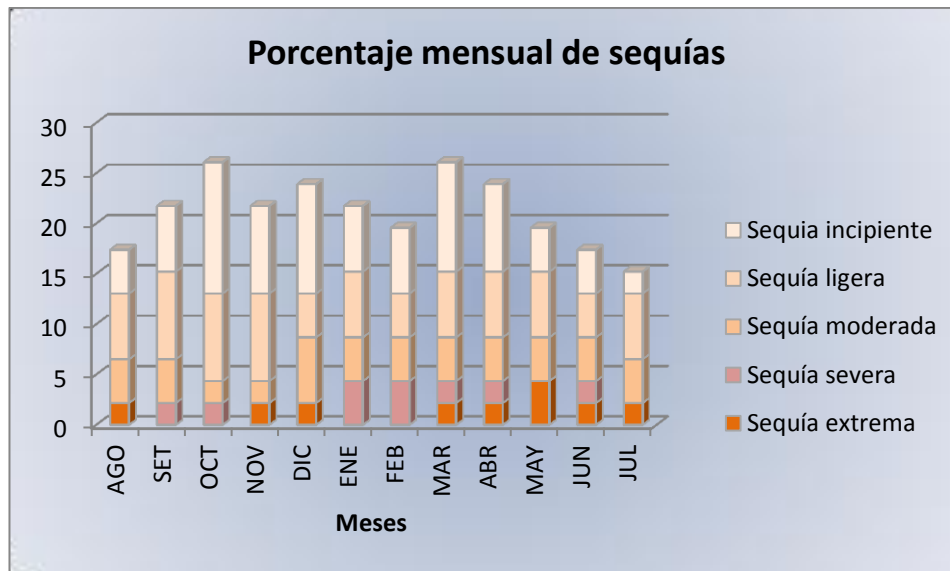
#### 6.2.2.5.2 Sequías

En la **figura 58** se muestra el análisis de la frecuencia de índices húmedos y secos y el porcentaje correspondiente a cada categoría. Se puede observar que los casos de periodos normales es 40,2% y los casos húmedos el 38,6% del total.



**Figura 58.** Frecuencia del Índice de sequía

Del período analizado (552 meses), en el 21,2% de los casos ocurrieron sequías con distinto grado de intensidad. Las mayores frecuencias se encuentran en las categorías de sequía incipiente y ligera con el 7,2% y 6,5% respectivamente totalizando 13,7%. En la **figura 59** se analiza en forma mensual los porcentajes de ocurrencia de sequías, siendo marzo y octubre los que presentan la mayor frecuencia (26,1%) y el mes julio el de menor número de casos (17,4%). Las sequías extremas se observan en noviembre, diciembre y de marzo a agosto. El mayor porcentaje de sequías incipientes se da en el mes de octubre (13,0%).

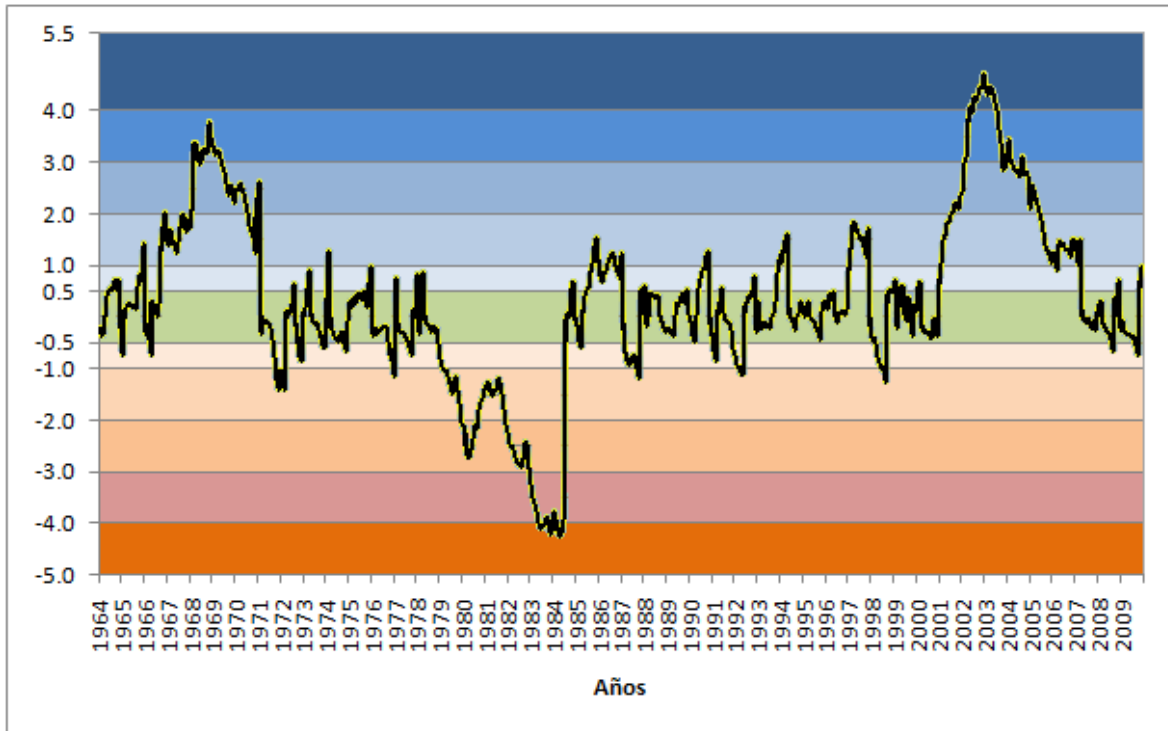


**Figura 59.** Porcentaje mensual de sequías

En la **figura 60** se presenta la distribución temporal de los índices de sequía desde 1964 hasta 2009. La sequía ocurrida entre el año 1979 y 1984, fue una de las sequías más prolongadas, con 74 meses de sequía ininterrumpida y la más extrema ocurre el año 1984.

Asimismo, se puede observar que los periodos normales son los que predominan siendo el período más extenso desde 1985 al 2000.

En cambio, en los periodos 1967 a 1970 y 2001 al 2005, los índices húmedos se incrementaron en intensidad, siendo los años 2002 y 2003 extremadamente húmedos.



|                   |              |                       |            |
|-------------------|--------------|-----------------------|------------|
| Sequía extrema    | $\leq -4$    | Humedad incipiente    | 0,5 a 0,99 |
| Sequía severa     | -3 a -3,99   | Ligeramente húmedo    | 1 a 1,99   |
| Sequía moderada   | -2 a -2,99   | Moderadamente húmedo  | 2 a 2,99   |
| Sequía ligera     | -1 a -1,99   | Muy húmedo            | 3 a 3,99   |
| Sequía incipiente | -0,5 a -0,99 | Extremadamente húmedo | $\geq 4$   |
| Normal            | 0,49 a -0,49 |                       |            |

**Figura 60.** Índice de Severidad de Sequía

### 6.2.3 Microcuenca de Huacrahuacho

La evaluación de las condiciones agroclimáticas de la microcuenca de río Huacrahuacho se realizó a través de la información climatológica de la estación de Yauri, cuyo récord de información es el siguiente:

| Estación | Provincia | Distrito | Longitud | Latitud  | Altitud (m) | Parámetro          | Período |      | Total |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|--------------------|---------|------|-------|
|          |           |          |          |          |             |                    | Inicio  | Fin  |       |
| Yauri    | Espinar   | Espinar  | 71° 25'1 | 14° 49'1 | 3927        | Humedad relativa   | 1992    | 2009 | 18    |
|          |           |          |          |          |             | Precipitación      | 1992    | 2009 | 18    |
|          |           |          |          |          |             | Temperatura máxima | 1992    | 2009 | 18    |
|          |           |          |          |          |             | Temperatura mínima | 1992    | 2009 | 18    |
|          |           |          |          |          |             | Velocidad viento   | 1993    | 2009 | 17    |
|          |           |          |          |          |             | Horas de sol       | 2000    | 2009 | 10    |

El análisis se hizo a nivel decadal (10 días) y para la campaña agrícola noviembre-mayo y los cultivos de cebada y pastos naturales.

## Clima

El clima del subhúmedo-seco (C1) con nulo o pequeño exceso de agua (d) mesotermal (B4')

### 6.2.3.1 Régimen de las variables climáticas

En la **tabla 65** se muestra las condiciones promedio para la campaña agrícola, así como los valores extremos promedio para la temperatura y precipitación.

La temperatura máxima media del periodo agrícola es de 17,1 °C, la máxima más alta se presenta en la primera década de noviembre con 19,3 °C y la más baja, en la segunda década de febrero con 16,0 °C.

La temperatura mínima media del periodo agrícola es de 1,3 °C, la mínima más alta se presenta en la primera década de febrero con 4,0 °C y la más baja, en la tercera década de mayo con -7,4 °C.

La temperatura media del periodo agrícola es de 9,2 °C, la media más alta se presenta en la primera década de febrero con 10,3 °C, y la más baja, en la tercera década de mayo con 4,5 °C.

La precipitación total del periodo agrícola es de 762,0 mm, la mayor precipitación se da en la segunda década de febrero con 73,4 mm y la más baja, en la tercera década de mayo con 0,3 mm.

La evapotranspiración referencial total del periodo agrícola es 678,7 mm, con valores altos en la primera década de noviembre (40,0 mm) y los más bajos en la segunda década de mayo (25,0 mm).

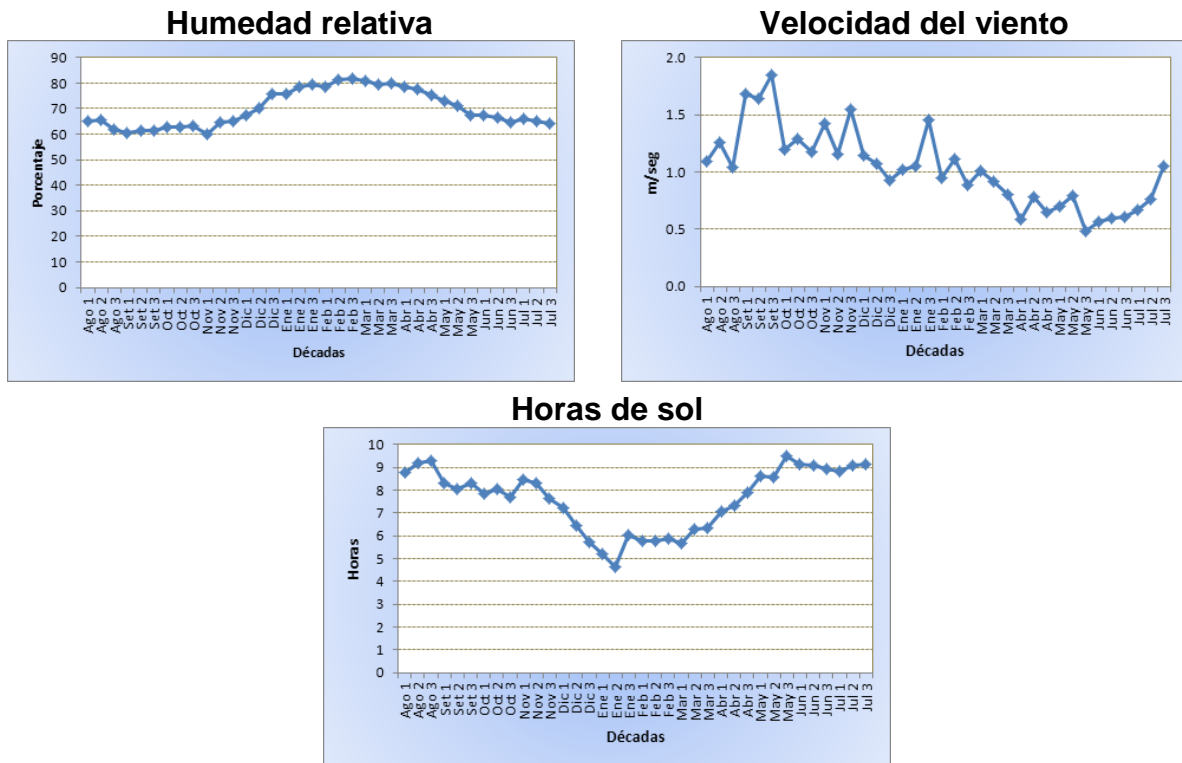
La humedad relativa promedio del periodo agrícola es 74,4%, la máxima promedio decadal se da en la tercera década de febrero 81,4% y mínima promedio decadal en la primera década de noviembre 60,0% (**figura 61**).

**Tabla 65.** Valores promedio y extremos decadales para la temperatura y precipitación

| Estación | Media | Máxima | Mínima | Década más cálida |                | Década más fría |           | Oscilación térmica |
|----------|-------|--------|--------|-------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|
| Yauri    | 9,2   | 17,1   | 1,3    | 19,3              | 1ra. noviembre | -7,4            | 3ra. mayo | 26,7               |

| Estación | Total | Década más lluviosa |              | Década más seca |           | % Período        |                 |
|----------|-------|---------------------|--------------|-----------------|-----------|------------------|-----------------|
|          |       | Precipitación       | Década       | Precipitación   | Década    | noviembre a mayo | junio a octubre |
| Yauri    | 762   | 73,4                | 2da. febrero | 0,3             | 3ra. mayo | 91,0             | 9,0             |



**Figura 61.** Comportamiento temporal de la humedad relativa, velocidad del viento y horas de sol

La velocidad del viento promedio del periodo agrícola es 1,0 m/seg, y los valores mayores se dan en la tercera década de noviembre 1,6 m/s y los valores más bajos, en la tercera década de mayo 0,5 m/seg.

Las horas de sol promedio del periodo agrícola es de 6,9 horas, y los valores mayores se dan en la tercera década de noviembre 9,5 horas y los valores más bajos se dan en la segunda década de enero 4,7 horas.

### 6.2.3.2 Distribución espacial de la temperatura y la precipitación

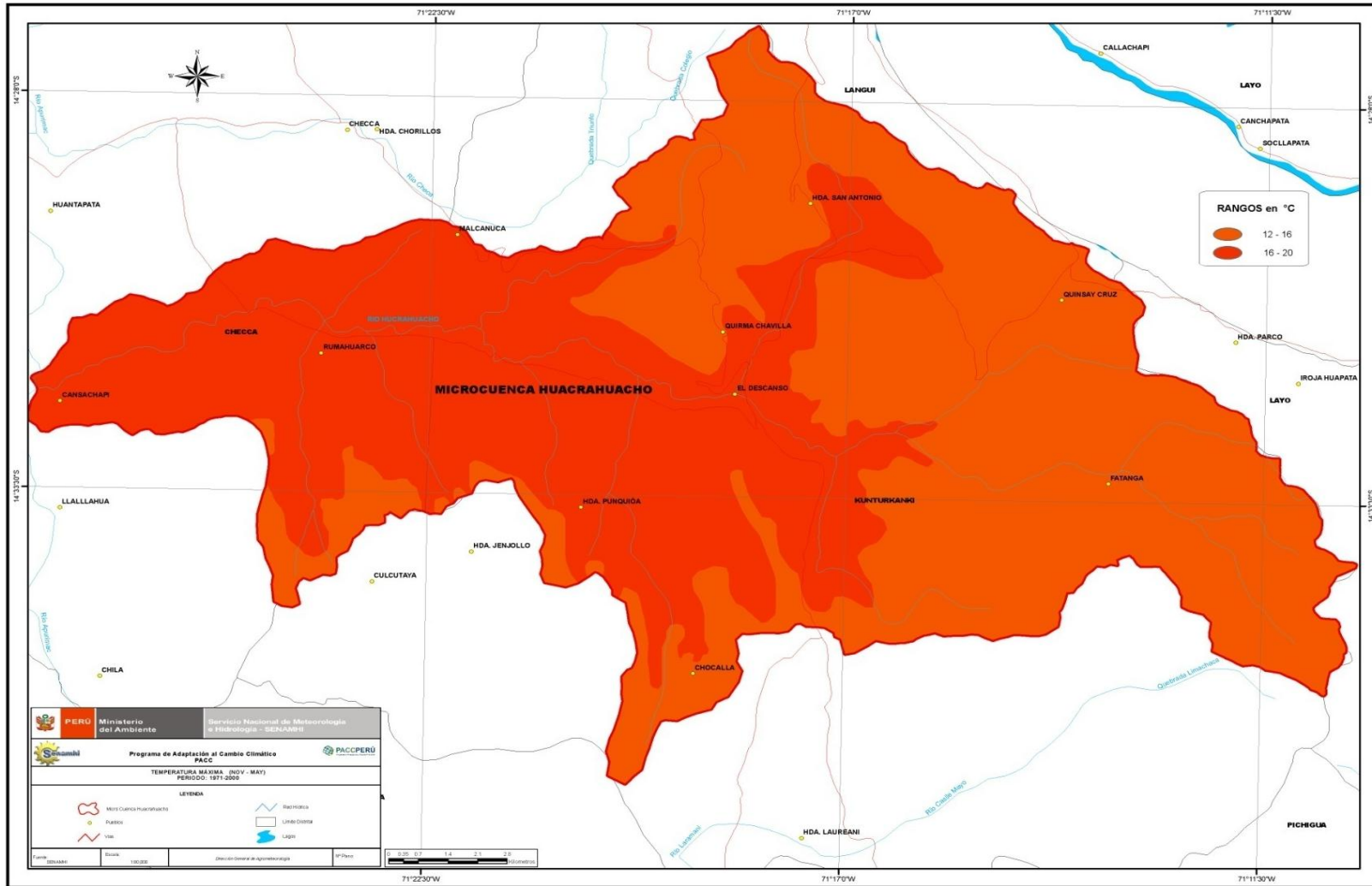
Se analiza la distribución de la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación promedio para el período agrícola noviembre a mayo.

La temperatura máxima, en las partes bajas y la zona intermedia, donde se incrementa gradualmente las pendientes varía entre 16 y 20 °C. En las partes más altas se registran valores de temperatura máxima entre 12 a 16 °C (**mapa 19**).

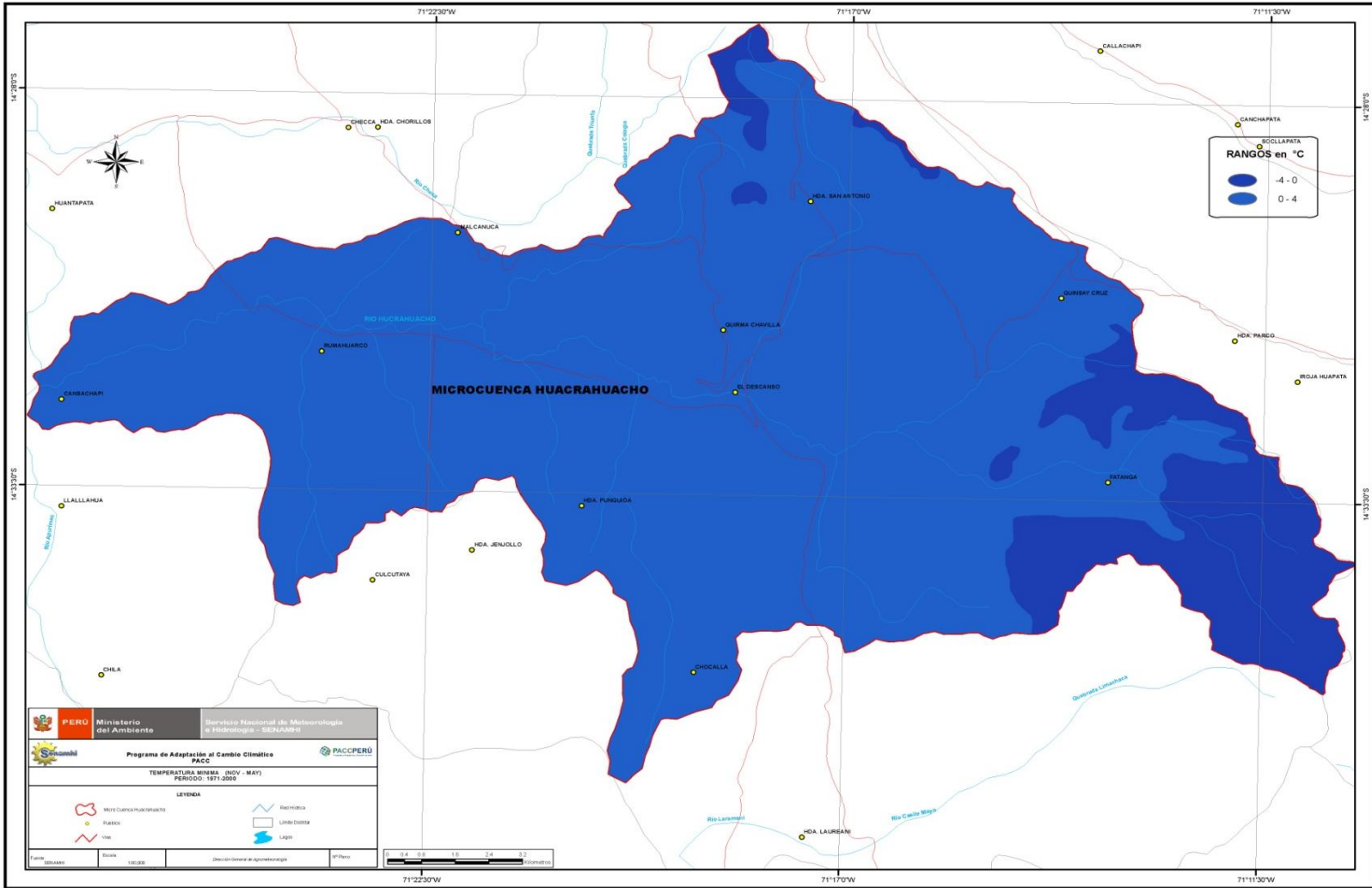
La temperatura mínima, en la mayor parte de la microcuenca, varía entre 0 y 4°C y a medida que se va ascendiendo las temperaturas mínimas disminuyen alcanzando valores que fluctúan entre 0 y -4 °C (**mapa 20**).

La precipitación (**mapa 21**), presenta tres zonas, la primera hacia el oeste con valores que varían entre 700 y 1000 mm, la segunda abarca la parte central con valores que van desde 600 hasta los 700 mm y en la tercera, hacia el este, con valores entre 400 a 600 mm.

Mapa 19. Distribución espacial de la temperatura máxima en la microcuenca de Huacrahuacho

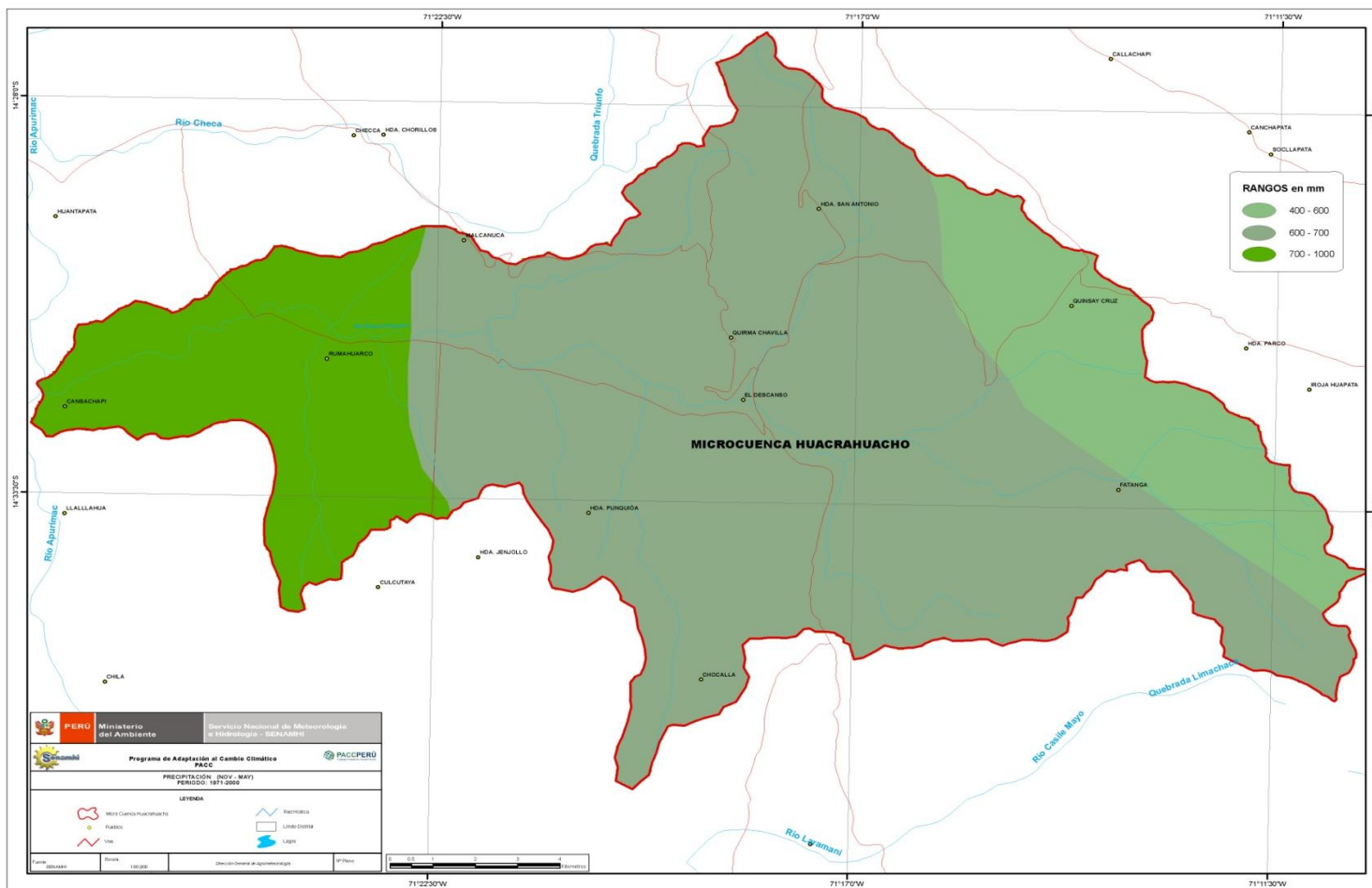


Mapa 20. Distribución espacial de la temperatura mínima en la microcuenca de Huacrahuacho



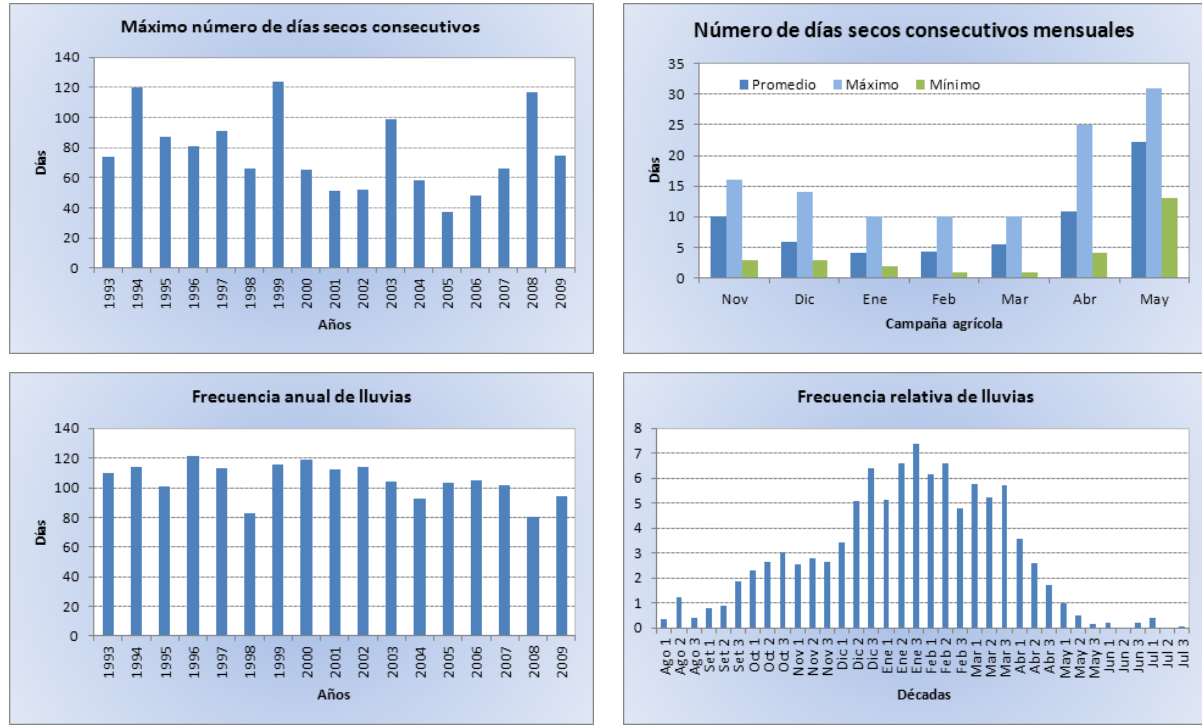


Mapa 21. Distribución espacial de la precipitación en la microcuenca de Huacrahuacho



### 6.2.3.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias

En la **figura 62** se muestran la duración de las rachas de días secos (con precipitación menor a 1mm) y la frecuencia de lluvias.



**Figura 62.** Periodos secos y frecuencia de lluvias

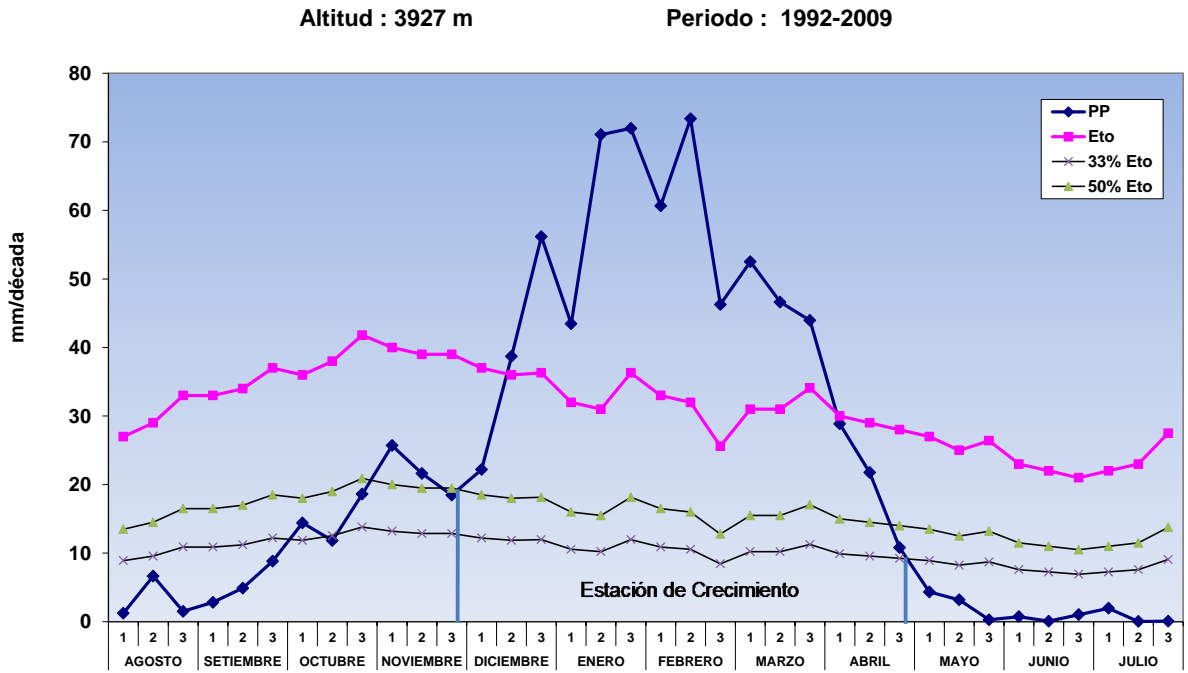
### 6.2.3.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados

Se evalúa agronómicamente los cultivos de cebada y pastos naturales en la zona, a partir del análisis del período de crecimiento efectivo y de sus requerimientos climáticos.

#### 6.2.3.4.1 Período de crecimiento efectivo

El criterio que se utilizó para definir el período de crecimiento efectivo fue temperatura y humedad (precipitación)

La **figura 63** y **tabla 66** muestran que dentro del período agrícola la temperatura es un factor limitante, dado que las fechas medias de la primera y última helada se registran entre el 15 febrero y 17 diciembre. Mientras que la precipitación no se constituye como un factor limitante para el crecimiento y desarrollo de los cultivos sobre todo en las primeras fases. De tal forma que, climáticamente, el período de crecimiento efectivo es de 54 días, siendo el inicio de este periodo el 17 de diciembre y la culminación el 15 de febrero.



**Figura 63.** Periodo de crecimiento por humedad

**Tabla 66.** Periodo de crecimiento efectivo

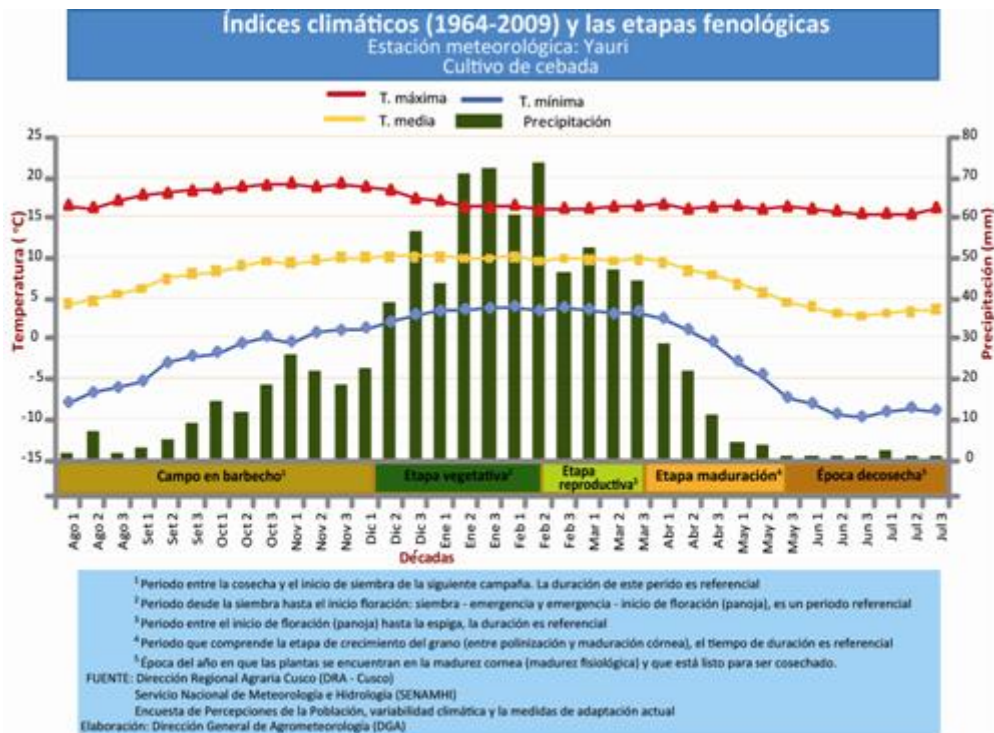
| Estación | Por Humedad           |                   |      | Por temperatura |                  |          | Por humedad y temperatura |            |    |
|----------|-----------------------|-------------------|------|-----------------|------------------|----------|---------------------------|------------|----|
|          | Inicio                | Fin               | Días | Últimas heladas | Primeras heladas | Duración | Período                   | Días       |    |
| Yauri    | 3ra. década noviembre | 3ra. década abril | 162  | 17 diciembre    | 15 febrero       | 54       | 17 diciembre              | 15 febrero | 54 |

### 6.2.3.4.2 Cultivo de cebada

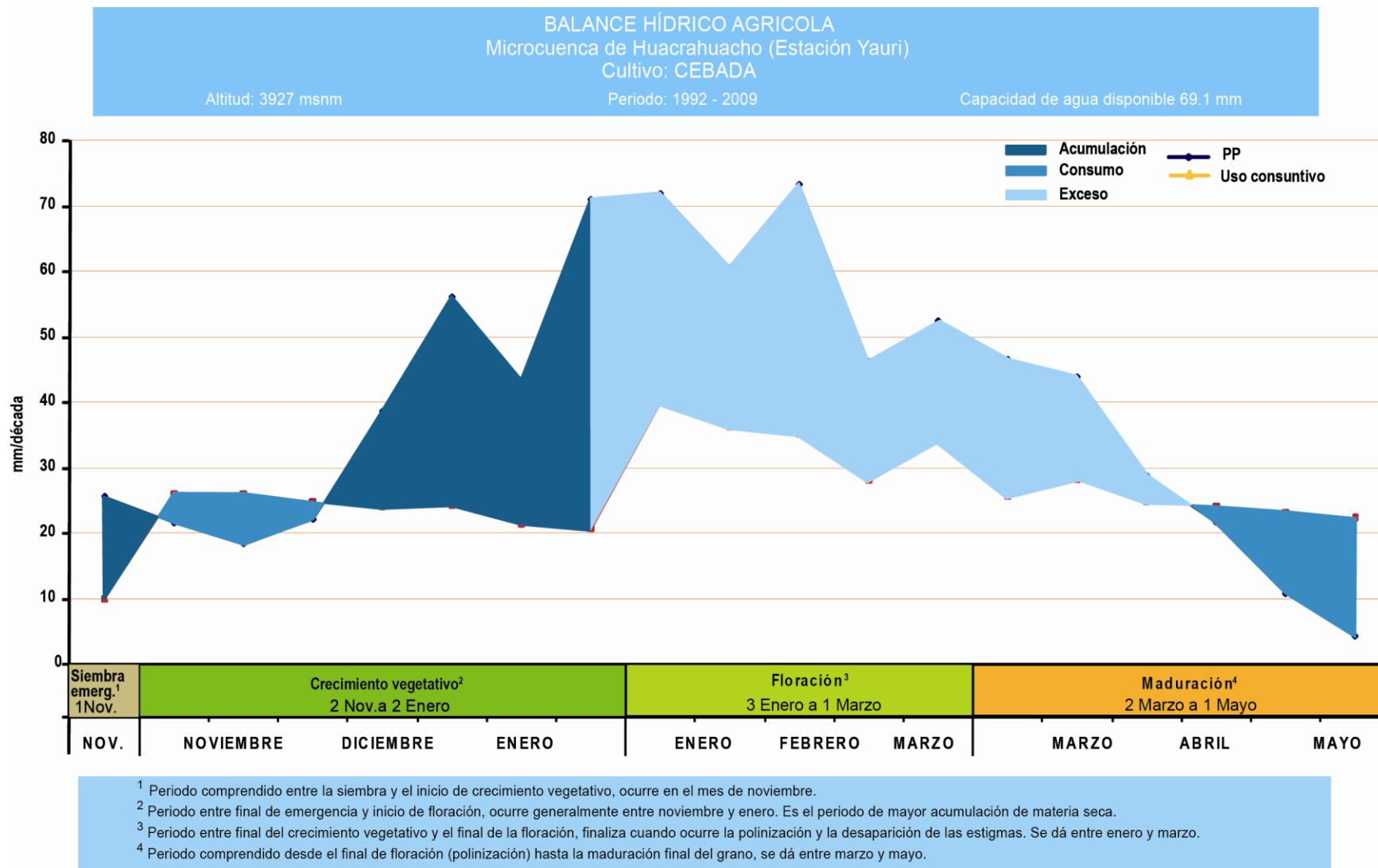
#### Régimen de Temperatura y Precipitación

Las temperaturas, máxima, mínima y media de la zona se encuentran por debajo de las temperaturas óptimas para el cultivo de cebada; siendo la temperatura mínima la más crítica para el crecimiento y desarrollo de este cultivo (**figura 64**).

El total de precipitación registrado en toda la campaña agrícola se encuentra dentro del rango óptimo; sin embargo su distribución no favorece la fase de desarrollo del cultivo. La campaña agrícola de este cultivo se inicia con humedad adecuada para el cultivo, pero a partir de mediados de enero las lluvias superan las necesidades hídricas de este cultivo produciéndose exceso hasta el mes de abril, donde las precipitaciones disminuyen y la campaña culmina con agua almacenada en el suelo (**figura 65**).



**Figura 64.** Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de cebada

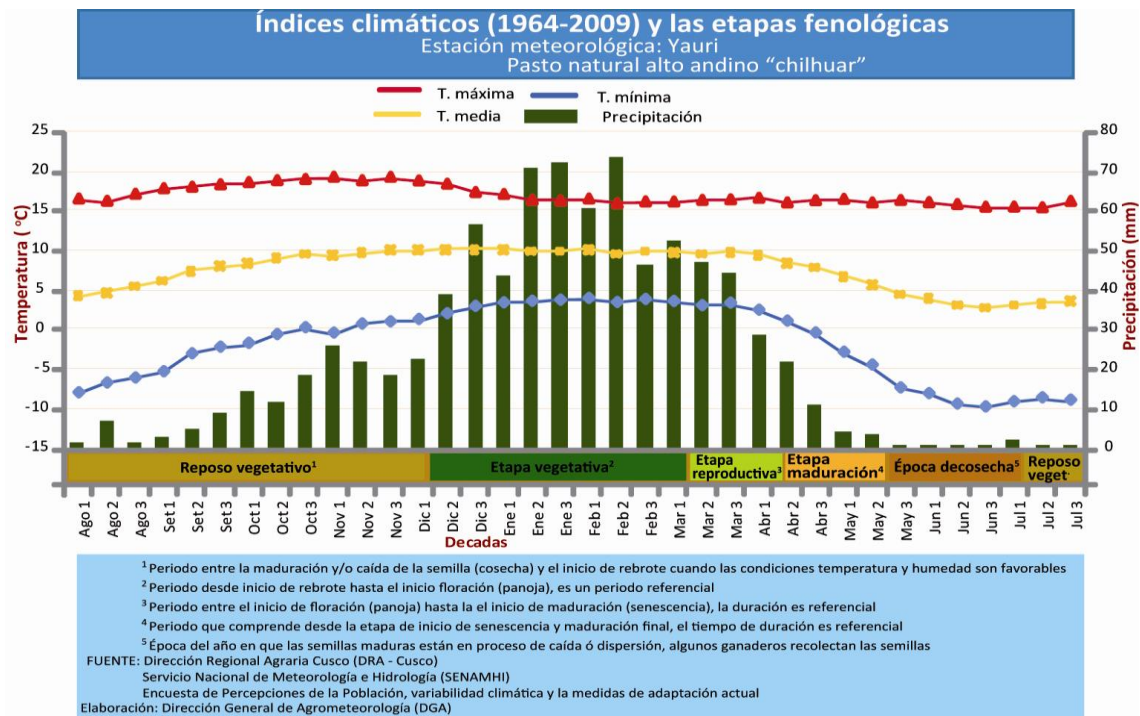


**Figura 65.** Balance hídrico agrícola para el cultivo de cebada

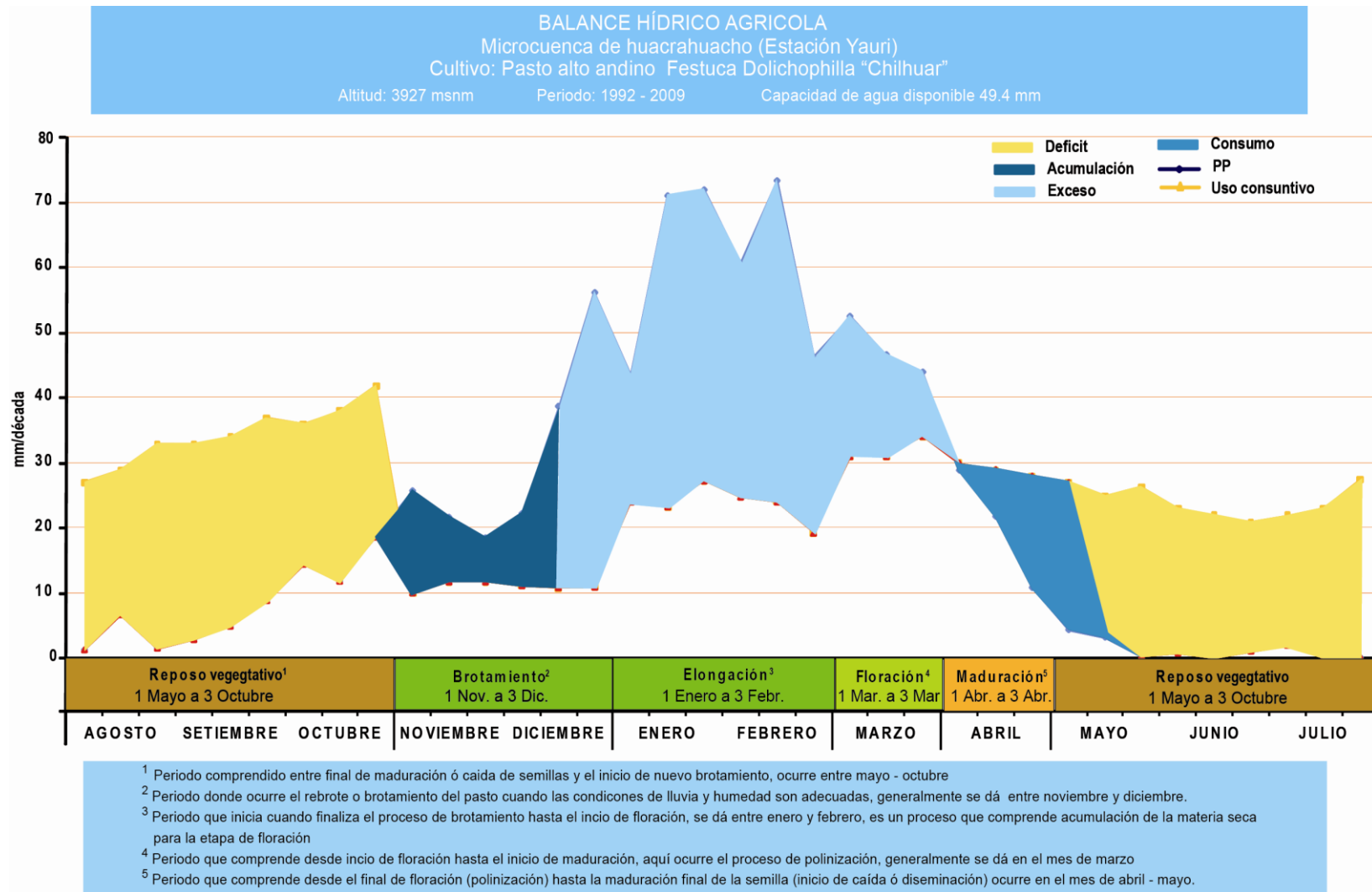
### 6.2.3.4.3 Pastos naturales

En promedio durante el período agrícola, las temperaturas máxima, mínima y media y se encuentran dentro de los rangos óptimos (**figura 66**).

La precipitación total para la campaña agrícola se presenta dentro del rango óptimo durante gran parte de la campaña, aunque con un ligero exceso en la primera década de marzo, en la etapa de floración con un ligero déficit al final del periodo de maduración (**figura 67**).



**Figura 66.** Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del pasto natural alto andino



**Figura 67.** Balance hídrico agrícola para pastos naturales

### 6.2.3.5 Eventos extremos

En la microcuenca de Huacrahuacho se registran eventos climáticos extremos regularmente, entre ellos las heladas y las sequías.

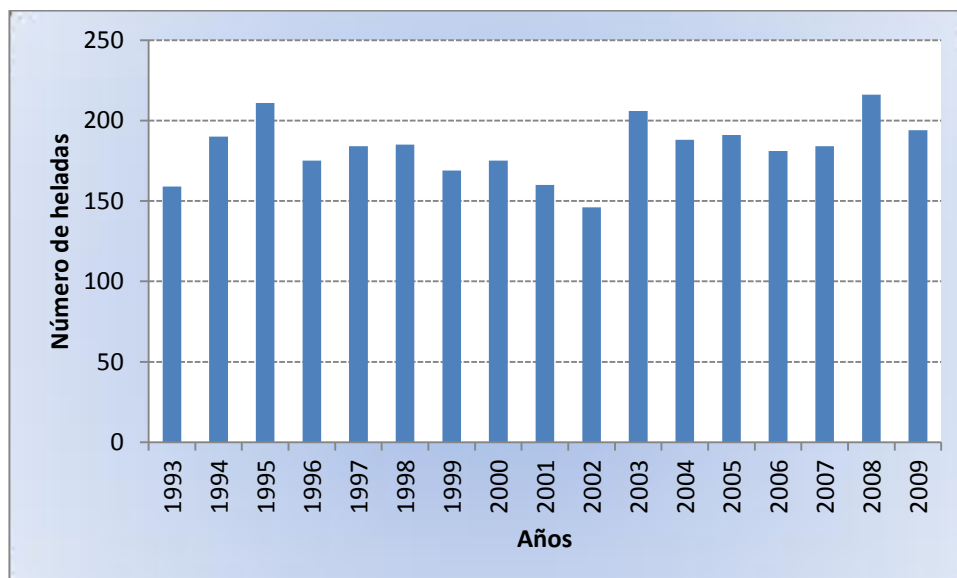
#### 6.2.3.5.1 Heladas

##### Frecuencia multianual de heladas

En la tabla **67** y **figura 68** se presenta un análisis multianual de las heladas meteorológicas registradas durante el periodo 1993-2009. La frecuencia de heladas multianual varía entre 146 y 216, siendo los años 1995, 2003 y 2008 los que registran mayor frecuencia de heladas. La frecuencia media anual es de 183 heladas.

**Tabla 67.** Frecuencia multianual de heladas meteorológicas

| Años            | Total de Heladas | Años | Total de Heladas |
|-----------------|------------------|------|------------------|
| 1993            | 159              | 2002 | 146              |
| 1994            | 190              | 2003 | 206              |
| 1995            | 211              | 2004 | 188              |
| 1996            | 175              | 2005 | 191              |
| 1997            | 184              | 2006 | 181              |
| 1998            | 185              | 2007 | 184              |
| 1999            | 169              | 2008 | 216              |
| 2000            | 175              | 2009 | 194              |
| 2001            | 160              |      |                  |
| <b>Promedio</b> |                  |      | <b>183</b>       |



**Figura 68.** Frecuencia multianual de heladas meteorológicas

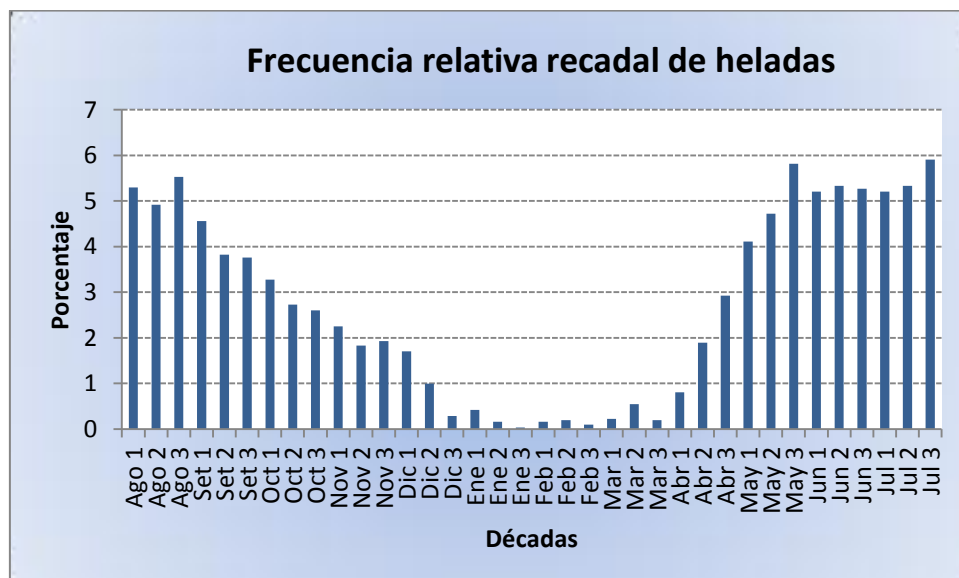


## Frecuencia relativa de heladas

En la **tabla 68** y **figura 69** se observa que durante todo el año se presentan heladas, salvo la tercera década de enero. La mayor frecuencia de heladas se registra entre la primera década de abril y la primera década de agosto, siendo la tercera década de mayo (5,8%) y la tercera década de julio (5,9%) donde hay mayor frecuencia de heladas.

**Tabla 68.** Frecuencia relativa de heladas

| Año |   | Total | %            | Media       | Máximo     | Mínimo | Año |   | Total | %   | Media | Máximo | Mínimo |
|-----|---|-------|--------------|-------------|------------|--------|-----|---|-------|-----|-------|--------|--------|
|     | 1 | 13    | 0.4          | 0.8         | 6          | 0      |     | 1 | 162   | 5.2 | 9.5   | 10     | 7      |
| ENE | 2 | 5     | 0.2          | 0.3         | 3          | 0      | JUL | 2 | 166   | 5.3 | 9.8   | 10     | 8      |
|     | 3 | 1     | 0.0          | 0.1         | 1          | 0      |     | 3 | 184   | 5.9 | 10.8  | 11     | 10     |
|     | 1 | 5     | 0.2          | 0.3         | 3          | 0      |     | 1 | 165   | 5.3 | 9.7   | 10     | 7      |
| FEB | 2 | 6     | 0.2          | 0.4         | 2          | 0      | AGO | 2 | 153   | 4.9 | 9.0   | 10     | 5      |
|     | 3 | 3     | 0.1          | 0.2         | 2          | 0      |     | 3 | 172   | 5.5 | 10.1  | 11     | 7      |
|     | 1 | 7     | 0.2          | 0.4         | 3          | 0      |     | 1 | 142   | 4.6 | 8.4   | 10     | 4      |
| MAR | 2 | 17    | 0.5          | 1.0         | 5          | 0      | SET | 2 | 119   | 3.8 | 7.0   | 10     | 2      |
|     | 3 | 6     | 0.2          | 0.4         | 4          | 0      |     | 3 | 117   | 3.8 | 6.9   | 9      | 3      |
|     | 1 | 25    | 0.8          | 1.5         | 7          | 0      |     | 1 | 102   | 3.3 | 6.0   | 10     | 1      |
| ABR | 2 | 59    | 1.9          | 3.5         | 8          | 0      | OCT | 2 | 85    | 2.7 | 5.0   | 10     | 0      |
|     | 3 | 91    | 2.9          | 5.4         | 9          | 0      |     | 3 | 81    | 2.6 | 4.8   | 9      | 1      |
|     | 1 | 128   | 4.1          | 7.5         | 10         | 3      |     | 1 | 70    | 2.2 | 4.1   | 9      | 0      |
| MAY | 2 | 147   | 4.7          | 8.6         | 10         | 3      | NOV | 2 | 57    | 1.8 | 3.4   | 8      | 0      |
|     | 3 | 181   | 5.8          | 10.6        | 11         | 9      |     | 3 | 60    | 1.9 | 3.5   | 8      | 0      |
|     | 1 | 162   | 5.2          | 9.5         | 10         | 5      |     | 1 | 53    | 1.7 | 3.1   | 8      | 0      |
| JUN | 2 | 166   | 5.3          | 9.8         | 10         | 9      | DIC | 2 | 31    | 1.0 | 1.8   | 10     | 0      |
|     | 3 | 164   | 5.3          | 9.6         | 10         | 9      |     | 3 | 9     | 0.3 | 0.5   | 3      | 0      |
|     |   |       | <b>Total</b> | <b>3114</b> | <b>100</b> |        |     |   |       |     |       |        |        |



**Figura 69.** Frecuencia Relativa decadal de heladas

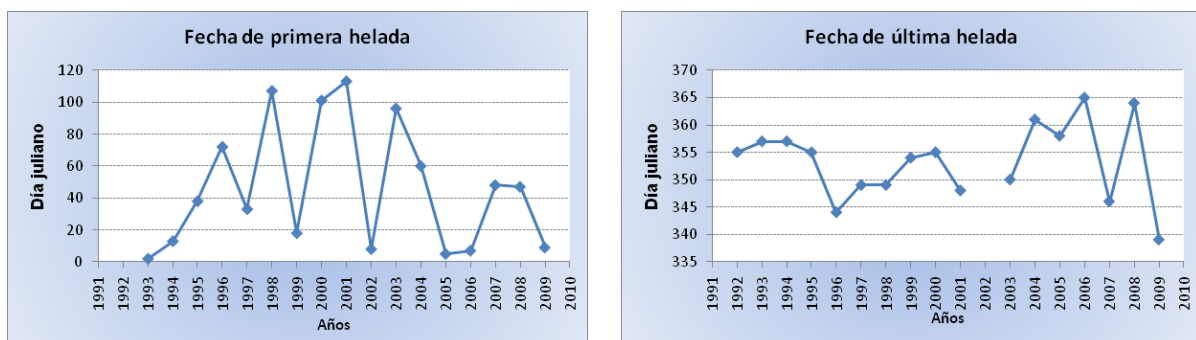
## Fecha media de la primera y última helada y su variabilidad

En la **tabla 69** se muestra las fechas medias de la primera y última helada para 5 temperaturas críticas. Para la helada de cero grados la fecha media de la primera helada ocurre el 14 febrero y la fecha media de la última helada el 17 diciembre. La variabilidad está representada por la desviación estándar; la primera helada tiene una variabilidad de  $\pm 39$  días de la fecha media, lo cual significa que la primera helada puede ocurrir desde el 7 de enero. Por otro lado, la desviación estándar de la última helada es  $\pm 7$  días de la fecha media, lo que significa que la última helada se puede dar hasta el 23 de diciembre.

**Tabla 69.** Fecha media de la primera y última helada y período libre de heladas

|                          |                  | Temperaturas (°C) |              |              |              |              |              |
|--------------------------|------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                          |                  | 0                 | 2            | 4            | 6            | 8            | 10           |
| Primeras Heladas         | Fecha media      | 14 febrero        | 12 enero     | 4 enero      | 2 enero      | 2 enero      | 2 enero      |
|                          | Desv. estándar   | 39                | 8            | 3            | 0            | 0            | 0            |
|                          | Máxima           | 21 abril          | 31 enero     | 11 enero     | 3 enero      | 3 enero      | 3 enero      |
|                          | Mínima           | 2 enero           | 2 enero      | 2 enero      | 2 enero      | 2 enero      | 2 enero      |
|                          | Intensidad media | -0,7              | 0,9          | 2,5          | 3,8          | 3,8          | 3,8          |
|                          | Desv. estándar   | 0,6               | 1,0          | 2,6          | 1,7          | 1,7          | 1,7          |
| Últimas Heladas          | Fecha media      | 17 diciembre      | 25 diciembre | 28 diciembre | 31 diciembre | 31 diciembre | 31 diciembre |
|                          | Desv. estándar   | 7                 | 5            | 1            | 0            | 0            | 0            |
|                          | Máxima           | 31 diciembre      | 31 diciembre | 31 diciembre | 31 diciembre | 31 diciembre | 31 diciembre |
|                          | Mínima           | 3 diciembre       | 14 diciembre | 24 diciembre | 31 diciembre | 31 diciembre | 31 diciembre |
|                          | Intensidad media | -1,2              | 1,2          | 1,9          | 2,9          | 2,9          | 2,9          |
|                          | Desv. estándar   | 1,8               | 0,7          | 1,1          | 2,0          | 2,0          | 2,0          |
| Periodo Libre de Heladas | Fecha media      | 54                | 15           | 5            | 2            | 2            | 2            |
|                          | Desv. estándar   | 40                | 9            | 2            | 0            | 0            | 0            |

En la **figura 70** se muestra la variación multianual de las fechas de la primera y última helada. Se puede observar que la variación en la ocurrencia de las primeras heladas es muy fluctuante, hay años como 1993, 1999, 2002, 2005, 2006 y 2009 donde las primeras heladas se presentaron en los primeros días del año. Mientras que las últimas heladas más tardías, se registraron en los años 1995 y 2009



**Figura 70.** Variación multianual de las fechas de la primera y última helada

## Intensidad de las heladas

La intensidad de las heladas se dan por el valor en °C que alcanza la helada ya sea anualmente o mensualmente, y éstas se clasifican por intervalos de clases térmicas (Da Motta, 1961). En la **tabla 70** se observa que del total de heladas ocurridas desde 1992 al 2009, predominan las heladas muy severas 20,1%, suaves 17,9%; moderadas 15,8%; fuertes 14,2%; muy fuertes 16,0% y el 16,1% son heladas severas.

**Tabla 70.** Intensidad de heladas

| Yauri      |            |       |
|------------|------------|-------|
| Heladas    | Frecuencia | %     |
| Suaves     | 556        | 17,9  |
| Moderados  | 492        | 15,8  |
| Fuerte     | 442        | 14,2  |
| Muy fuerte | 497        | 16,0  |
| Severa     | 502        | 16,1  |
| Muy severa | 625        | 20,1  |
| Total      | 3114       | 100,0 |

## Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada

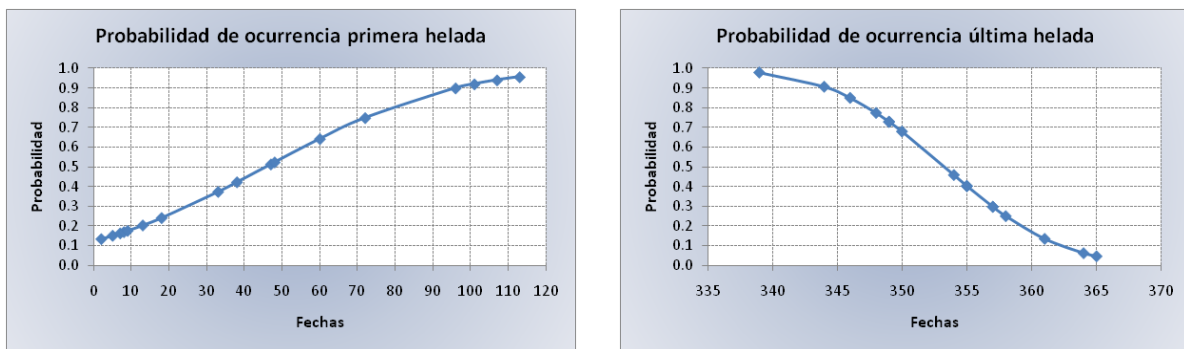
La utilización de los diferentes niveles de probabilidad de las heladas está en función de las implicancias económicas que trae consigo la pérdida de cosechas por la ocurrencia de heladas. Generalmente se utilizan las probabilidades altas cuando los beneficios económicos que significan son muy superiores a los que pueden considerarse como normales.

La **tabla 71** nos permitirá calcular la probable fecha de ocurrencia de heladas y por tanto el período libre de heladas a cualquier nivel de probabilidad requerida. Estos valores representan las fechas probables de siembra, fin y la duración del ciclo vegetativo de los cultivos.

Si deseamos saber la ocurrencia de la primera y última helada al 80%, éstas se presentarán el 4 abril y 11 de diciembre respectivamente, es decir que en 8 de cada 10 años no se presentan heladas antes del 4 abril y tampoco después del 11 de diciembre, y el período libre de heladas al 80% de probabilidad es de 97 días. Si definimos la probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada al 20%, éstas se presentan el 13 de enero y 23 diciembre, respectivamente; es decir 1 de cada 5 años no se presenta heladas antes del 13 de enero y tampoco después del 23 de diciembre, teniendo un período libre de heladas al 20% de 19 días.

**Tabla 71.** Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y periodo libre de heladas

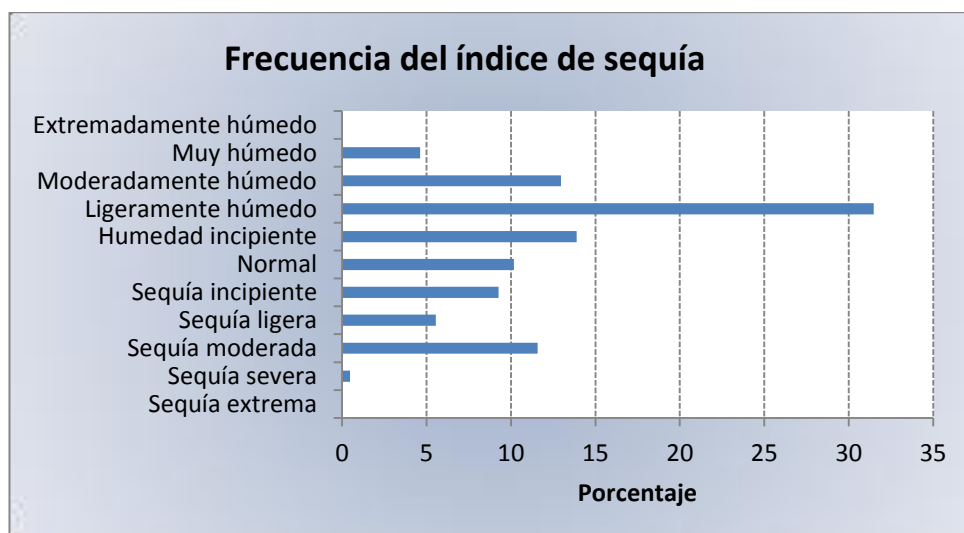
| Primeras heladas |            | Últimas heladas |              | Periodo libre de heladas |
|------------------|------------|-----------------|--------------|--------------------------|
| Probabilidad     | Fecha      | Probabilidad    | Fecha        |                          |
| 90%              | 4 abril    | 90%             | 8 diciembre  | 118                      |
| 80%              | 18 marzo   | 80%             | 11 diciembre | 97                       |
| 70%              | 5 marzo    | 70%             | 14 diciembre | 83                       |
| 60%              | 24 febrero | 60%             | 16 diciembre | 70                       |
| 50%              | 14 febrero | 50%             | 17 diciembre | 58                       |
| 40%              | 4 febrero  | 40%             | 19 diciembre | 47                       |
| 30%              | 25 enero   | 30%             | 21 diciembre | 34                       |
| 20%              | 13 enero   | 20%             | 23 diciembre | 19                       |
| 10%              |            | 10%             | 26 diciembre |                          |



**Figura 71.** Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada

### 6.2.3.5.2 Sequías

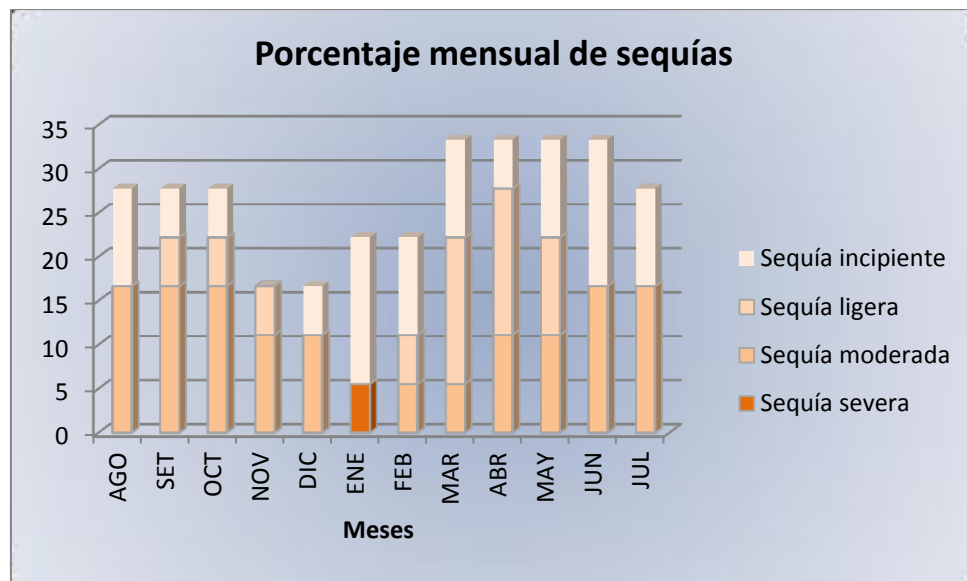
En la **figura 72** se muestra el análisis de la frecuencia de índices húmedos y secos y el porcentaje correspondiente a cada categoría. Se puede observar que los casos húmedos representan 63,0% del total, de los cuales el 31,5% son ligeramente húmedos.



**Figura 72.** Frecuencia del Índice de sequía

Del período analizado (216 meses), en el 56,9% de los casos ocurrieron sequías con distinto grado de intensidad.

Las mayores frecuencias se encuentran en las categorías de sequía incipiente y moderada con el 9,3% y 11,6% respectivamente totalizando el 20,9%. En la **figura 73** se analiza en forma mensual los porcentajes de ocurrencia de sequías, siendo los meses de marzo, abril, mayo y junio los que presentan la mayor frecuencia (33,3%) y los meses de noviembre y diciembre los de menor número de casos (16,7%). No se producen sequías extremas, aunque solo en el mes de enero se observan sequías severas.

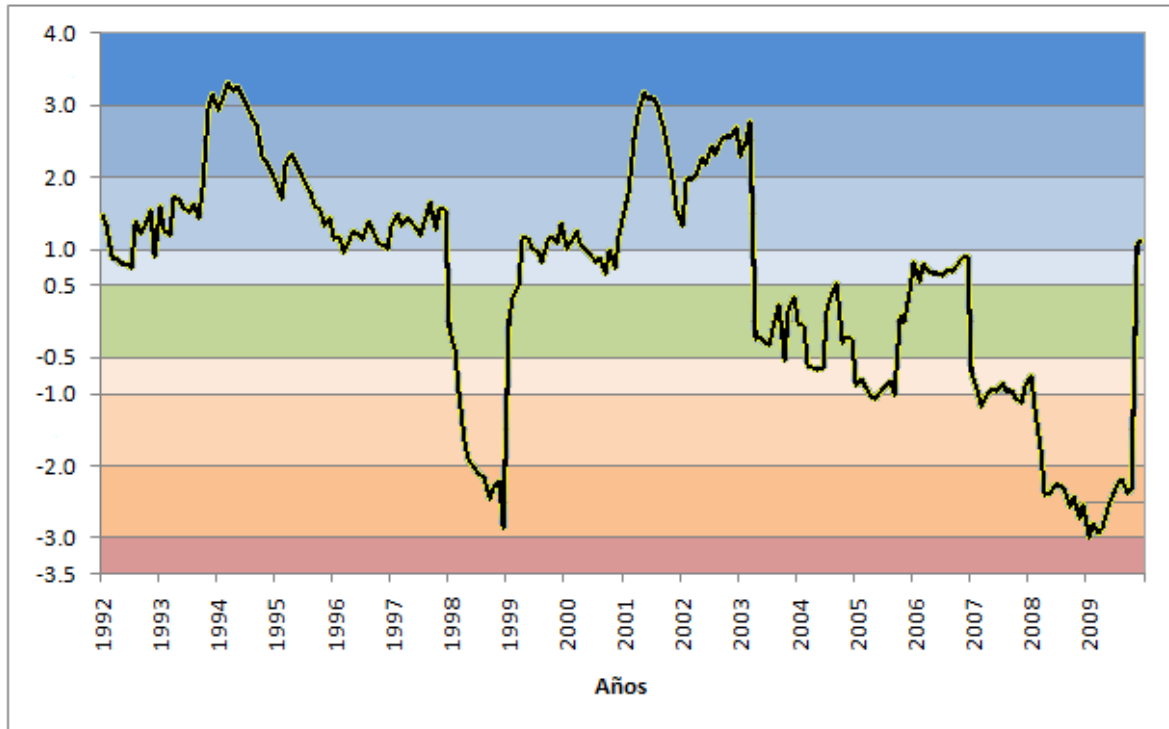


**Figura 73.** Porcentaje mensual de sequías

En la **figura 74** se presenta la distribución temporal de los índices de sequía desde 1992 hasta 2009. Se observa dos periodos con sequias moderadas: el primero durante el año 2008 y el segundo durante los años 2007, 2008 y parte del año 2009, siendo este periodo el más extenso con 34 meses de sequía.

También se registraron sequías de diferente grado de magnitud; por ejemplo entre los años 2003 y 2008 se presentaron sequías de intensidad ligera y moderada.

En cambio, en los años 1994, 2001 y 2003 los índices húmedos incrementaron en intensidad, presentando años entre moderadamente húmedos y muy húmedos.



|                   |              |                       |            |
|-------------------|--------------|-----------------------|------------|
| Sequía extrema    | $\leq -4$    | Humedad incipiente    | 0,5 a 0,99 |
| Sequía severa     | -3 a -3,99   | Ligeramente húmedo    | 1 a 1,99   |
| Sequía moderada   | -2 a -2,99   | Moderadamente húmedo  | 2 a 2,99   |
| Sequía ligera     | -1 a -1,99   | Muy húmedo            | 3 a 3,99   |
| Sequia incipiente | -0,5 a -0,99 | Extremadamente húmedo | $\geq 4$   |
| Normal            | 0,49 a -0,49 |                       |            |

Figura 74. Índice de Severidad de Sequía

## VII. ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN, VARIABILIDAD CLIMÁTICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN ACTUALES

### 7.1 Percepción de la ocurrencia de los eventos climáticos

La variabilidad climática y la ocurrencia de eventos extremos son percibidas por la población local; tal es así que en promedio (**tabla 72**), para todas las microcuencas en estudio, los eventos climáticos que más frecuentemente se registran son las heladas y las granizadas (26 al 32% de los entrevistados). Adicionalmente, en las partes más bajas (San Salvador) un 24% de los entrevistados manifiesta la presencia de lluvias intensas como evento extremo y en las partes más altas entre un 20 a 2,53% manifiesta que las sequías y veranillos también son eventos extremos importantes en su región.

**Tabla 72.** Frecuencia de ocurrencia de eventos climáticos en las zonas de estudio (%)

| Zona priorizada | Granizada | Lluvia intensa | Vientos fuertes | Heladas | Sequías veranillos | Incremento de temperatura | Nevada |
|-----------------|-----------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------------------------|--------|
| San Salvador    | 31,1      | 24,6           | 11,5            | 26,2    | 1,6                | 4,9                       | --     |
| Marangani       | 32,8      | 8,6            | --              | 32,8    | 20,7               | --                        | 5,2    |
| Huacrahuacho    | 27,9      | 8,8            | 2,9             | 27,9    | 23,5               | 8,8                       | --     |

Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

### 7.1.1 Impacto de los eventos climáticos extremos en los cultivos

Las variaciones en las condiciones climáticas y la topografía de la zona no favorecen los sistemas productivos agropecuarios. De acuerdo a la percepción de la población en todas las zonas de estudio, los eventos climáticos que mayor impacto causan a los cultivos son las granizadas y las heladas (45% de los entrevistados), excepto en San Salvador que manifiesta que las heladas impactan en un menor porcentaje (22,2 %). Entre otros eventos de menor impacto, se registran las lluvias intensas, los vientos fuertes y las sequías (tabla 73).

**Tabla 73.** Eventos climáticos que mayor impacto causan a los cultivos (%)

| Zona priorizada | Granizada | Lluvia intensa | Vientos fuertes | Heladas | Sequías veranillos | Nevadas |
|-----------------|-----------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| San salvador    | 44,4      | 16,7           | 13,9            | 22,2    | 2,8                | --      |
| Marangani       | 45,2      | --             | --              | 45,2    | 6,5                | 3,2     |
| Huacrahuacho    | 45        | --             | --              | 45      | 10                 | --      |

Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

Un evento climático adverso puede tener efectos variados sobre un cultivo, dependiendo de la fase fenológica, estado nutricional de la planta, entre otros factores. Las principales fases fenológicas afectadas por los diferentes eventos extremos, percibidos en la zona, son la de crecimiento y floración. Para los cultivos de maíz, habas, cebada y trigo, las etapas de crecimiento, floración y maduración son importantes, ya que son fases en la que se produce la acumulación de materia seca, polinización, llenado de grano, respectivamente, para la papa es importante las fases de crecimiento y floración.

De acuerdo la **tabla 74**, la granizada es uno de los eventos de mayor impacto en la zona, sus efectos sobre el cultivo son variados. Según la percepción de la población local, es más dañina cuando la planta se encuentra en etapa de crecimiento y floración (27 al 72% de la población entrevistada). De incidir una granizada en la etapa de crecimiento, se afecta el área foliar y por ende la fotosíntesis que se traduce en la pérdida de producción. Si ocurre en la etapa de floración el daño es más severo, especialmente para los cultivos de maíz, papa y haba que son más vulnerables a este evento, frente a la cebada y el trigo.

Otro de los eventos importantes por su efecto negativo son las heladas, su efecto es más nocivo, si la planta se encuentra en crecimiento, que en la floración (45 al 89%). Para los cultivos priorizados de la zona, principalmente maíz, papa y haba, este

evento es muy peligroso especialmente si la planta se encuentra en crecimiento, floración y maduración inclusive. Sin embargo el maíz y el haba tienen capacidad de recuperarse, si la helada afecta en las primeras etapas de su crecimiento.

Las lluvias intensas y sequías-veranillos constituyen otros de los eventos más frecuentes de la zona. Su presencia afecta al cultivo especialmente si se encuentra en la etapa de floración o crecimiento, en San Salvador. Las lluvias intensas pueden generar pudrición de las raíces por la excesiva saturación, además de la pérdida de capa arable y deslizamientos en las zonas de ladera. Este evento, según los agricultores entrevistados, es también un evento climático de importancia. Las sequías y los veranillos, también de relativa importancia en las regiones en estudio, afectan las fases de crecimiento y floración de los cultivos, originando estrés por falta de agua, que se traduce en bajo crecimiento y rendimiento de los cultivos.

**Tabla 74.** Impacto de los eventos extremos en la fenología de los cultivos (%)

| Evento climático    | Zona priorizada | Etapa fenológica |             |           |                     |
|---------------------|-----------------|------------------|-------------|-----------|---------------------|
|                     |                 | Germinación      | Crecimiento | Floración | Cerca de la cosecha |
| Granizada           | San Salvador    | -                | 52,4        | 47,6      | -                   |
|                     | Marangani       | -                | 27,3        | 72,7      | -                   |
|                     | Huacrahuacho    | -                | 50,0        | 50,0      | -                   |
| Helada              | San Salvador    | -                | 89,5        | 10,5      | -                   |
|                     | Marangani       | -                | 45,5        | 45,5      | 9,1                 |
|                     | Huacrahuacho    | 3,4              | 58,6        | 37,9      | -                   |
| Lluvia intensa      | San Salvador    | -                | 25,0        | 75,0      | -                   |
|                     | Marangani       | -                | -           | -         | -                   |
|                     | Huacrahuacho    | -                | -           | -         | -                   |
| Sequías, veranillos | San Salvador    | -                | 61,9        | 38,1      | -                   |
|                     | Marangani       | 5,0              | 15,0        | 65,0      | 15,0                |
|                     | Huacrahuacho    | -                | 27,3        | 68,2      | 4,5                 |

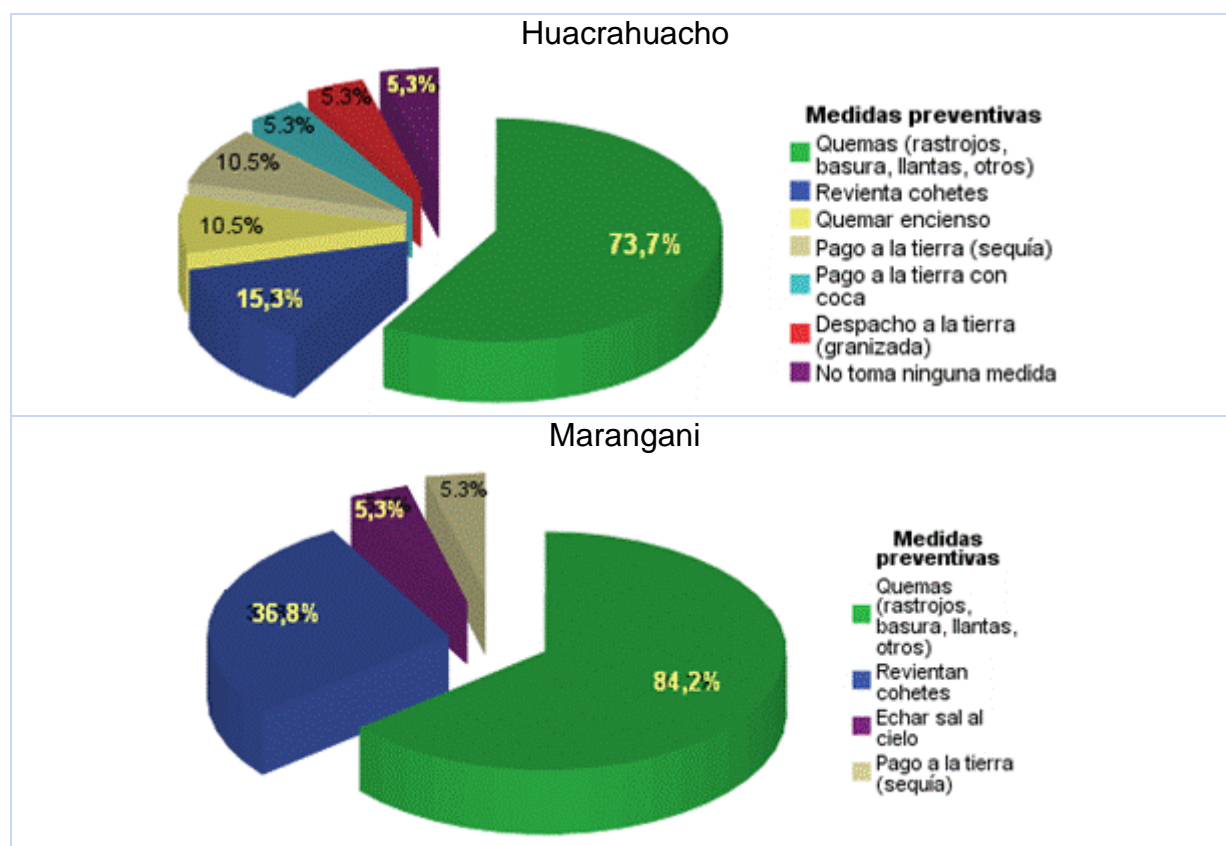
Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

### 7.1.2 Medidas y respuestas ante la ocurrencia de los eventos extremos

Los productores agrarios de la zona de estudio utilizan diversas medidas preventivas ante la inminente ocurrencia de un evento climático que puede afectar a sus cultivos, así como una respuesta inmediata para mitigar y apaciguar sus efectos una vez que haya ocurrido el evento.

En San Salvador, la mayoría de los agricultores entrevistados (89%) manifestó no tomar ninguna acción ante la presencia del evento climático. En cambio en las partes más altas (Marangani y Huacrahuacho), dentro de las medidas preventivas más utilizadas se encuentran las denominadas “quemadas” que consiste en la quema de rastrojos, basura, llantas y otros ante la inminente ocurrencia de una helada (58 a 64% de los entrevistados), así como “reventar cohetes” para las granizadas de 12 a 28% de las respuestas y con menor frecuencia el denominado “pago a la tierra” para la sequía de 4 a 8% (**tabla 75**)





Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

**Figura 75.** Medidas utilizadas por los agricultores de Huacrahuacho y Marangani para atenuar los efectos de los eventos extremos.

Una de las medidas que la población en estudio, utiliza para contrarrestar los efectos de un evento climático sobre los cultivos, sea el caso de una helada o granizada, es la utilización principalmente del guano de corral (47 a 55%) y la aplicación foliar (10 a 38%). Estas medidas tienen como finalidad mantener humedad y temperatura en la zona de las raíces (la materia orgánica libera calor al momento de descomponerse), así como nutrientes necesarios para recuperarse de un estrés. Otras medidas importantes que le permiten recuperarse a la planta luego de una granizada son la aplicación de urea, nitrato de amonio y compost. La aplicación foliar proporciona nutrientes en forma directa para ayudar a recuperarse cuando la planta sufre los efectos de una helada o granizada.

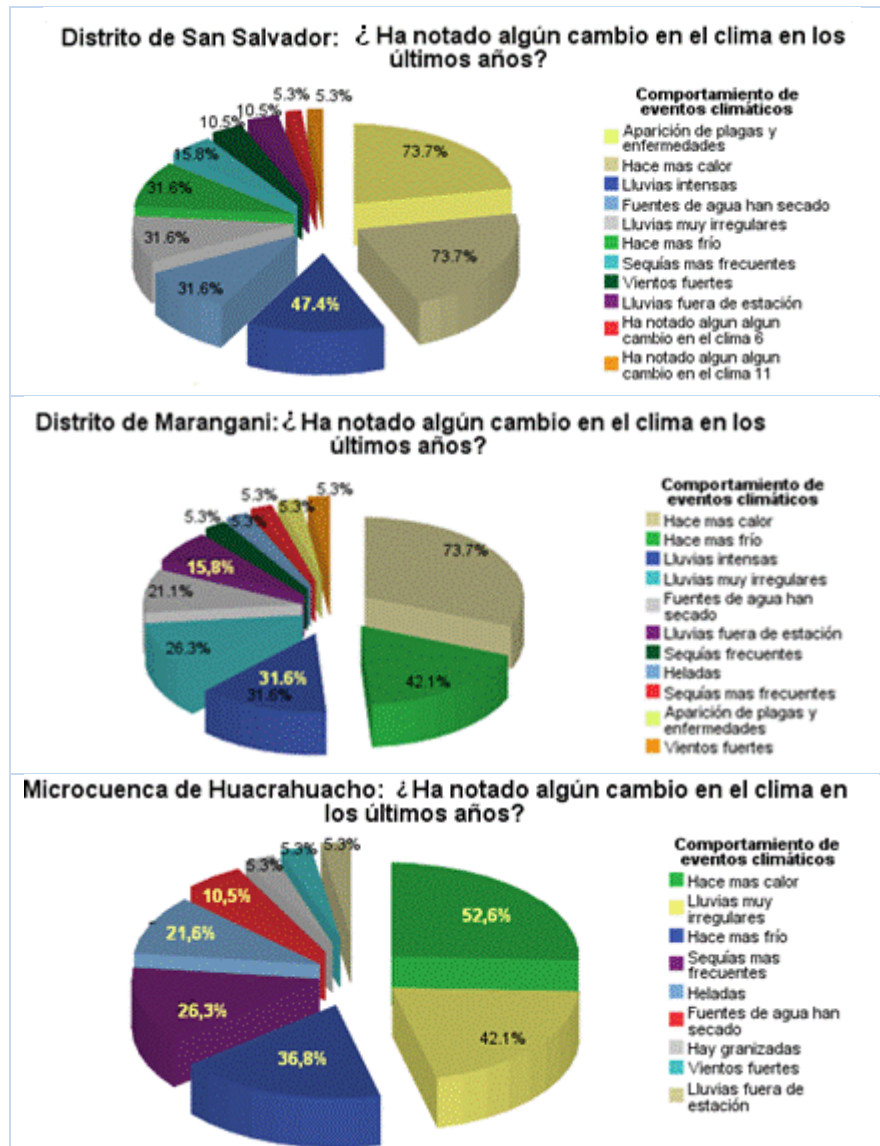
**Tabla 75.** Medidas más utilizadas por los agricultores para contrarrestar las heladas y granizadas

| Zona priorizada | Urea | Nitrato de amonio | Aplicación foliar | Guano de corral | Humus/compost | Ninguna |
|-----------------|------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------|---------|
| San salvador    |      | 5,3               | 10,5              | 47,4            | 5,3           | 31,5    |
| Marangani       | 16,1 | 6,5               | 19,4              | 54,8            | 3,2           |         |
| Huacrahuacho    |      |                   | 38,1              | 47,6            |               | 14,3    |

Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

### 7.1.3 Percepción del cambio climático

El cambio climático está ocurriendo según diversos reportes, la población local de las zonas de estudio así lo perciben a través del comportamiento de los indicadores climáticos que ocurren en su localidad.



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

**Figura 76.** Indicadores de cambio climático en las zonas priorizadas

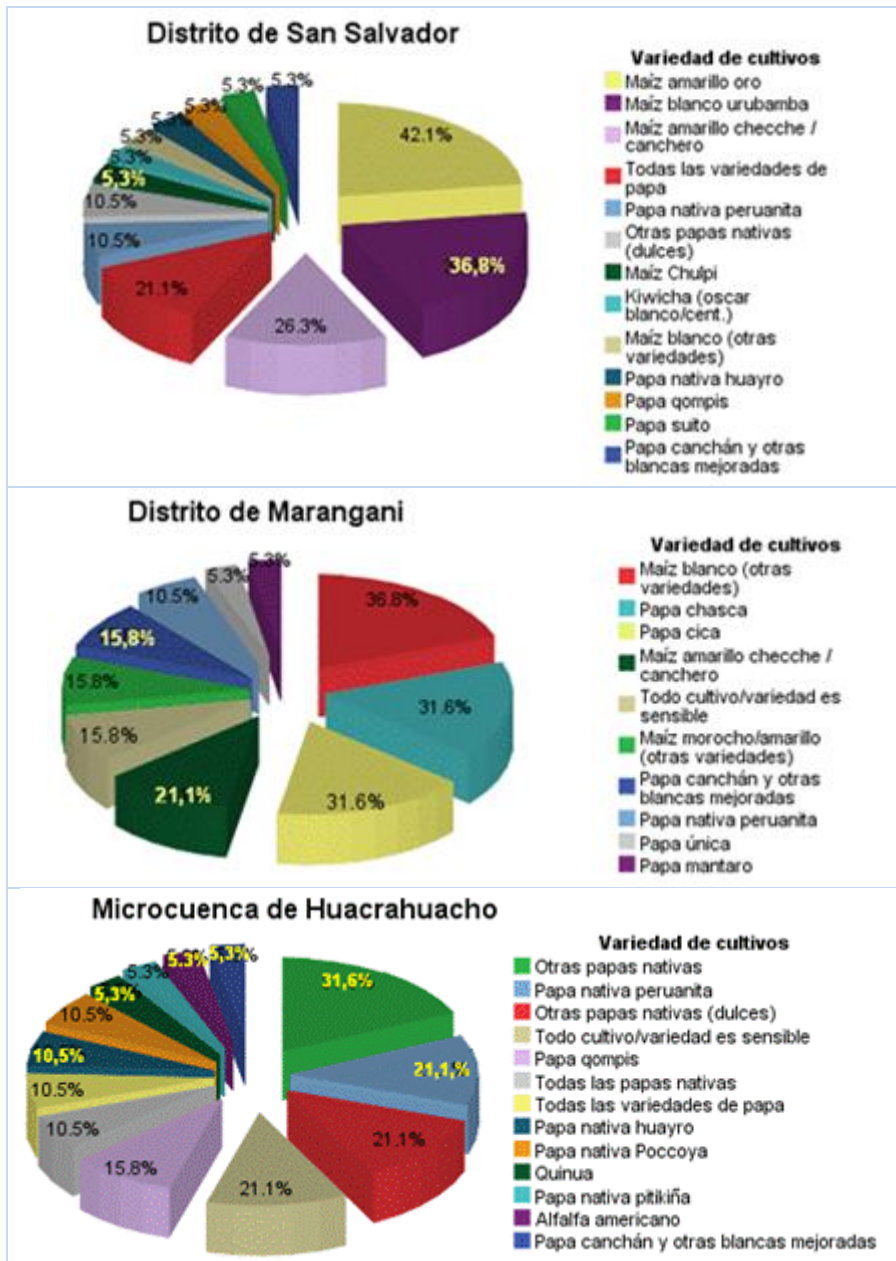
A partir de las encuestas efectuadas, los agricultores de las tres zonas de estudio manifiestan que en los últimos 15 años el “calor es más intenso” (21 a 26%), que las lluvias son “irregulares” (12 al 22%) a “más intensas” (14%) en San Salvador y Marangani. En las partes altas perciben “más frío” (17% de los entrevistados).

En el distrito de San Salvador se percibe que hace más calor y que aparecieron más plagas y enfermedades. (21,8%). Una importante manifestación es también el agotamiento de las fuentes de agua (5 a 9%).

### 7.1.4 Cultivos más sensibles al cambio climático

Ante los cambios que registra el comportamiento de las variables climáticas, la vulnerabilidad de los cultivos ante estos cambios es variada, depende del tipo de cultivo, la variedad o cultivar, entre otras.

En San Salvador, los cultivos más sensibles ante este cambio son la papa y el maíz. En el cultivo de maíz las variedades más sensibles, como las variedades amarillo oro, blanco Urubamba y el amarillo canchero con 42,11%, 36,84% y 26,32% de la población entrevistada; los menos sensibles son el maíz blanco y el maíz chulpi. En la papa, todas las variedades son sensibles y entre las menos sensibles está la papa Huayro, papa qompis; otro cultivo que destaca es la kiwicha (**figura 77**).



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

**Figuras 77.** Variedad de cultivos más sensibles al cambio climático

En Marangani, los cultivos más sensibles también son la papa y el maíz. En el cultivo de papa la variedad más sensible son la papa cica y chasca principalmente. En el maíz la variedad blanca y el amarillo canchero se muestran más sensibles. Sin embargo dentro de los menos sensibles aparentemente figuran la papa única, Mantaro y la peruanita.

En Huacrahuacho, por lo general, todos los cultivos de la zona, se perciben como más sensibles ante los cambios del clima, sin embargo, las papas nativas se muestran más afectadas, destacando la papa nativa peruanita y otras papas nativas dulces.

Cabe mencionar, que la papa nativa pitikiña, la quinua y la alfalfa americana son menos sensibles según la opinión de los productores agrarios.

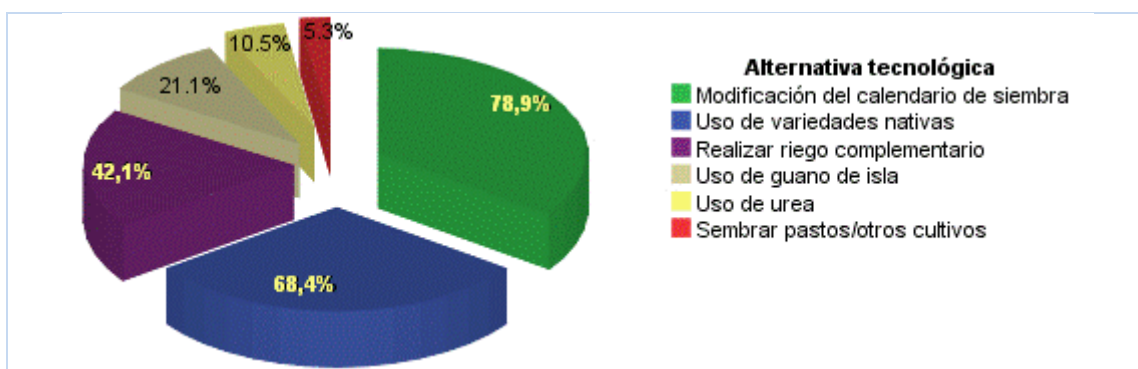
### 7.1.5 Estrategias y medidas del productor al cambio climático

Las estrategias y medidas son procedimientos y acciones que se ejecutan y realizan como respuesta ante un cambio de escenario o situación, se caracteriza por ser una acción planificada y racional para lograr un objetivo en un futuro inmediato o a largo plazo. La estrategia surge ante una necesidad.

#### San Salvador

Ante este escenario, los productores agrarios del distrito de San Salvador utilizan diversas estrategias, entre ellos la modificación de calendario de siembra, uso de variedades nativas, el riego complementario, el uso del guano de isla, la urea, siembra de otros cultivos, así como contar con otros ingresos (actividades no agrícolas).

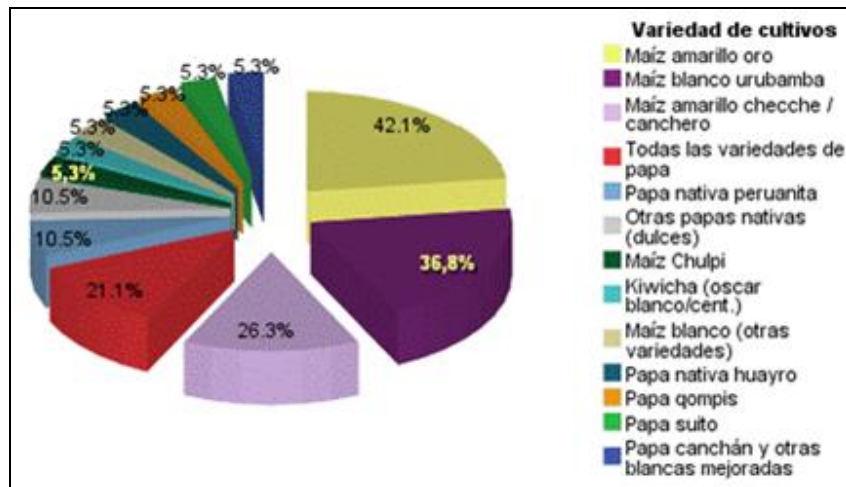
Al parecer la estrategia más común que están optando los productores es la modificación de calendario de siembra, uso de variedades nativas y realizar riego complementario con 78,9%, 68,4% y 42,1% de las respuestas respectivamente.



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

**Figura 78.** Alternativas tecnológicas para la adaptación al cambio climático en el distrito de San Salvador

Un gran porcentaje de entrevistados manifiesta que no se cuentan con cultivos o variedades que puedan adaptarse a los cambios (52,6%). Sin embargo un menor grupo de entrevistados indica que el maíz blanco Urubamba junto con algunos cultivos se muestran más adaptados a la zona (**figura 79**).



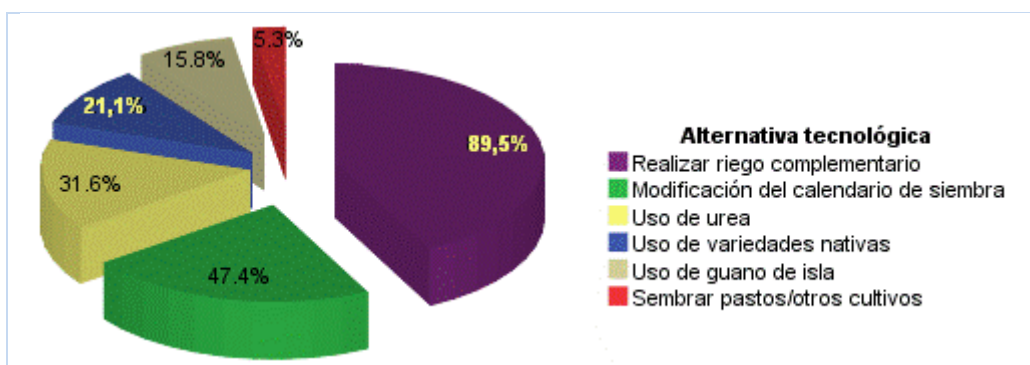
Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

**Figura 79.** Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en el distrito de san salvador.

## Marangani

En el distrito de Marangani emplean diversas estrategias para adaptarse, entre ellos se mencionan los riegos complementarios, la modificación del calendario de siembra, uso de la urea, uso de variedades nativas, uso de guano de isla, siembra de pastos u otros cultivos.

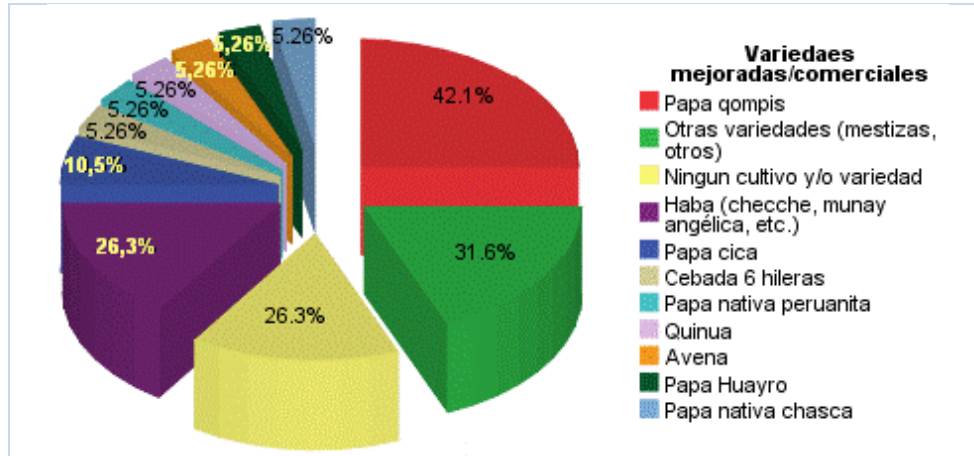
Siendo estrategias más comunes el riego complementario y la modificación de calendario de siembra con 89,5% y 47,4% de las respuestas. Las técnicas mencionadas son comúnmente utilizadas en las estrategias para contrarrestar los efectos de la sequía y evitar la ocurrencia de los eventos adversos mientras la planta esté en el campo. Por otro lado, las técnicas de sembrar pastos ó otros cultivos, uso de guano de isla, uso de variedades nativas y uso de la urea son las menos utilizadas.



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

**Figura 80.** Alternativas tecnológicas para la adaptación al cambio climático en el distrito de Marangani

Los cultivos más adecuados y que se adaptan a las condiciones de cambio actual de la zona según los productores son la papa qompis, las variedades de trigo de la zona y el haba con 42.11%, 31.58% 26.32% de respuestas respectivamente. Mientras, como las menos adaptadas aparecen la papa nativa chasca, Huayro, avena, quinua, papa peruanita y la cebada de 6 hileras.



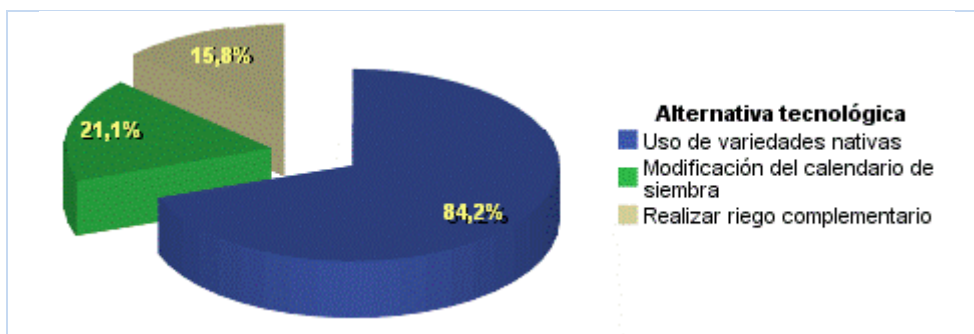
Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

**Figura 81.** Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en el distrito de Marangani

## Huacrahuacho

En Huacrahuacho se establecen diversas estrategias, entre ellos, el uso de variedades nativas, modificaciones del calendario de siembra y los riegos complementarios, según 84,2%, 21,1% y 15,8% de las respuestas respectivamente (**figura 82**)

Estas estrategias están orientadas a la conservación del suelo, así como a evitar el efecto nocivo de los eventos adversos.

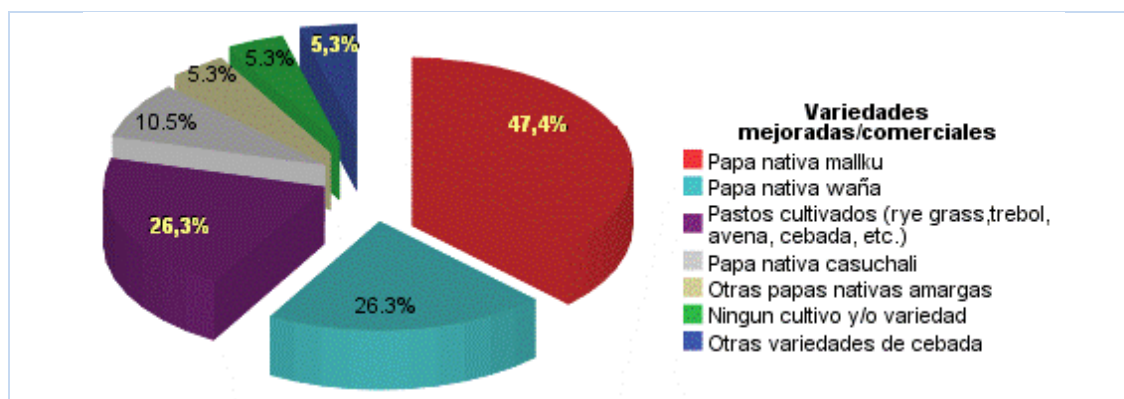


Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

**Figura 82.** Alternativas tecnológicas locales para la adaptación al cambio climático en la microcuenca de Huacrahuacho

Entre las variedades de cultivos más adaptados a la zona y que pueden ser adecuados para hacer frente al cambio climático se encuentra la papa nativa "Mallku", los pastos cultivados (rye grass, trébol, avena, cebada, etc.) y la papa

nativa waña (tabla 45) con 47,37%, 26,2% y 26,2% de las respuestas de las entrevistas.



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

**Figura 83.** Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en la microcuenca de Huacrahuacho

### 7.1.6 Medidas y Estrategias Institucionales locales frente a la Variabilidad y Cambio Climático

Las instituciones locales, tales como AGRORURAL, MINAG, Municipios, Defensa Civil, SENAMHI y ONGS, ejecutan estrategias y medidas orientadas a la mitigación del efecto de los eventos extremos sobre la población y apoyan a los agricultores durante estos eventos. Los entrevistados de la Microcuenca de Huacrahuacho manifestaron recibir un mayor apoyo por parte de las instituciones públicas/privadas y de la Municipalidad (tabla 76). En tanto que los de San Salvador y Marangani, reciben principalmente el apoyo de las instituciones públicas/privadas, asimismo un elevado porcentaje (42,1 y 31,8%) manifestó no recibir ningún tipo de apoyo.

**Tabla 76.** Participación de las instituciones locales frente a la variabilidad y cambio climático (%)

| Zona priorizada | Instituciones públicas y privadas | Municipalidad | Ninguna |
|-----------------|-----------------------------------|---------------|---------|
| San Salvador    | 52,6                              | 5,3           | 42,1    |
| Marangani       | 50,0                              | 18,2          | 31,8    |
| Huacrahuacho    | 46,2                              | 42,3          | 11,5    |

Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

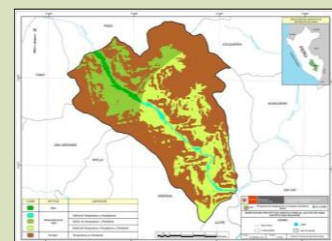
La mayor ayuda recibida consiste principalmente en la repartición de insumos agrícolas (fertilizantes, abonos foliares y otros), y de insumos pecuarios en las partes más altas (Huacrahuacho). En San Salvador la asistencia también relevante.

**Tabla 77.** Tipo de ayuda recibida (%)

| Zona priorizada | Insumos agrícolas | Asistencia técnica y/o capacitación | Insumos pecuarios | Herramientas y materiales | Medicinas y/o alimentos |
|-----------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|
| San Salvador    | 45,5              | 36,4                                | -                 | 9,1                       | 9,1                     |
| Marangani       | 84,6              | 7,7                                 | -                 | 7,7                       | -                       |
| Huacrahuacho    | 60,0              | -                                   | 30                | 5,0                       | 5,0                     |

Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA.2010. Número de muestras 19 (Preguntas con respuestas múltiples)

# **APTITUD AGROCLIMÁTICA DE LOS CULTIVOS PRIORIZADOS EN LA REGIÓN CUSCO**





## VIII. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

### 8.1 Variables edafológicas

#### 8.1.1 Textura

Es una de las propiedades físicas más importantes del suelo, está referido a la distribución de las partículas de arena, limo y arcilla, en una fracción de suelo, el tamaño máximo para ser considerado como tal es 2 mm. Las partículas con tamaño superiores a 2 mm se consideran fragmentos gruesos del suelo y se clasifica según su tamaño en grava, piedra y roca.

La textura del suelo se caracteriza por ser una de las más estables, está relacionada con otras propiedades físicas que tienen que ver con la cantidad de agua y aire que retiene, la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa, entre otras. Además, determina la facilidad con que se puede ejecutar las labores de labranzas primarias y culturales, etc.

Estas propiedades junto con otras definen el valor agronómico del suelo y en consecuencia su capacidad y potencial para el desarrollo de los cultivos.

Un suelo que tiene buena textura, cuando la proporción de los elementos que lo constituyen (arena, limo y arcilla) se encuentran en una proporción equilibrada, que le da la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición.

#### Clasificación de textura

La clasificación de textura del suelo es en función a su granulometría<sup>13</sup>. Los suelos pueden agruparse de manera general en tres clases texturales: arenosos, francos y arcillosos y que puede agrupar a su vez a diferentes clases texturales intermedias (**tabla 78**).

**Suelos arenosos**, también llamados suelos sueltos, se caracteriza por tener una elevada permeabilidad al agua por lo tanto poca capacidad de retención y nutrientes. Tiene mayor cantidad de macroporos, que facilitan la circulación del aire y agua en contraparte menor proporción de microporos, que dificulta la retención de la humedad.

**Suelos arcillosos**, también llamados suelos pesados o fuertes, presentan baja permeabilidad al agua y elevada capacidad de retención de humedad y de nutrientes. Este tipo de suelos presenta mayor proporción de microporos, que favorece la retención de la humedad y los elementos minerales, sin embargo tiene menor proporción de macroporos que dificulta la circulación del aire y de agua.

**Suelos francos**, también se les llama suelos ligeros o livianos, se caracteriza por presentar una mezcla “equilibrada” de partículas minerales (arena, limo y arcilla), en

<sup>13</sup> Proporción relativa de arena, limo y arcilla que contiene un suelo.

consecuencia las capacidades permeabilidad al agua, circulación del aire, retención de la humedad y nutrientes están relativamente “equilibradas”.

**Tabla 78.** Clasificación de textura

| Suelo      | Textura              | Clase textural          |
|------------|----------------------|-------------------------|
| Arenosos   | Gruesa               | Arena                   |
|            |                      | Arena franca            |
|            | Moderadamente grueso | Franco arenoso          |
|            |                      | Franco arenoso fino     |
| Francos    | Media                | Franco arenoso muy fino |
|            |                      | Franco                  |
|            |                      | Franco limoso           |
|            |                      | Limoso                  |
|            | Moderadamente fina   | Franco arcilloso        |
|            |                      | Franco arcillo arenoso  |
|            |                      | Franco arcillo limoso   |
| Arcillosos | Fina                 | Arcillo arenoso         |
|            |                      | Arcillo limoso          |
|            |                      | Arcilloso               |

Fuentes: Rucks, et al 2004; USDA, 2006

### 8.1.2 Materia orgánica

La materia orgánica está constituida por los restos vegetales y animales presentes en el suelo. Este material puede estar en diferente grado de descomposición (fresco-descompuesto). Juega un rol importante en las propiedades químicas, biológica y físicas del suelo. Forma parte del ciclo de nitrógeno, azufre y el fósforo, contribuye en la asimilación de nutrientes, mejora la estructura, retención del agua, reduce los efectos negativos de la compactación y favorece la actividad biológica.

La cantidad de nitrógeno del suelo proviene básicamente de la materia orgánica, y su disponibilidad para las plantas depende de la presencia de actividad microbiana, quienes desarrollan el nitrógeno asimilable, sin embargo, esta actividad microbiológica depende de las condiciones de temperatura, humedad, y el oxígeno. Estas condiciones también son favorecidas por las labores de labranza.

#### **Importancia de la materia orgánica**

**Características físicas**, favorece el aumento de tamaño y estabilidad de agregados<sup>14</sup>, aumento de los poros, aireación, infiltración, drenaje, almacenamiento de agua disponible, friabilidad, etc. disminuye la pegajosidad<sup>15</sup>, plasticidad<sup>16</sup>, encostramiento superficial y susceptibilidad a erosión.

<sup>14</sup> Es el arreglo de las partículas primarias (arena, limo y arcilla) y las secundarias (terrones) para determinar un espacio entre ellas, este espacio se llama porosidad, los factores que influyen en la porosidad son las características hídricas, textura, materia orgánica, pH, actividad biológica, etc (Ávila, 2010).

<sup>15</sup> Es la propiedad del suelo en el que bajo una humedad determinada las partículas no se adhiere a un objeto extraño.

<sup>16</sup> Es la propiedad en el que las arcillas cambian de forma cuando están sujetas a una fuerza deformante superior a las fuerzas adhesivas y mantener esa forma cuando la fuerza deja de ser aplicada (Rucks et al., 2004).

**Propiedades químicas**, aumenta el valor de CIC<sup>17</sup> y capacidad buffer<sup>18</sup>, aporte de algunos nutrientes a las plantas y de energía a los microorganismos, disminuye el pH, disponibilidad de elementos menores, etc.

### **Dinámica de la materia orgánica del suelo**

La variación de la materia orgánica en el suelo es muy dinámica, el cual depende del aporte y la velocidad de descomposición.

**La velocidad de descomposición**, es la velocidad o ritmo en el cual la cantidad de materia orgánica se va descomponiendo para formar parte del suelo y los elementos disponibles para la planta. Depende de las siguientes condiciones: tipo de residuos vegetales aportados verde o leñosa; temperatura: > 25 °C y concentración de O<sub>2</sub>; Humedad-aireación; pH: ≈ neutro (alta velocidad); relación C/N: ≈ 10 (fácil descomposición) y > 30 (difícil descomposición); altitud (mayor acumulación de la materia orgánica), entre otros.

### **Contenido de la materia orgánica del suelo**

La cantidad de materia orgánica del suelo se puede evaluar mediante las categorías y niveles establecidos por los diferentes autores (**tabla 79**)

**Tabla 79.** Cantidad de materia orgánica en el suelo

| Contenido (%) |         |             | Región  | Autor            |
|---------------|---------|-------------|---------|------------------|
| Bajo          | Medio   | Alto        |         |                  |
| Menor a 2%    | 2 a 3   | Mayor a 3%  | Cálido  | Jaramillo, 2010. |
| Menor a 3%    | 3 a 5%  | Mayor a 5%  | Medio   |                  |
| Menor a 5%    | 5 a 10% | Mayor a 10% | Frio    |                  |
| Menor a 2%    | 2 a 4 % | Mayor a 4%  | General | UNALM, 1999.     |

### **8.1.3 Reacción del suelo (pH)**

Es el potencial de hidrógeno, representa la concentración de iones hidrógeno. En una solución suelo indica el grado de alcalinidad o acidez y se mide en unidades de pH. Es uno de los responsables en la disponibilidad de los nutrientes, influyendo en la mayor o menor grado de asimilación de diferentes nutrientes. Los distintos valores de pH tienen efectos variados sobre la disponibilidad de nutrientes del suelo, es así que entre los valores de 6 y 7 se encuentran asimilables la mayoría de los nutrientes del suelo (Ávila, 2010).

Uno de los factores que influye o modifica los valores de pH es la precipitación, porque ocasiona el lavado de las bases del suelo a través de la percolación, las que son reemplazadas por los iones hidrógeno, originando la acidez. En zonas áridas, donde no hay precipitaciones intensas ni lavados, los suelos generalmente son alcalinos y los valores de pH pueden variar entre 7 y 8,5; mientras en zonas húmedas este puede variar entre 5 y 7 (Quintero, 2002).

<sup>17</sup> Es la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Representa la medida de la cantidad de las cargas negativas presentes en las superficies minerales y orgánicas. Es la cantidad de cationes que puede ser retenido en esas superficies.

<sup>18</sup> Es la propiedad que tiene los suelos para resistir los cambios en pH y la concentración de otros elementos (Crosara, 2010).

El pH influye en las propiedades físicas y químicas y del suelo, en las condiciones muy ácidas o alcalinas la estructura del suelo se ve afectada, pierde su estabilidad y se muestra poco adecuada para el desarrollo de las raíces; mientras que en las propiedades químicas se bloquea la disponibilidad de ciertos nutrientes (Rucks et al., 2010).

### **Niveles de pH del suelo**

Según INRENA (2002), la acidez del suelo está categorizada según la **tabla 80**.

**Tabla 80.** Características del pH

| Rango de pH  | Categoría                | Fuente  |
|--------------|--------------------------|---|
| Menos de 3,5 | Ultrácido                | ONERN, 1975<br>actualizado por<br>INRENA el 2002. |
| 3,5 - 4,5    | Extremadamente ácido     |   |
| 4,5 - 5,0    | Muy fuertemente ácido    |   |
| 5,1- 5,5     | Fuertemente ácido        |   |
| 5,6 - 6,0    | Moderadamente ácido      |   |
| 6,1- 6,5     | Ligeramente ácido        |   |
| 6,6 - 7,3    | Neutro                   |   |
| 7,4 - 7,8    | Ligeramente alcalino     |   |
| 7,9 - 8,4    | Moderadamente alcalino   |   |
| 8,5 - 9,0    | Fuertemente alcalino     |   |
| Más de 9,0   | Muy fuertemente alcalino |   |

### **8.1.4 Pendiente**

Representa la relación entre el desnivel y la distancia horizontal. La pendiente se puede calcular en grados decimales o en porcentajes. La pendiente de un terreno nos permite definir las estrategias de manejo y conservación del suelo, diseñar el tipo de actividad agrícola, entre otras.

### **Clases de pendientes**

Según PDRSC-GTZ, un terreno se puede clasificar según la pendiente (%) en terrenos planos (1-2%), inclinados (3-20%) y escarpados (mayor a 20%). Por otro lado, según Silva (2010) , los terrenos con pendiente 1-8% son aptos para una labranza tradicional, de 9-50% solo se puede realizar labranza mínima y labranza cero, 50-60% para bosques artificiales y mayores a 60% solo para bosques naturales (**tabla 81**).

Posner et al. (2003), sostienen que los terrenos de pendiente 0-5% se considera relativamente planas y no existe pérdida considerable del suelos por el tipo de cultivo y lluvias intensas. De 5 a 15% presenta erosión pero se controla con zanjas de infiltración, barreras vivas y terrazas de formación lenta. De 15-40% tiene riesgo de erosión alto, se requiere terrazas de formación lenta. Mayores a 40% tiene un riesgo de erosión muy alto, son zonas no aptas para la agricultura. El control de erosión se realiza a través de la cobertura permanente (reforestación). Sin embargo,

Egúsquiza (2010), afirma que hasta 60% de pendiente se puede realizar la actividad agrícola aplicando las estrategias de conservación adecuadas, tierras con mayor a 60% de pendiente ya no son aptas para el cultivo (**tabla 81**).

**Tabla 81.** Relación entre la pendiente y la aptitud agrícola del terreno

| Categoría                 | Clase   | Rango de pendiente | Observaciones   | Fuente  |
|---------------------------|---|--------------------|---|---|
| 1<br>Apta                 | Plana, suavemente inclinada y Moderadamente inclinada                               | 0,5 - 8%           | Áreas relativamente planas, la pérdida del suelo es mínimo, independiente de tipo de cultivo y la presencia de lluvias intensas. Permite la utilización de equipos de labranza tradicional  | Egusquiza, 2010; Posner et al., 2003; PDRSC - GTZ; Silva, 2010. |
| 2-3<br>Moderadamente apta | Moderadamente inclinada, fuertemente inclinada, moderadamente escarpado y escarpado | 9 - 60%            | Agrupación de áreas con peligro de erosión baja a muy alta. Sólo está permitida la labranza mínima y cero. Estas tierras requieren desde surco en curvas de nivel, barreras vegetales, terrazas de formación lenta, surcos en contorno hasta terrazas en banco y bosques artificiales | Egusquiza, 2010; Posner et al., 2003; PDRSC - GTZ; Silva, 2010  |
| 4<br>No apta              | Muy escarpado   | Mayor 60%          | No apta para la agricultura y se utiliza como bosques naturales y otros usos  | Egusquiza, 2010; Posner et al., 2003; PDRSC - GTZ; Silva, 2010. |

## 8.2 Variables agronómicas y agroclimáticas

### 8.2.1 Rendimiento

Es la cantidad de producto que se obtiene por unidad de área. El rendimiento es un indicador del desempeño agronómico de un cultivo, es el resultado de la interacción de los factores climáticos (temperatura, la luz, humedad relativa, entre otros); edáficos (fertilidad, textura y estructura, salinidad y pH, agua y aire); bióticos (bacterias, virus y hongos, insectos, y malezas); paquete tecnológico y genética del cultivo (variedad).

La **tabla 82**, muestra el nivel de rendimiento promedio de los cultivos priorizados en la región de Cusco y a nivel nacional. Los rendimientos de la región Cusco son superiores al promedio nacional, salvo para la papa, lo que indica que existen otras zonas con mayor potencial para este cultivo.

**Tabla 82.** Rendimiento regional y nacional de cultivos priorizados

| Cultivo       | Rendimiento promedio (kg/ha) |          |   |
|---------------|------------------------------|----------|---|
|               | Cusco                        | Nacional | Fuente                                    |
| Maíz amiláceo | 1707                         | 1200     | Dirección Regional Agraria de Cusco, 2006 |
| Trigo         | 1787                         | 1250     |   |
| papa          | 8344                         | 11600    |   |
| Haba          | 1268                         | 1200     |   |
| Cebada        | 1408                         | 1250     |   |

En las **tablas 83, 84, 85, 86, y 87** se muestran la serie histórica de los rendimientos obtenidos para los cultivos priorizados

### Cultivo de maíz amiláceo

La mayor productividad para este cultivo se registra en el distrito de San Salvador, donde el rendimiento para los últimos 9 años ha fluctuado entre 2500 y 3570 kilos/ha, con un promedio de 3170 kilos/ha, este rendimiento es superior al promedio regional y nacional. Otra zona de estudio con producción importante es Marangani, donde el rendimiento ha fluctuado entre 1000 a 2200 kilos/ha con un promedio de 1330 kilos, siendo este valor inferior al rendimiento regional pero superior al promedio nacional.

Cabe destacar que estas zonas de producción de maíz en Cusco, muestran elevada variación en el rendimiento (410 y 370 kilos para San Salvador y Marangani respectivamente)

**Tabla 83.** Rendimiento del cultivo de maíz (t/ha)

| Zona         | Años |      |      |      |      |      |      |      |      | Prom. | Desv. Esta. |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------------|
|              | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |       |             |
| San Salvador | 2,50 | 2,50 | 3,20 | 3,20 | 3,20 | 3,50 | 3,37 | 3,57 | 3,50 | 3,17  | 0,41        |
| Marangani    | 1,08 | 1,00 | 1,52 | 1,30 | 1,20 | 1,39 | 2,20 | 1,30 | 1,00 | 1,33  | 0,37        |

Fuente: DRA Cusco

### Cultivo de papa

Las zonas de Marangani y San Salvador tuvieron rendimientos promedio de 9640 y 6380 kilos/ha respectivamente. Cabe destacar que en Marangani hubo mayor variación (1280 kilos) y en San Salvador tan solo 710 kilos.

Estos indicadores se muestran inferiores al promedio nacional, aunque San Salvador registró rendimientos incluso inferiores al promedio regional.

**Tabla 84.** Rendimiento del cultivo de papa (t/há)

| Zona         | Años |      |      |      |      |      |      |       |       | Prom. | Desv. Esta. |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------------|
|              | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007  | 2008  |       |             |
| Marangani    | 9,18 | 8,11 | 8,96 | 9,64 | 8,61 | 9,00 | 9,90 | 11,37 | 12,00 | 9,64  | 1,28        |
| San Salvador | 6,38 | 7,15 | 7,12 | 6,15 | 6,40 | 7,36 | 5,33 | 5,70  | 5,82  | 6,38  | 0,71        |

Fuente: DRA Cusco

### Cultivo de haba

La zona de Marangani se caracterizó por presentar rendimientos de haba superiores al promedio regional y nacional, con un promedio de 1510 kilos y con una variación de 390 kilos.

San Salvador mostró rendimiento promedio de 990 kilos/ha, con una menor variación en la productividad (80 kilos).

Lo que indica que es probable que existan algunos factores que favorecen la producción del cultivo de haba en Marangani, caso contrario ocurre de la zona de San Salvador, donde el desempeño productivo es muy reducido.

**Tabla 85.** Rendimiento del cultivo de haba (t/ha)

| Zona         | Años |      |      |      |      |      |      |      |      | Prom. | Desv. Esta. |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------------|
|              | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |       |             |
| Marangani    | 1,20 | 1,40 | 1,30 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 2,50 | 1,50 | 1,20 | 1,51  | 0,39        |
| San Salvador | 0,79 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,10 | 1,00 | 0,99  | 0,08        |

Fuente: DRA Cusco

### Cultivo de trigo

En el distrito de Marangani el rendimiento del cultivo de trigo ha fluctuado entre 1000 y 2000 kilos/ha con un promedio de 1440, el cual se presenta inferior al promedio regional pero superior al nacional.

**Tabla 86.** Rendimiento del cultivo de trigo (t/ha)

| Zona      | Años |      |      |      |      |      |      |      |      | Prom. | Desv. Esta. |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------------|
|           | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |       |             |
| Marangani | 1,20 | 1,50 | 1,50 | 1,0  | 1,60 | 1,80 | 2,00 | 1,20 | 1,20 | 1,44  | 0,32        |

Fuente: DRA Cusco

### Cultivo de cebada

La zona de mayor productividad de este cultivo se presentó en el distrito de Marangani, su productividad fluctuó entre 1080 y 1700 kilos/ha con un promedio de 1390 kilos. Siendo asimismo, su promedio inferior al promedio regional, pero superior al nacional. Cabe destacar que Huacrahuacho muestra baja productividad tanto a nivel regional como nacional.

Con respecto a la variabilidad en la producción a lo largo de este periodo de análisis, Marangani registra 250 kilos y Huacrahuacho 120 kilos.

**Tabla 87.** Rendimiento del cultivo de cebada (t/ha)

| Zona        | Años |      |      |      |      |      |      |      |      | Prom. | Desv. Esta. |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------------|
|             | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |       |             |
| Marangani   | 1,08 | 1,20 | 1,20 | 1,2  | 1,4  | 1,69 | 1,70 | 1,70 | 1,30 | 1,39  | 0,25        |
| Hucrahuacho | 1,20 | 0,89 | 1,11 | 1,28 | 0,94 | 1,08 | 1,10 | 1,10 | 1,20 | 1,10  | 0,12        |

Fuente: DRA Cusco

### **Nivel de rendimiento de los cultivos priorizados**

Para establecer el nivel de productividad que alcanzaron los cultivos priorizados en las zonas de estudio, se utilizó la metodología de los percentiles con la información de rendimientos de los últimos 9 años.

Para definir el nivel de rendimiento bajo se utilizó el percentil 25; mientras que para los niveles de rendimiento medio y alto se utilizaron los promedios regionales de la zonas de estudio de la región Cusco. En la **tabla 88**, se presenta los niveles de rendimiento establecidos para los cultivos priorizados en la región Cusco.

**Tabla 88.** Nivel de rendimiento de los cultivos priorizados

| Cultivo | Nivel de rendimiento (t/ha) |           |       |
|---------|-----------------------------|-----------|-------|
|         | Bajo                        | Medio     | Alto  |
| Trigo   | < 1                         | 1 a 1,8   | > 1,8 |
| Papa    | < 8                         | 8 a 10    | > 10  |
| Maíz    | <1,3                        | 1,3 a 1,7 | > 1,7 |
| Haba    | < 1                         | 1 a 1,3   | > 1,3 |
| Cebada  | < 1                         | 1 a 1,5   | > 1,5 |

### **Desempeño agronómico de las zonas de estudio**

El rendimiento de un cultivo es el resultado de las condiciones medioambientales (climático, edáfico, biótico), paquete tecnológico y la potencialidad genética de las plantas.

En este análisis se considera que las condiciones de paquetes tecnológicos tienen características similares para las zonas de estudio y que éste se haya estable durante el periodo analizado (9 años). Por otro lado, no se toma en consideración la disponibilidad de recursos humanos, tecnológicos, organizacionales, financieros y económicos, así como la accesibilidad a los servicios públicos (educación, salud, servicios básicos, información, mercado, etc.) y la estructura productiva (tamaño de las unidades agropecuarias).

En este caso, son las condiciones edafoclimáticas, las que tendrían mayor influencia sobre el diferencial de la productividad de los cultivos de la zona.

#### **8.2.2 Requerimientos edafoclimáticos<sup>19</sup>**

Los requerimientos edafoclimáticos para los cultivos priorizados en la región Cusco (maíz, papa mejorada, papa nativa, habas, trigo y cebada) fueron considerados en la primera parte del estudio, cuyo resumen se presenta en las **tablas 89 y 90**.

<sup>19</sup> Son los requerimientos de temperatura, precipitación, tipo de suelos de los cultivos priorizados.



**Tabla 89.** Requerimientos agroclimáticos de los cultivos priorizados

| Cultivo            | Requerimientos agroclimáticos |         |         |                    |            |             |
|--------------------|-------------------------------|---------|---------|--------------------|------------|-------------|
|                    | Temperatura (°C)              |         |         | Precipitación (mm) |            |             |
|                    | Mínima                        | Óptima  | Máxima  | Mínima             | Óptima     | Máxima      |
| <b>Papa</b>        | 6 a 14                        | 14 a 20 | 20 a 30 | 220 a 500          | 500 a 1300 | >1300       |
| <b>Papa nativa</b> | 4 a 8                         | 8 a 14  | 14 a 20 | 220 a 900          | 900 a 1100 | >1100       |
| <b>Maíz</b>        | 7 a 15                        | 15 a 20 | 20 a 30 | 200 a 500          | 500 a 700  | 700 a 1000  |
| <b>Habas</b>       | 5 a 13                        | 13 a 20 | 20 a 27 | <500               | 500 a 1000 | 1000 a 1600 |
| <b>Alfalfa</b>     | 5 a 14                        | 14 a 17 | 17 a 30 | <700               | 700 a 900  | 900 a 1200  |
| <b>Trigo</b>       | 5 a 18                        | 18 a 25 | 25 a 40 | 200 a 450          | 450 a 800  | 800 a 1750  |
| <b>Cebada</b>      | 5 a 15                        | 15 a 25 | 25 a 34 | 240 a 600          | 600 a 1100 | > 1100      |

El rango mínimo de los cultivos de trigo, cebada y haba ha sido ajustado a 5 °C, verificación de campo.

**Tabla 90.** Requerimientos edáficos de los cultivos priorizados

| Cultivo            | Requerimientos edáficos                  |  |         |           |         |                  |              |             |              |
|--------------------|--|--|---------|-----------|---------|------------------|--------------|-------------|--------------|
|                    | Textura                                  |  | pH      |           |         | Materia orgánica |              | Profundidad |              |
|                    | Óptima                                   | Menos óptima                               | Mínimo  | Óptimo    | Máximo  | Óptima           | Menos óptima | Óptima      | Menos óptima |
| <b>Papa</b>        | Fco arenoso y franco                     | Arenoso, fco arcilloso, arcilloso y limoso | 4,5 a 5 | 5 a 6,5   | 6,5 a 8 | >4%              | <4%          | > 50 cm     | < 50 cm      |
| <b>Papa nativa</b> | Fco arenoso, fco arcilloso y franco      | Arenosos, arcilloso y limoso               | <4,5    | 4,5 a 5,5 | 5,5 a 8 | >4%              | < 4%         | > 30 cm     | < 30 cm      |
| <b>Maíz</b>        | Fco, fco limoso y fco arcilloso          | Arenoso y arcilloso                        | 5,5 a 6 | 6 a 7     | 7 a 8   | > 3%             | < 3%         | > 50 cm     | < 50 cm      |
| <b>Haba</b>        | Fco, fco arenoso, fco arcilloso y limoso | Arenoso y arcilloso                        | 5 a 6   | 6 a 8     | 8 a 8,5 | > 4%             | < 4%         | > 40 cm     | < 40 cm      |
| <b>Alfalfa</b>     | Fco y fco arenoso                        | arcilloso, limoso y arenoso                | 4 a 5,5 | 5,5 a 7   | 7 a 8,5 | > 4%             | < 4%         | > 100 cm    | < 100 cm     |
| <b>Anís</b>        | Fco, fco arenoso, fco limoso y limoso    | arcilloso                                  | < 7     | 7 a 7,9   | > 7,9   | > 3%             | < 3%         | > 30 cm     | < 30 cm      |
| <b>Trigo</b>       | Fco arenoso, arcilloso, limoso y fco     | Arenoso                                    | 5 a 6   | 6 a 7,5   | 7,5 a 8 | > 4%             | < 4%         | > 40 cm     | < 40 cm      |
| <b>Cebada</b>      | Fco y fco arcilloso                      | Arcilloso y arenoso                        | < 6     | 6,5 a 8   | > 8     | > 4%             | < 4%         | > 50 cm     | < 50 cm      |

### 8.3 El suelo según su clase y subclase de capacidad

La clase de capacidad, según la ONERN (1982), es la clasificación de los suelos en base a su calidad agrológica y refleja la capacidad y potencialidad agrícola para los cultivos priorizados, representa la fertilidad y las condiciones físicas que facilite el desarrollo del cultivo en las zonas de estudio. En el presente estudio se analizaron

las características de textura y profundidad, pH, materia orgánica y la pendiente. Las categorías de estas variables se establecieron en base al requerimiento edáfico del cultivo (**tabla 90**).

**La Subclase de capacidad**, agrupa a los suelos en base a los factores limitantes y de los riesgos que restringen su uso (ONERN, 1982). En el presente estudio se utilizó los factores de temperatura y precipitación para evaluar la aptitud agroclimática, su evaluación y categorización se basa en los requerimientos agroclimáticos de los cultivos priorizados (**tabla 89**) lo cual le permite definir las zonas con condiciones climáticas aptas para el cultivo (**tabla 91**).

**Tabla 91.** Clase y subclase de capacidad del suelo

| <b>Temperatura</b>      | <b>Categoría</b> | <b>Descripción</b>   |
|-------------------------|------------------|--|
| Optimo                  | 1                | Condiciones de temperatura adecuadas para el desarrollo y producción óptima del cultivo                              |
| Baja                    | 2                | Condiciones de temperatura baja, que no son adecuadas para el desarrollo y producción óptima del cultivo             |
| Alta                    | 3                | Condiciones de temperatura alta, que no son adecuadas para el desarrollo y producción óptima del cultivo             |
| No apta                 | 4                | Condiciones de temperaturas altas/bajas, no apta para el desarrollo y producción óptima del cultivo                  |
| <b>Precipitación</b>    |                  | <b>Descripción</b>   |
| Optimo                  | 1                | Condiciones de precipitación adecuadas para el desarrollo y producción óptima del cultivo                            |
| Baja                    | 2                | Condiciones de precipitación baja, que no son adecuadas para el desarrollo y producción óptima del cultivo           |
| Alta                    | 3                | Condiciones de precipitación alta, que no son adecuadas para el desarrollo y producción óptima del cultivo           |
| No apta                 | 4                | Condiciones de precipitación alta/baja no apta para el desarrollo y producción óptima del cultivo                    |
| <b>Textura</b>          |                  | <b>Descripción</b>   |
| Optima                  | 1                | Condiciones de textura del suelo apropiadas para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo                      |
| Baja                    | 2/3              | Condiciones de textura del suelo menos apropiadas para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo                |
| Alta                    | 4                | Condiciones de textura del suelo no apropiadas para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo                   |
| <b>pH</b>               |                  | <b>Descripción</b>   |
| Optima                  | 1                | Condiciones de reacción del suelo (pH) apropiadas para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo                |
| Baja                    | 2                | Condiciones de reacción del suelo (acidez) menos apropiadas para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo      |
| Alta                    | 3                | Condiciones de reacción del suelo (alcalinidad) menos apropiadas para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo |
| <b>Materia orgánica</b> |                  | <b>Descripción</b>   |
| Optima                  | 1                | Condiciones de materia orgánica apropiadas para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo                       |
| Menos óptima            | 2                | Condiciones de materia orgánica menos apropiadas para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo                 |
| <b>Profundidad</b>      |                  | <b>Descripción</b>   |
| Apta                    | 1                | Condiciones de la profundidad del suelo adecuadas para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo                |
| Menos apta              | 2/3              | Condiciones de la profundidad del suelo menos adecuadas para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo          |
| No apta                 | 4                | Condiciones de la profundidad del suelo no adecuada para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo              |
| <b>Pendiente</b>        |                  | <b>Descripción</b>   |
| Apta                    | 1                | Condiciones de la pendiente adecuada para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo                             |
| Menos apta              | 2/3              | Condiciones de la pendiente menos adecuada para el crecimiento y desarrollo óptima del cultivo                       |
| No apta                 | 4                | Condiciones de la pendiente no es favorable para el desarrollo del cultivo   |

## IX. METODOLOGÍA

Para la determinación de la aptitud agroclimática se establecieron los criterios de análisis y evaluación del desempeño agronómico de los cultivos en base a la productividad obtenida en los últimos 12 años.

Asimismo, se procesó para los diferentes requerimientos agroclimáticos de los cultivos priorizados la información edáfica (textura, profundidad, pH y materia orgánica), la climática (temperatura y precipitación media anual) y topográfica (pendiente, altitud).

Se elaboró los mapas componentes de la aptitud utilizando la herramienta ArcGIS 9,3 aplicando el modelo geostatistical analyst para el mapa de clima y para el mapa de suelos se digitalizó la información proveniente del mapa de suelos de la Región. Se realizó la sobreposición de los mapas de clima, suelo y topográfico.

El resultado se clasificó en 3 categorías de aptitud: Apta, Moderadamente Apta y No apta en donde también se estableció las limitaciones respectivas para cada cultivo. Asimismo, se cuantificó el total de áreas potenciales para los cultivos analizados.

## X. RESULTADOS

### 10.1 Evaluación agronómica

A continuación se muestra el nivel de productividad alcanzado por cada uno de los cultivos priorizados de los distritos de Marangani, San salvador y la Microcuenca de Huacrahuacho en la región Cusco; así como su desempeño agrícola en cada una de las zonas durante los últimos 9 años (**tabla 92**).

**Tabla 92.** Nivel de productividad alcanzado en las zonas de estudio y cultivos priorizados

| Zonas de estudio    | Cultivos priorizados |              |       |       |              | Desempeño agrícola   |
|---------------------|----------------------|--------------|-------|-------|--------------|--|
|                     | Haba                 | Maíz         | Papa  | Trigo | Cebada       |  |
| <b>Marangani</b>    | Medio - alto         | Bajo - medio | Medio | Medio | Medio - alto | Mejor desempeño del haba y cebada; regular papa y trigo. La productividad de maíz es baja. |
| <b>San Salvador</b> | Medio                | Alto         | Bajo  |       |              | Buena productividad de maíz, regular para haba y no recomendable para papa                 |
| <b>Huacrahuacho</b> |                      |              |       |       | Bajo - medio | Regular para el cultivo de cebada  |

#### **Distrito de Marangani**

El desempeño agronómico de los cultivos priorizados en Marangani indica que las condiciones del distrito son adecuadas para el cultivo de habas y cebada (su productividad ha fluctuado entre el nivel medio y alto en los últimos años). Por otro lado, los cultivos de papa y trigo se desarrollan regularmente, sus rendimientos han

alcanzado el nivel medio; mientras que el cultivo de maíz no es recomendable, por su nivel de productividad entre medio y bajo.

### **San Salvador**

El cultivo con mayor productividad en el distrito de San salvador es el maíz amiláceo, presenta un nivel de productividad alto. El cultivo de haba presenta un nivel de productividad medio en la zona. Por otro lado, no es recomendable el cultivo de papa por su baja productividad, lo cual indicaría que las condiciones medioambientales son poco favorables.

Al respecto MDSS (2005), indica que el maíz es el principal producto del distrito (aporta el 34% del VBP), seguido de la kiwicha con 20%, etc. Las condiciones agroecológicas de la zona son adecuadas para la predominancia del cultivo de maíz, la productividad ha mejorado en los últimos años y una de las causas de esta mejora es la fertilidad del terreno y el clima estable.

### **Microcuenca de Huacrahuacho**

El cultivo de cebada es uno de los cultivos priorizados de esta zona, su productividad ha fluctuado entre el nivel bajo y medio en los últimos años. Lo que significa que las condiciones de la zona son poco apropiadas para este cultivo.

## **10.2 Aptitud agrícola en base a indicadores agroclimáticos**

### **10.2.1 San Salvador**

Según MDSS (2005), los cultivos de mayor superficie son: la papa con el 22,34%, seguida del maíz con el 20,14%. Otro cultivo de importancia relativa es la kiwicha con 17,63% (2003). Económicamente el maíz es el principal producto del distrito.

La condiciones agroecológicas de la zona son adecuadas para la predominancia del cultivo de maíz, pero también influyen la accesibilidad, articulación al mercado, entre otras.

### **Aptitud agroclimática del cultivo de haba**

Según la **tabla 93**, alrededor de 171,23 ha (1,02%) de la zona presenta condiciones climáticas y edáficas óptimas para el desarrollo y producción del cultivo de haba. Esta área presenta una temperatura entre 18 a 25 °C, precipitación de 450-800 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 40 cm y textura franco arenoso. Según la ONERN (1986), esta zona forma parte de la serie edáfica Cuyo misceláneo que se caracteriza por su pendiente de 0-50%, superficiales y moderadamente profundos con un drenaje excesivo.

Alrededor del 34,76% del área del distrito presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas para el cultivo, los factores limitantes son: baja temperatura, escasez de precipitación (menor a 500 mm), pendiente del terreno,

entre otras. Según la ONERN (1986), forma parte de algunas unidades de la serie edáfica Ccatcca, Cuyo-misceláneo y Pomacanchi.

Un 64,22% del área se considera no apta para el cultivo de cebada, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura mínima y precipitación (fuera de rango de requerimiento del cultivo), pendiente muy escarpado (mayor a 60%) y condiciones de textura no adecuados. Según la ONERN (1986), forma parte de algunas unidades de la serie edáfica Ccatcca, Cuyo – misceláneo y Pomacanchi.

**Tabla 93.** Aptitud agrícola del cultivo de haba en el distrito de San salvador

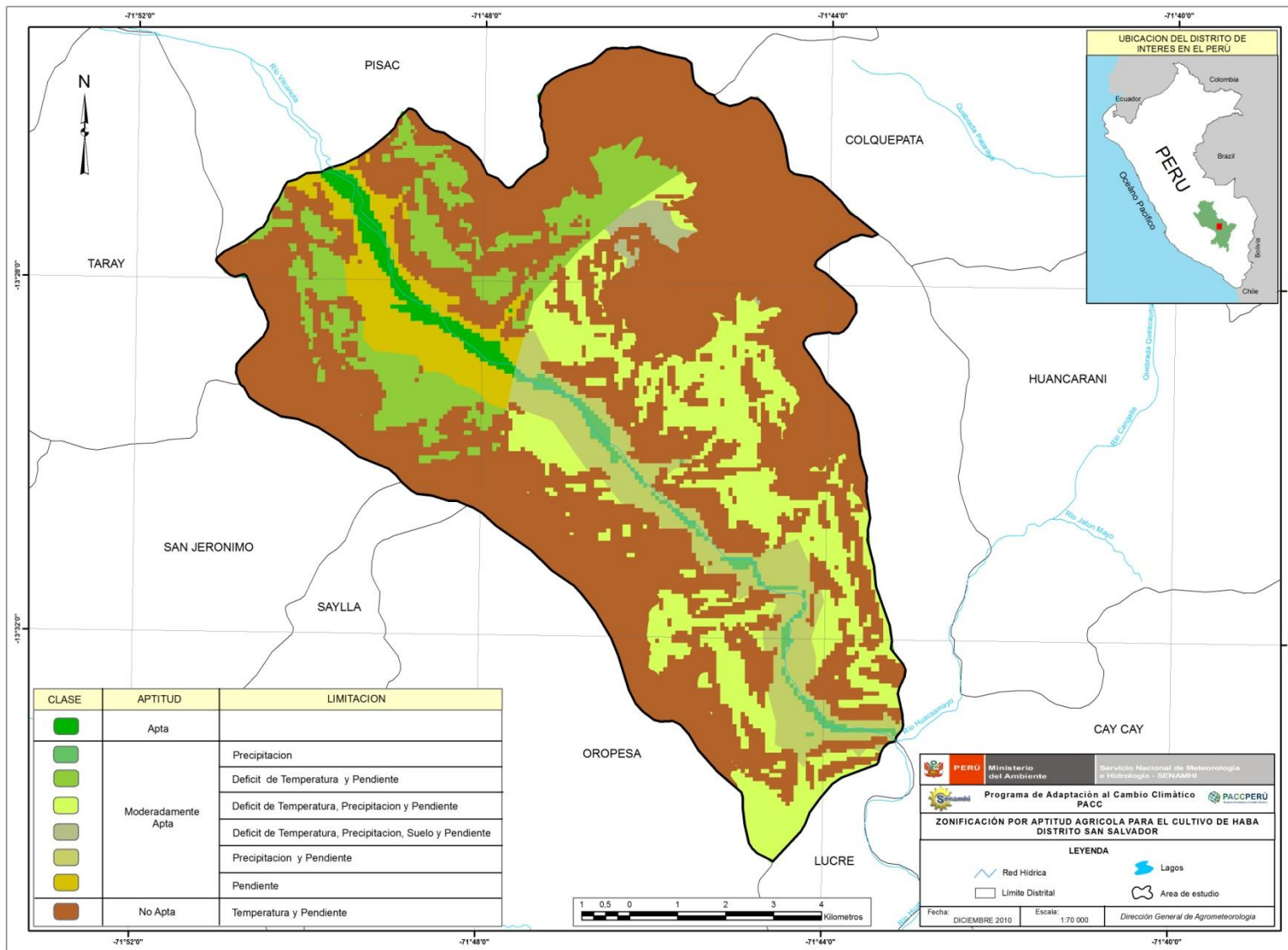
| Aptitud            | Área por clase |        | Factores limitantes   | Área por categoría |        |
|--------------------|----------------|--------|---|--------------------|--------|
|                    | ha             | %      |   | ha                 | %      |
| Apta               | 171,23         | 1,02   | Los factores evaluados no limitan   | 171,23             | 1,02   |
| Moderadamente apto | 5 819,74       | 34,76  | Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada | 3 626,95           | 21,66  |
|                    |                |        | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente menos adecuado     | 2 029, 50          | 12,12  |
|                    |                |        | Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento del cultivo                   | 163,29             | 0,98   |
| No apto            | 10 750,80      | 64,22  | Mayor a 4 000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo        | 10 750,80          | 64,22  |
| Total              | 16 741,77      | 100,00 | Total   | 16741,77           | 100,00 |

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca de 21,66% tienen limitaciones por temperatura (dentro del rango mínimo), escasez de precipitación (menor a 500 mm) y pendiente que va de 9 a 60%. Estas condiciones limitan el desarrollo del cultivo en la zona.

Por otro lado, la productividad del cultivo de haba en los últimos años ha fluctuado dentro de un nivel medio y con comportamiento relativamente constante en los últimos años. Desarrollándose básicamente en tierras bajo secano y marginales dependiendo exclusivamente de las lluvias. Es probable que las condiciones antes expuestas en gran medida puedan explicar la productividad alcanzada

El **mapa 22** muestra la distribución espacial de la aptitud agroclimática del cultivo de haba en el distrito de Maranganí; donde el 1,02% de las tierras se presenta como apto; el 34,76% de la zona como moderadamente apto y el 64,22% como no apto para el cultivo de haba.

**Mapa 22.** Distrito de San Salvador: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de haba



### **Aptitud agroclimática del cultivo de maíz**

Según la **tabla 94**, el distrito de San Salvador, no posee zonas con condiciones climáticas y edáficas aptas para el cultivo maíz. Teniendo en cuenta que el cultivo requiere principalmente temperatura de 15 a 20 °C, precipitación de 500 a 700 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 50 cm.

Sin embargo, alrededor del 36,31% del área del distrito presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas para el cultivo de maíz. Siendo sus factores limitantes la baja temperatura, la escasez de precipitación y la pendiente del terreno, entre otras.

Asimismo, alrededor del 63,69% del área se considera no apta para el cultivo de maíz, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura mínima y precipitación muy escasa (fuera de rango de requerimiento mínimo del cultivo), pendiente muy escarpado (mayor a 60%).

**Tabla 94.** Aptitud agrícola del cultivo de maíz en el distrito de San Salvador

| Aptitud            | Área por clase |        | Factores limitantes   | Área por categoría |        |
|--------------------|----------------|--------|---|--------------------|--------|
|                    | ha             | %      |   | ha                 | %      |
| Moderadamente apto | 5 910,77       | 36,31  | Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada | 3 825,64           | 23,50  |
|                    |                |        | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente menos adecuado     | 2 085,14           | 12,81  |
| No apto            | 10368,09       | 63,69  | Mayor a 4 000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo        | 10368,09           | 63,69  |
| Total              | 16278,85       | 100,00 | Total   | 16278,85           | 100,00 |

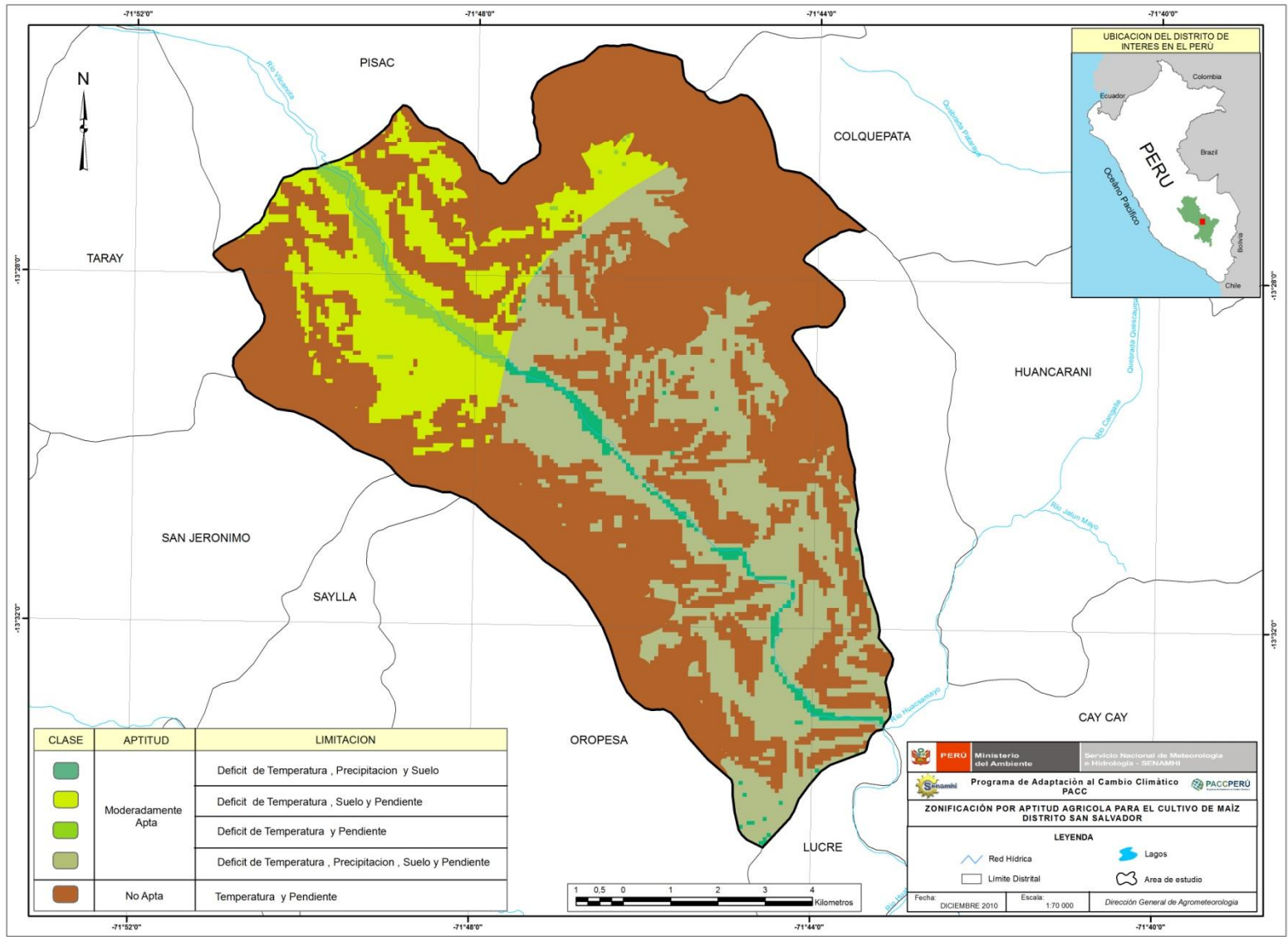
Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca del 23,50% tienen limitaciones por temperatura (rango mínimo, 5 a 18 °C), precipitación escasa (200 a 500 mm) y pendiente que va de 9 a 60%, estas condiciones se constituyen como factores que limitan su desarrollo.

La productividad del cultivo de maíz en el distrito de San Salvador ha fluctuado en un nivel alto en comparación con otras zonas de la región. Este comportamiento se ha mantenido relativamente constante y con tendencia positiva en los últimos 9 años.

Cabe destacar que el maíz es el cultivo principal en este distrito desde diferentes aspectos: área sembrada, número de productores involucrados y el valor económico (en % VBP) del distrito. Por lo tanto las áreas maiceras de la zona están constituidas por tierras de mejor calidad, con acceso a fuentes de agua, mejor tecnología y con acceso a los mercados.

En el **mapa 23**, se muestra la distribución espacial de la aptitud agroclimática del cultivo de maíz en San Salvador; donde la evaluación de las condiciones agroclimáticas no muestran zonas óptimas para el maíz, existen variedades específicas como el blanco Urubamba adaptado al valle del río Urubamba. Asimismo, un 36,31% de tierras moderadamente aptas y un 63,69% no aptas.

**Mapa 23.** Distrito de San Salvador. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de maíz





### **Aptitud agroclimática del cultivo de papa**

Alrededor de 150,28 ha (0,91%) de la zona presenta condiciones climáticas y edáficas aptas para el desarrollo y producción del cultivo de papa (**tabla 95**). Esta área presenta una temperatura de 14 a 20 °C, precipitación de 500 a 1300 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 50 cm y textura franco arenoso. Según la ONERN (1986), esta zona forma parte de la serie edáfica Cuyo-misceláneo que se caracteriza por su pendiente de 0-50%, superficiales y moderadamente profundos con un drenaje excesivo. Asimismo, aproximadamente el 35,38% del área del distrito presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas para el cultivo. Los factores limitantes son: baja temperatura escasez de precipitación (220 - 500 mm), pendiente del terreno, entre otras. Según la ONERN (1986), esta zona forma parte de algunas unidades de la serie edáfica Ccatcca, Cuyo-misceláneo y Pomacanchi.

Cerca del 64,62% del área se considera no apta para el cultivo de papa, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura mínima y precipitación (fuera de rango de requerimiento del cultivo), pendiente muy escarpada (mayor a 60%). Adicionalmente la pendiente del terreno y la textura del suelo son limitantes.

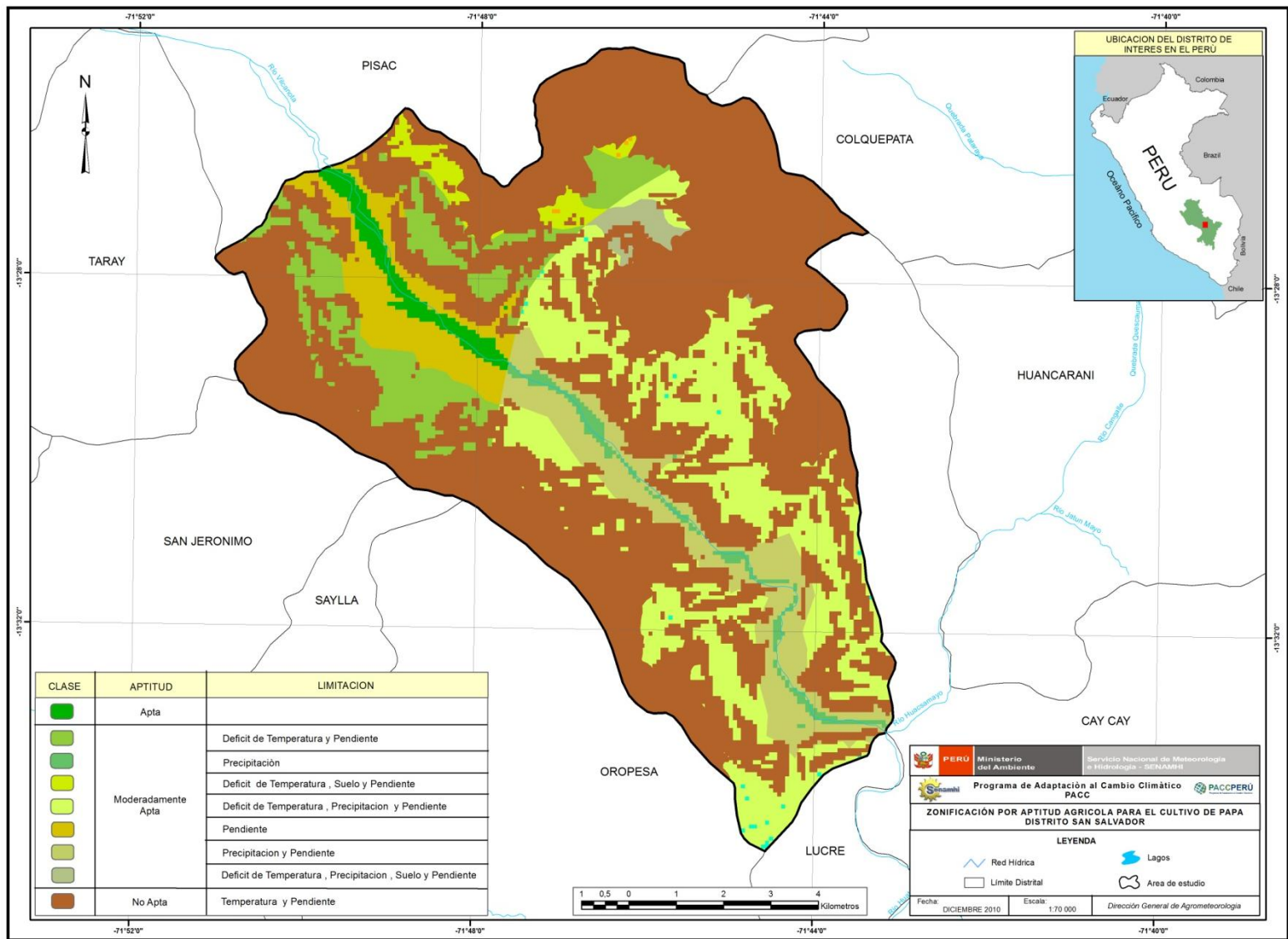
**Tabla 95.** Aptitud agrícola del cultivo de papa en el distrito de San Salvador

| Aptitud            | Área por clase |       | Factores limitantes   | Área por categoría |        |
|--------------------|----------------|-------|---|--------------------|--------|
|                    | ha             | %     |   | ha                 | %      |
| Apta               | 150,28         | 0,91  | Los factores evaluados no limitan   | 150,28             | 0,91   |
| Moderadamente apto | 5 824,07       | 35,38 | Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada                   | 158,95             | 0,97   |
|                    |                |       | Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente menos adecuado       | 3 566,26           | 21,66  |
|                    |                |       | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente menos adecuado                       | 1 671,14           | 10,15  |
|                    |                |       | Precipitación en el rango mínimo de requerimiento   | 164,01             | 1,00   |
|                    |                |       | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo, la pendiente y la textura del suelo menos adecuado | 263,71             | 1,60   |
| No apto            | 10638,09       | 64,62 | Mayor a 4000 msnm, temperatura, precipi. y pendiente fuera del rango del cultivo                                | 10638,09           | 64,62  |
| Total              | 16462,16       | 100,0 | Total   | 16462,16           | 100,00 |

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca de 21,66% tienen limitaciones por baja temperatura y escasa precipitación (6 a 14 °C y 220 a 500 mm respectivamente), pendientes de 9 a 60%, etc. Estas condiciones limitan el desarrollo adecuado del cultivo.

La productividad del cultivo de papa en el distrito de San Salvador durante los últimos años ha fluctuado en un nivel bajo. Cabe destacar que la papa no se constituye como un cultivo principal de la zona y se siembra más en áreas bajo secano. En el **mapa 24**, se presenta la distribución espacial de la aptitud agroclimática para el cultivo de papa en San salvador, alrededor de 0,91% presenta condiciones óptimas para el cultivo; 35,38% condiciones moderadamente aptas y un 64,64% de tierras no aptas.

**Mapa 24.** Distrito de San Salvador. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de papa



## 10.2.2 Marangani

De acuerdo a la **tabla 19**, el distrito de Marangani posee alrededor de 50 000 ha.

### Aptitud agroclimática de haba

Según la **tabla 96**, el distrito de Marangani, no posee zonas con condiciones climáticas y edáficas adecuadas para el cultivo de haba. Teniendo en cuenta que los principales requerimientos agroclimáticos del cultivo son: temperatura de 13 a 20 °C, precipitación de 500 a 1000 mm, pendiente menor a 8%, profundidad del suelo mayor a 40 cm.

Alrededor del 22,10% del área del distrito presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas para este cultivo. Los factores limitantes principalmente son la baja temperatura y la pendiente del terreno. La precipitación no es limitante.

El 78,64% del área se considera no apta para el cultivo de haba, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura mínima y precipitación escasa (fuera de rango de requerimiento mínimo del cultivo), pendiente muy escarpado (mayor a 60%) (**mapa 25**).

**Tabla 96.** Aptitud agrícola del cultivo de haba en el distrito de Marangani

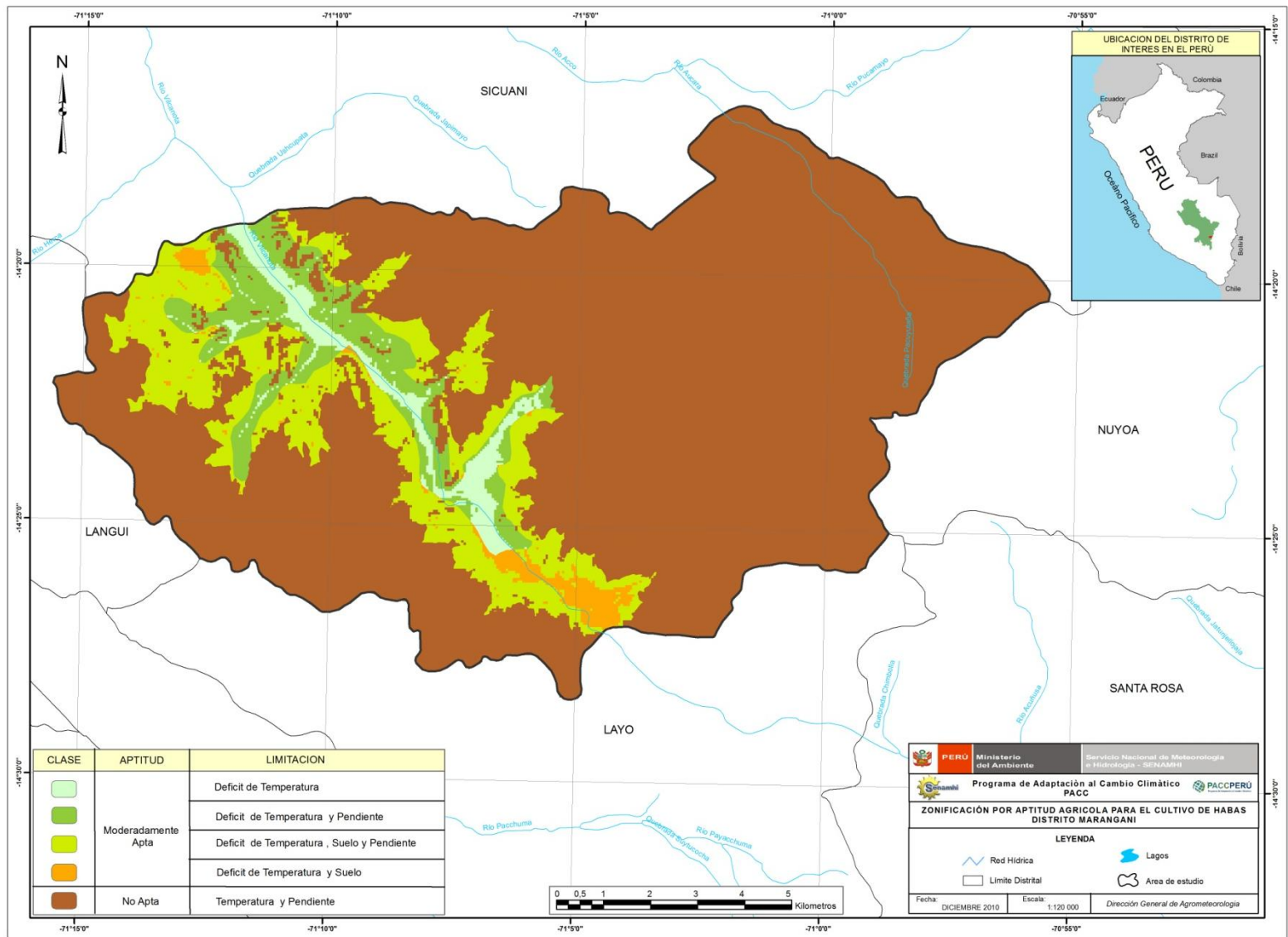
| Aptitud            | Área por clase |        | Factores limitantes   | Área por categoría |        |
|--------------------|----------------|--------|---|--------------------|--------|
|                    | ha             | %      |   | ha                 | %      |
| Moderadamente apto | 9 552,90       | 21,36  | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo   | 1 314,23           | 2,94   |
|                    |                |        | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del terreno menos adecuado | 8 238,67           | 18,42  |
| No apto            | 35175,64       | 78,64  | Mayor a 4000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo                 | 35175,64           | 78,64  |
| Total              | 44728,53       | 100,00 | Total   | 44728,53           | 100,00 |

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca del 18,42% tienen limitaciones por temperatura (dentro del rango mínimo, 5 a 13 °C) y la pendiente que va de 9 a 60%, estas condiciones se constituyen como factores limitantes de su desarrollo adecuado. La precipitación no es una limitante para este cultivo.

El rendimiento del cultivo de haba en el distrito de Marangani para los últimos años ha fluctuado entre un nivel medio y alto en comparación con otras zonas de la región. Siendo un desempeño agronómico relativamente bueno.

Es uno de los cultivos más importantes en la zona desde punto de vista alimentario y se considera de bajo uso de insumos externos (fija nitrógeno atmosférico), es ideal para la recuperación de fertilidad natural de los suelos. La mayor productividad lograda es probable que sea por la disponibilidad de agua y por la existencia de tecnologías (sistemas de riego), las zonas de siembra se encuentra en la influencia del proyecto de irrigación Marangani.

**Mapa 25.** Distrito de Marangani. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de haba



### Aptitud agroclimática de maíz

A partir de la **tabla 97**, el distrito de Marangani, no posee zonas con condiciones climáticas y edáficas adecuadas para el cultivo de maíz. Siendo los principales requerimientos agroclimáticos del cultivo: temperatura de 15 a 20 °C, precipitación de 500 a 700 mm, pendiente menor a 8%, profundidad del suelo mayor a 50 cm.

Alrededor del 28,94% del área del distrito presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas para el maíz, los factores limitantes importantes son la baja temperatura (7 a 15 °C) y la pendiente del terreno. La precipitación no es limitante.

Mientras que un 71,06% del área se considera no apta para el cultivo de maíz, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura mínima y precipitación escasa (fuera de rango de requerimiento mínimo del cultivo), pendiente muy escarpado (mayor a 60%), entre otras (**mapa 26**).

**Tabla 97.** Aptitud agrícola del cultivo de maíz en el distrito de Marangani

| Aptitud            | Área por clase |        | Factores limitantes   | Área por categoría |        |
|--------------------|----------------|--------|---|--------------------|--------|
|                    | ha             | %      |   | ha                 | %      |
| Moderadamente apto | 14 596,67      | 28,94  | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del terreno menos adecuado | 13 208,75          | 26,19  |
|                    |                |        | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo   | 1387,92            | 2,75   |
| No apto            | 35 835,89      | 71,06  | Mayor a 4000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo                 | 35 835,89          | 71,06  |
| Total              | 50 432,56      | 100,00 | Total   | 50 432,56          | 100,00 |

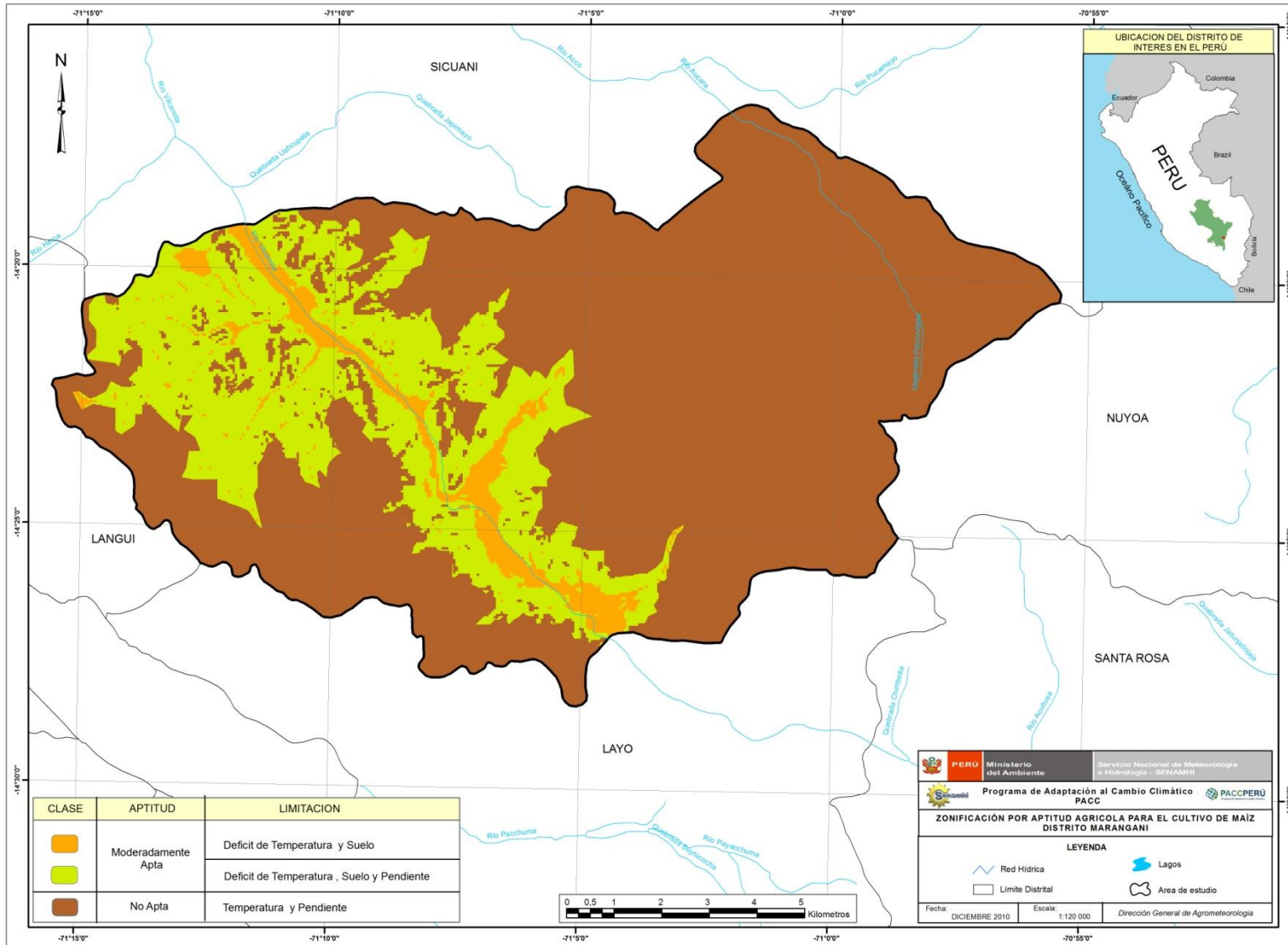
Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, el 26,19% tiene limitaciones por temperatura dentro del rango mínimo (7 a 15 °C) y la pendiente que va de 9 a 60%, estas condiciones se constituyen como limitantes al desarrollo del cultivo.

La productividad del cultivo de maíz en esta zona ha fluctuado entre un nivel bajo y medio, en comparación con otras zonas de la región. Este comportamiento ha sido relativamente constante en los últimos 9 años.

El maíz es uno de los cultivos más importantes en la zona desde punto de vista alimentario, cultural, económico, etc.

Por otro lado, la evaluación de las condiciones agroclimáticas indican que la zona de Marangani desde punto de vista agroclimático no muestra zonas aptas para el cultivo de maíz. Sin embargo, el 28,94% de las tierras son moderadamente aptas con limitaciones moderadas, especialmente de baja temperatura y de pendiente del terreno, más no de precipitación. Un 71,06% de las tierras son consideradas como no aptas para este cultivo.

**Mapa 26.** Distrito de Marangani. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de maíz



### Aptitud agroclimática de papa

Según la **tabla 98**, al igual que el maíz el distrito de Marangani no posee zonas con condiciones climáticas y edáficas adecuadas para el cultivo de papa. Siendo los principales requerimientos agroclimáticos del cultivo: temperatura de 14 a 20 °C, precipitación de 500 a 1300 mm, pendiente menor a 8%, profundidad del suelo mayor a 50 cm.

Alrededor del 22,26% del área del distrito presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas para la papa, con factores limitantes importantes como la baja temperatura (6 a 14 °C) y la pendiente del terreno, entre otras.

Un 77,74% del área se considera no apta para el cultivo de papa, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura mínima y precipitación escasa (fuera de rango de requerimiento mínimo del cultivo), pendiente muy escarpado (mayor a 60%), entre otras.

**Tabla 98.** Aptitud agrícola del cultivo de papa en el distrito Marangani

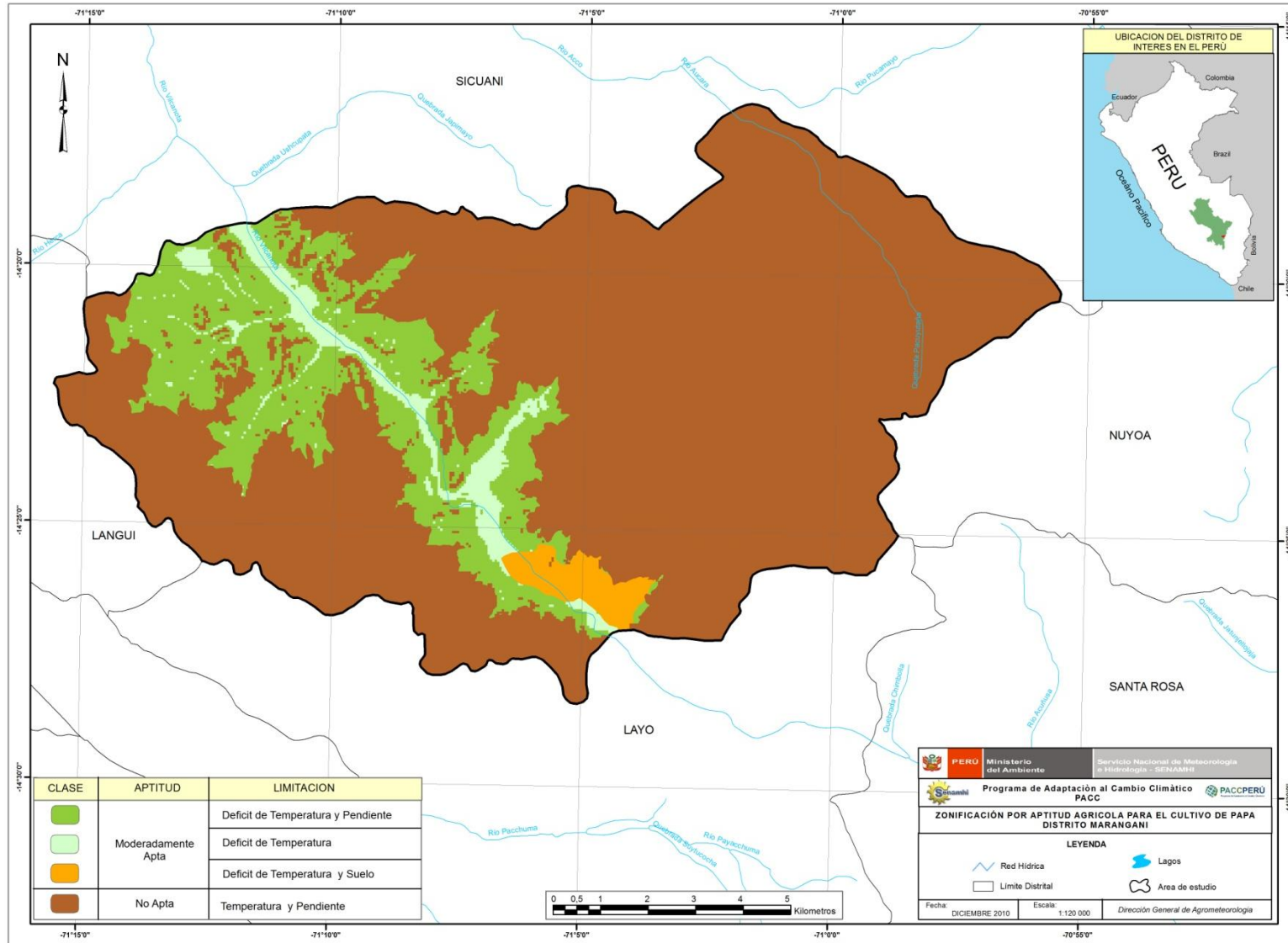
| Aptitud            | Área por clase |        | Factores limitantes   | Área por categoría |        |
|--------------------|----------------|--------|---|--------------------|--------|
|                    | ha             | %      |   | ha                 | %      |
| Moderadamente apto | 11 235,60      | 22,26  | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del terreno menos adecuado | 9 448,13           | 18,72  |
|                    |                |        | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo   | 1 787,47           | 3,54   |
| No apto            | 39 238,98      | 77,74  | Mayor a 4000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo                 | 39 238,28          | 77,74  |
| Total              | 50 474,58      | 100,00 | Total   | 50 474,58          | 100,00 |

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca del 18,72% tienen limitaciones por temperatura (fuera del rango mínimo, 6 a 14 °C) y la pendiente que va de 9 a 60%, estas condiciones limitan el desarrollo adecuado del cultivo. La precipitación no es un factor limitante.

El desempeño agronómico del cultivo durante los últimos años ha sido regular. La papa, es uno de los cultivos más importantes desde el punto de vista alimentario y cultural, pero al parecer no es importante desde el punto de vista de área sembrada.

La evaluación de las condiciones agroclimáticas para el cultivo de papa en Marangani, desde punto de vista agroclimático no muestra zonas adecuadas. Sin embargo, el 22,26% son moderadamente aptas para el cultivo de papa, pero con limitaciones especialmente por baja temperatura y de pendiente del terreno (**mapa 27**). Un 77,74% del terreno se presenta como no apto para el cultivo.

**Mapa 27.** Distrito de Marangani. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de papa





### Aptitud agroclimática de trigo

Según la **tabla 99**, al igual que otros cultivos importantes el distrito de Marangani, al trigo no cuenta con zonas con condiciones climáticas y edáficas adecuadas para su cultivo. Teniendo en cuenta que los requerimientos agroclimáticos del cultivo son: temperatura de 18 a 25 °C, precipitación de 450 a 800 mm, pendiente menor a 8%, profundidad del suelo mayor a 40 cm, entre otros.

Asimismo, alrededor del 22,08% del área del distrito presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas para este cultivo. Los factores limitantes más importantes son la baja temperatura (5 a 18 °C) y la pendiente del terreno.

Alrededor del 77,92% del área se considera como no apta para el cultivo de trigo, los principales factores limitantes son: altitud (mayor a 4 000 msnm), temperatura mínima y precipitación (fuera de rango de requerimiento mínimo del cultivo), pendiente muy escarpado (mayor a 60%).

**Tabla 99.** Aptitud agrícola del cultivo de trigo en el distrito de Marangani

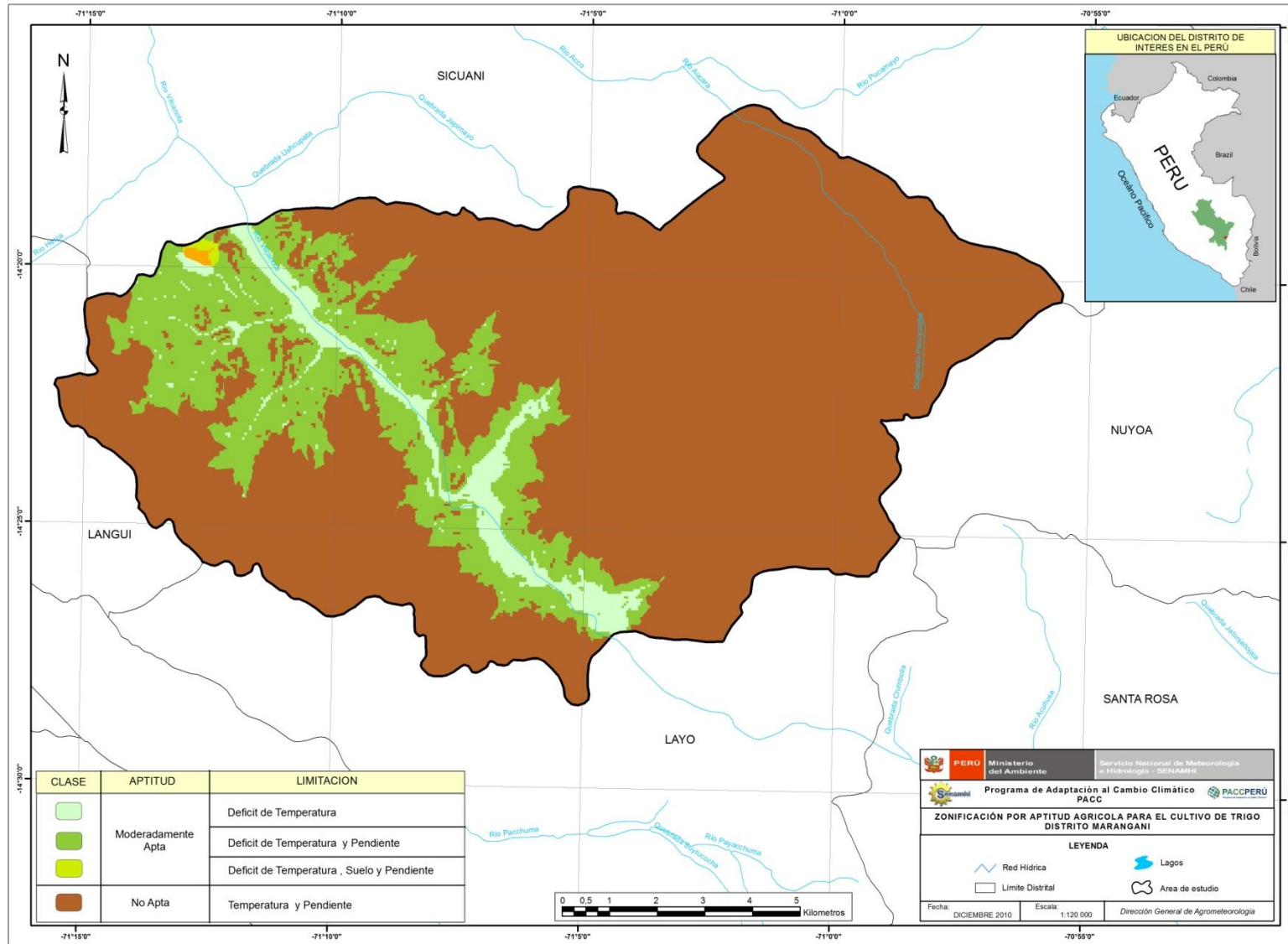
| Aptitud            | Área por clase |        | Factores limitantes   | Área por categoría |        |
|--------------------|----------------|--------|---|--------------------|--------|
|                    | ha             | %      |   | ha                 | %      |
| Moderadamente apto | 11 223,32      | 22,08  | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del terreno menos adecuado | 9 443,34           | 19,36  |
|                    |                |        | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo   | 1 379,98           | 2,71   |
| No apto            | 39 608,90      | 77,92  | Mayor a 4000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo                 | 39 608,90          | 77,92  |
| Total              | 50 832,22      | 100,00 | Total   | 50 832,22          | 100,00 |

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas cerca de 19,36% tienen limitaciones por temperatura (dentro del rango mínimo, 5 a 18 °C) y la pendiente que va de 9 a 60%, estas condiciones son factores que limitan su desarrollo. La precipitación no es un factor limitante.

La productividad del cultivo de trigo para el periodo de análisis ha fluctuado en un nivel medio y un desempeño agronómico relativamente regular. El trigo, es también uno de los cultivos más importantes desde el punto de vista alimentario, económico y el área sembrada.

El **mapa 28** muestra la distribución espacial de la aptitud agroclimática para el cultivo de trigo en el distrito de Marangani. Donde se muestra que desde punto de vista agroclimático no se cuentan con zonas adecuadas para este cultivo. Sin embargo, el 22,08% son moderadamente aptas, con limitaciones especialmente de temperatura y pendiente. Un 77,92% se presenta como zona no apta para el cultivo.

**Mapa 28.** Distrito de Marangani. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de trigo



### Aptitud agroclimática de cebada

En la **tabla 100**, se muestra que el distrito de Marangani, no posee zonas con condiciones climáticas y edáficas adecuadas para el cultivo de cebada. Siendo los principales requerimientos agroclimáticos del cultivo: temperatura de 15 a 25 °C, precipitación de 600 a 1100 mm, pendiente menor a 8%, profundidad del suelo mayor a 50 cm.

**Tabla 100.** Aptitud agrícola del cultivo de cebada en el distrito de Marangani

| Aptitud            | Área por clase |        | Factores limitantes   | Área por categoría |        |
|--------------------|----------------|--------|---|--------------------|--------|
|                    | ha             | %      |   | ha                 | %      |
| Moderadamente apto | 11270,28       | 22,10  | Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del terreno menos adecuada | 8 857,13           | 17,37  |
|                    |                |        | Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento del cultivo   | 1 048,35           | 2,06   |
|                    |                |        | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del terreno menos adecuada                 | 1 012,22           | 1,99   |
|                    |                |        | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo   | 352,58             | 0,69   |
| No apto            | 39723,05       | 77,99  | Mayor a 4000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo                                 | 39723,05           | 77,99  |
| Total              | 50993,33       | 100,00 | Total   | 50993,33           | 100,00 |

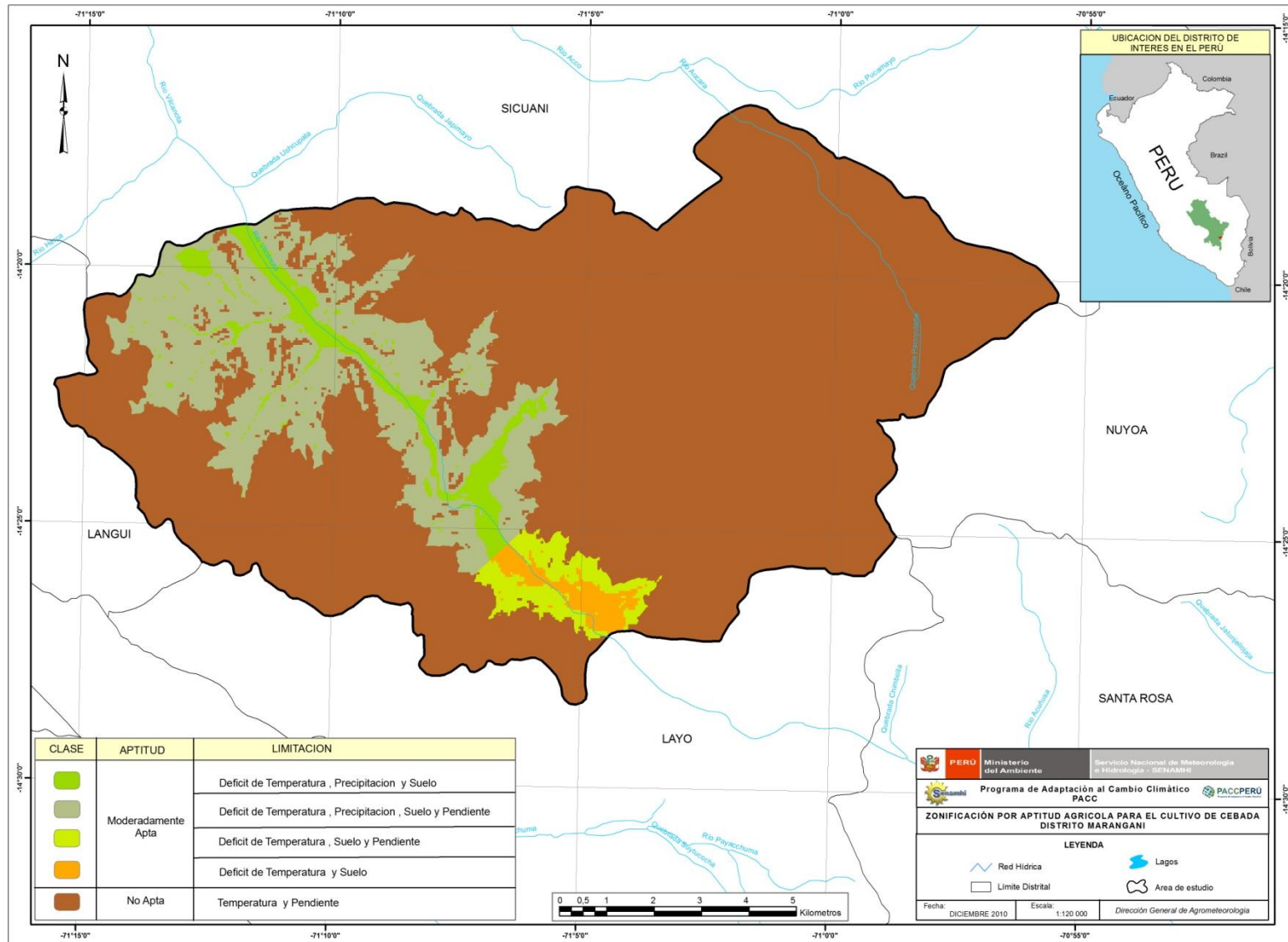
Alrededor del 22,10% del área del distrito presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas para este cultivo, Los factores limitantes más importantes son la baja temperatura y la escasez de precipitación (5 a 15 °C y 240 a 600 mm), así como la pendiente del terreno, entre otras.

Un 77,90% del área se considera no apta para el cultivo de cebada, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura mínima y precipitación escasa (fuera de rango de requerimiento mínimo del cultivo), pendiente muy escarpado (mayor a 60%). Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca del 17,37% tienen limitaciones por temperatura (rango dentro del mínimo, 5 a 15°C), precipitación escasa (240 a 600 mm) y pendiente que va de 9 a 60%, estas condiciones limitan el desarrollo adecuado del cultivo.

El rendimiento del cultivo de papa en el distrito de Marangani para los últimos años ha fluctuado entre un nivel medio y alto, en comparación con otras zonas de la región. Siendo su desempeño agronómico relativamente bueno. Este cultivo es uno de los cultivos principales de la zona desde el punto vista económico y alimentario, donde las áreas sembradas se ubican dentro de la jurisdicción de un proyecto de irrigación Marangani (ONERN, 1986).

Según la evaluación de las condiciones agroclimáticas la zona de Marangani no presenta zonas adecuadas para el cultivo de cebada. Sólo el 22,10% es moderadamente apta para el cultivo, con limitaciones por baja temperatura, escasez de lluvias y pendiente del terreno. Un 77,90% de tierras se presenta como no apta para el cultivo de cebada (**mapa 29**).

**Mapa 29.** Distrito de Marangani. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de cebada



### 10.2.3 Microcuenca de Huacrahuacho

La microcuenca de Huacrahuacho, abarca desde 3700 msnm hasta 4700 msnm. La productividad de los cultivos de la zona se caracteriza por el bajo rendimiento debido a las condiciones climáticas relativamente extremas que caracterizan la zona. Según Romero et al. (2010), los cultivos importantes de la zona son tubérculos y cereales andinos. La importancia de estos cultivos se basa desde el punto de vista alimenticio, ingreso económico y cultural. Por su valor económico figuran también los forrajes cultivados que están conformados por rye grass, avena, cebada, entre otros.

#### Cultivo de cebada

En la **tabla 101**, se muestra que la microcuenca de Huacrahuacho no posee zonas con condiciones climáticas y edáficas óptimas para el cultivo de cebada (tanto forraje y grano). Teniendo en cuenta que los principales requerimientos agroclimáticos del cultivo son: temperatura de 15 a 25 °C, precipitación de 600 a 1100 mm, pendiente menor a 8%, profundidad del suelo mayor a 40 cm.

**Tabla 101.** Aptitud agrícola del cultivo de cebada en la microcuenca de Huacrahuacho

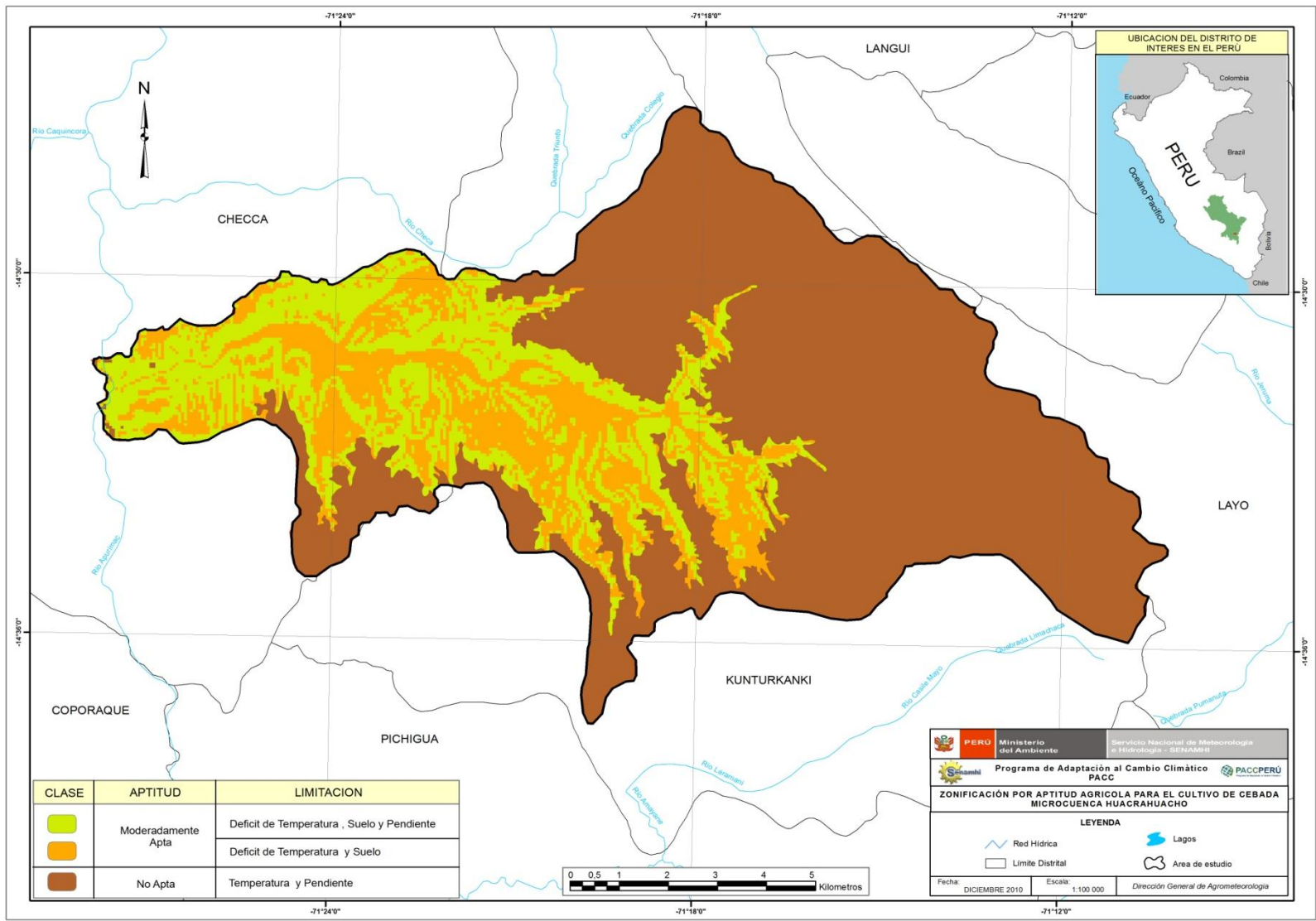
| Aptitud            | Área por clase |        | Factores limitantes   | Área por categoría |        |
|--------------------|----------------|--------|---|--------------------|--------|
|                    | ha             | %      |   | ha                 | %      |
| Moderadamente apto | 8683,73        | 33,32  | Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del terreno menos adecuada | 4 901,44           | 18,81  |
|                    |                |        | Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo   | 3 782,29           | 14,51  |
| No apto            | 17376,13       | 66,68  | Mayor a 4000 msnm, temperatura, precipita. y pendiente fuera del rango del cultivo                                    | 17376,13           | 66,68  |
| Total              | 26059,85       | 100,00 | Total   | 26059,85           | 100,00 |

Aproximadamente el 33,32% del área de la zona presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas para la cebada, con limitaciones de baja temperatura (5 a 15 °C) y la pendiente del terreno, entre otras. Asimismo, alrededor del 66,68% del área se considera como no apta para el cultivo de cebada, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura y precipitación (fuera de rango de requerimiento mínimo del cultivo), pendiente muy escarpado (mayor a 60%). Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca del 18,81% tienen limitaciones por temperatura (dentro del rango mínimo, 5 a 15 °C) y la pendiente que va de 9 a 60%.

La productividad del cultivo de cebada ha fluctuado en un nivel bajo y medio en comparación con otras zonas de la región. El cultivo de cebada se siembra en la zona con dos objetivos como forraje y para la cosecha de grano. Cabe destacar que la siembra se realiza enteramente en seco. Por ello, la productividad alcanzada tiene que ver con las condiciones extremas de temperatura de la zona.

La evaluación de las condiciones agroclimáticas de la zona de Huacrahuacho, desde punto de vista agroclimático no muestra zonas adecuadas para este cultivo. El 33,32% de las tierras son moderadamente aptas para el cultivo de cebada, pero con limitaciones moderadas, especialmente la baja temperatura y la pendiente del terreno (**mapa 30**). Un 66,68% de tierras se presenta como no apta para el cultivo.

**Mapa 30.** Microcuenca de Huacrahuacho. Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de cebada



## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, C. 1991. Caracterización Agroclimática del Departamento de Cusco. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis de Ing. Meteorólogo.
- Alarcón, C. 1997. Estudio de las sequías en el Departamento de Puno. Lima - Perú.
- Alcántara, J. 1995. Estudio del mercado japonés para el anís peruano proveniente de los valles de Moquegua y Apurímac.
- Altet, A. 2006. Determinación de zonas potenciales para el cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en los departamento de Cusco y Junín mediante el uso de teledetección. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú Tesis de Magister Scientiae.
- Amorós, W. 1979. Relación entre niveles de heterocigocidad y adaptación a los trópicos húmedos en papa autotetraploides. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis de Magister Scientiae.
- Anaya, M. 2004. Cultivo de alfalfa con riego por goteo subsuperficial. México.
- Arias, J.; Flores, A. y Malpartida, E. 1990. En Anales científicos Enero - Diciembre 1990. Volumen XXX. Estudio de la variación de la dominancia de las especies claves *Festuca dolychophyla* y *Poa candamoana* en praderas sometidas a diferentes sistemas de manejo en la sierra central del Perú.
- Arrieta, I. y Romero, C. 2008. Alfalfa. Curso de Pasturas. Montevideo – Uruguay.
- Arteaga, R.; Tijerina, L. y Aceves, L. 1988. Determinación de la Estación de Crecimiento Efectiva para los valles Altos. Memoria de los Trabajos del III Congreso Interamericano de Meteorología y III Congreso Mexicano de Meteorología. México.
- Ávila, J. 2010. Acidez del suelo. Disponible en:  
[http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/acidez\\_suelo.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/acidez_suelo.pdf)
- Baldión, J. 1987. Conceptos básicos y métodos de cálculo del Balance Hídrico. HIMAT. Bogota. D.E. Colombia.
- Balladares, D. 1993. Crecimiento y producción de 22 familias de tubérculos de papa precoces en la sierra central del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Ballena, M. 1983. Cultivo de Cebada y Habas. Programa sectorial. Situación actual del cultivo de habas en el Perú. Puno - Perú.

- Barreto, C. 1997. Análisis de la agricultura en la provincia de Jauja. El caso de cultivo de cereales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis Ing. Agrónomo.
- Bascur, G. 1993. En: Soberanía alimentaria y sistemas bolivianos andinos. Congreso Internacional de Cultivos Andinos XI. 2004. Cochabamba - Bolivia. Lenteja y el haba en América Latina: Su importancia, factores limitantes e investigación. Reporte Especial.
- Berger, J. 1967. El maíz su producción y abonamiento. Kansas city. USA.
- Burgos, J.J. 1963. Las Heladas en la Argentina. Colección INTA. Vol III. 388 p. Buenos Aires.
- Calendario Agrícola. Disponible en: [www.minag.gob.pe/agricola/calendario-agricola.html](http://www.minag.gob.pe/agricola/calendario-agricola.html).
- Camarena, F.; Chiappe, L.; Huaranga, A. y Mostacero E. 2003. Manual del cultivo de Haba. Caritas diocesana - Huancavelica, Universidad Nacional Agraria La Molina y Fondo Italoperuano. Lima Perú.
- Camarena, F.; Chiappe, L.; Huaranga, A. y Mostacero E. 2003. Fundamentos técnicos para el monitoreo, reacondicionamiento y valorización de cultivos y crianzas. Cultivo de arveja y Haba. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.
- Canahua, F. 1983. En: Curso: Cultivo de cebada y habas. INIPA y CIP XV. Programa sectorial de capacitación. Puno - Perú. Promoción del cultivo mejorado en Puno. Puno – Perú.
- Casas, H. 1967. El anís, su cultivo y estudio de las respuestas a la aplicación de 3N, 3P y 3K. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Cusco - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Mahon (CCEA), 2000. El cultivo del maíz para ensilar (II) Información Técnica N° 19. Abril del 2000.
- Centro Internacional de la Papa (CIP) y la Federación Departamental de Comunidades Campesinas (FEDECH), 2006. Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica. Huancavelica - Perú.
- Cépeda, M. y Gallegos, G. 2003. La papa. El fruto de la tierra. Trillas – México
- Consorcio Villarica. 2007. Estudio Definitivo para la rehabilitación de la Carretera Chanchamayo – Villarrica, tramo: Puente Paucartambo – Villarrica. Sección: Línea base ambiental. Lima Perú.



- Cooperación Técnica Internacional de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA) de la Secretaría de Educación Pública (SEP), con la colaboración de FAO Y PNUD. 1983. Maíz. Manual para Educación Agropecuaria. Trillas. México.
- Coronel, R. 2000. Caracterización de Líneas dobles haploides de cebadas (*Hordeum Vulgare*) bajo condiciones de la Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú. Tesis Ing. Agrónomo.
- Collantes, R. 2007. Comparativo del rendimiento y calidad de cultivares mejoradas de cebada (*Hordeum Vulgare* L.) en dos localidades de sierra central del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Coulombe, J. 1983. En: Curso: Cultivo de cebada y habas. INIPA y CIP XV. Programa sectorial de capacitación. Puno - Perú. Alternativas Tecnológicas de cultivo de cebada grano en relación a sistemas de rotación de cultivos en Puno. Puno - Perú.
- Curioni, A. y Arizio, O. 1997. Plantas aromáticas y medicinales - Umbelíferas. Hemisferio sur. Buenos Aires Argentina.
- Crosara, A. 2010. Consistencia del suelo. Práctica 5. Disponible en: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%205.pdf>
- Cruces, A. 2006. Caracterización morfológica y evaluación agronómica de 35 variedades generadas de trigo (*Triticum ssp*) colectados en el Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Chang J.H. 1968. Climate and Agriculture. An Ecological Survey. Aldine Publishing Co. Chicago, USA. 340 p.
- Chiappe, L. 1968. Cultivos alimenticios. (Capítulo: Leguminosas)(mimeo)- Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). 118p.
- Datos fenológicos de las estaciones meteorológicas de la región Cusco y Apurímac. Año 2003-2010.
- D`Attellis, 2005. Alfalfa (*Medicago sativa* L.). Producción de semilla Tinogasca, Cajamarca. Dirección Provincial de Programación del Desarrollo Ministerio de Producción de la Provincia de Catamarca.
- Da Motta, F. 1961. Geadas de primavera no Rio Grande do Soul. Cir. Inst. Agrom. S. Pelotas Brasil: 1-15.
- De la Flor, E. 1969. Determinación de la temperatura óptima de germinación en semillas mejoradas de trigo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.

- De la Torre, F. 2003. Efecto del ácido giberélico (AG3) sobre el rendimiento de grano y sus componentes en haba (*Vicia faba* L.) cultivar INIA 401 Cusco. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú. Tesis Magister scientiae.
- Del Pozo, M. 1971. La alfalfa, su cultivo y aprovechamiento. Mundi-prensa. Madrid - España.
- Dirección General de Educación Tecnológica (DGET). 1983. Manuales para producción agropecuaria, trigo, cebada y avena. Trillas. México.
- Dirección Regional Agraria Cusco y Apurímac (DRA). 2010. Datos estadísticos de campañas agrícolas 2000-2008, de la región Cusco y Apurímac.
- Dirección Regional Agraria Cusco (DRA - Cusco). 2010. Datos estadísticos de las campañas agrícolas 1997-2008, de la región Cusco.
- Dirección Regional Agraria Apurímac (DRA-Apurímac). 2010. Datos estadísticos de campañas agrícolas 2000-2008, de la región Apurímac.
- Distrito Talavera-Pischo. Diagnostico Global Participativo (DGP). Perfil Agrológico de la comunidad. Gerencia departamental Apurímac. Agencia zonal de Andahuaylas – Chincheros.
- Egúskuiza, R. 2010. Docente de la Universidad Nacional Agraria y especialista en cultivo de papa. Comunicación personal.
- Estrada, E. y Bravo, F. 2010. Manual de Prácticas de fenología de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México.
- Estrada, N. Importancia genética de las papas amargas. En: Mesa Redonda I, 1991. La Paz, Bolivia. Importancia genética de las papas amargas. LBTA - Proyecto de Investigación de la papa – Perú.
- Falconi, J. 2001. El trigo invernal en la región alto andina de Puno - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Flores, A. y Malpartida, E. 1987. Manejo de praderas nativas y pasturas en la región altoandina. Tomo I. Fondo del Libro. Lima Perú.
- FAO. 1978. Agroecological Zones Project. World Soil resources. Report Nun. 48 Vol I. Africa Geneva. Switzerland. 158 p.
- FAO. 2006. Evapotranspiración del Cultivo. Estudio FAO Riego y Drenaje N° 56. Roma.
- FAO. 2010. Software Aquapro.

- García A. 1997. Estudio fenológico y de crecimiento de 11 especies leñosas de matorral espinoso tamaulipeco en linares, Nuevo León, México. Tesis de Magister Scientiae. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León - México.
- Gobierno regional de Apurímac. Programa “Tarpunapaq Yacu”. 2009. Construcción irrigación Ccaccañe imaya vita. Memoria descriptiva. Microcuenca de Mollebamba – Apurímac. Perú
- Gómez, R., Roca, W., Ordinola, M., Manrique, K., Julca, P. y M. Tapia. 2008. Papas nativas del Perú. Catálogo de variedades y usos gastronómicos. Centro Internacional de la Papa y Ministerio de Agricultura.
- Gómez, L. 2005. Curso de cereales menores y granos nativos. Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Agronomía. Lima Perú.
- Gran Alianza Nacionalista Cusco (GANC). 2010. Plan de Gobierno Local. Gestión 2011-2014. Municipalidad distrital de Marangani. Marangani-Cusco.
- Horqqe, D. 1990. En: Seminario Mejoramiento y sistemas de producción de Haba XII. Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para la Subregión Andina: Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. IICA Pasto - Colombia, 1990. Informe sobre la producción e Investigación en el cultivo de habas (*Vicia faba* L.) en el Perú. Lima - Perú.
- Huamán, J. 1995. El cultivo de anís en el valle de Curahuasi. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-Dirección General de Agrometeorología. Lima Perú.
- Horton, D. 1992. La papa: Producción, comercialización y programas. CIP-Editorial. Agropecuaria Hemisferio Sur SRL. Montevideo. 260 pp.
- Huacac, J. 2008. Estudio subsectorial del cultivo del anís (*Pimpinella anisum* L.) En el distrito de Curahuasi”. Curahuasi. Apurimac.
- Huanco, J.; Blas, R.; Quispe, M. y Ugás, R. 2008. Pampa Corral. Catálogo de sus papas nativas. Lima - Perú
- Huancos, V. Potencial de papas nativas en el altiplano de Puno. En: Mesa Redonda I, 1991. La paz - Bolivia. Potencial de papas nativas en el altiplano de Puno. INIA - Puno – Perú.
- INIPA-GTZ, 1983. Producción comercialización de la cebada y demás cereales menores en la sierra del Perú. Proyecto: Fomento de la producción de cebada y otros cereales como sustitutos del trigo en la nutrición humana. Lima - Perú.

- Instituto Nacional de Ampliación de la Frontera Agrícola (INAF) y el Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA), 1984. La papa, La extensión en el manejo de agua - suelo - planta. Lima – Perú
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 1984. III Censo Nacional Agropecuario (III CENAGRO).
- ISTP-Curahuasi. 2010.
- Jaramillo J. 2010. Materia orgánica del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Kamisato, J. 1996. Evaluación de cinco genotipos de cebada bajo dos modalidades de siembra, en surcos y al voleo y dos densidades, bajo condiciones del valle de Mantaro. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Lesur, L. 2005. Manual del cultivo de maíz. Una guía paso a paso. Trillas. México.
- Lexus Editores, 1998. Gran Enciclopedia del Perú. Lima Perú
- Loayza, D. 1993. Evaluación de dos tipos de mulch en los regímenes de humedad temperatura del suelo y el rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) var: Tomasa Condemayta. Universidad Nacional Agraria La Molina Lima – Perú Tesis de Ing. Meteorólogo.
- López, P.; Egúsqüiza, R. y Villagomez, V. 1980. El cultivo de la papa. Centro Nacional de Capacitación para la reforma Agraria (CENARA). Lima - Perú.
- López Salguero, 2004. Caracterización morfológica y fenológica de una plantación de zarzaparrilla (*Smilax domingensis* Willd.), en el municipio de Samayac, Uchitépéquez. Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de Ing. Agrónomo. Guatemala.
- Manrique, A.; Fegan, W.; Sánchez, H.; Noriega, V.; Borbor, M.; Castillo, J. y Sarmiento, J. 1993. Manual del maíz para la costa. Proyecto TTA. Lima - Perú
- Manrique Chávez, A. 1988. El maíz en el Perú. Fondo de Promoción de la Cultura Agraria. Lima Perú.
- Marca, C. Estudio preliminar sobre colección de papas amargas en el Altiplano Central Boliviano. En: Mesa Redonda I, 1991. La paz - Bolivia. Estudio Preliminar sobre colección de papas amargas en el Altiplano Central Boliviano. Oruro – Bolivia.
- Mayhua, P. et al. 2008. Instalación y conservación de pastos cultivados en altura. Huancavelica – Perú.

- Menacho, E. 1992. Pronóstico de temperatura y precipitación y elaboración de calendario agrícola para Huayao - Huancayo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú. Tesis de Ing. Meteorólogo.
- Ministerio del ambiente (MINAM)-Agencia Suiza para la Cooperación y Desarrollo (COSUDE)-Centro de Estudios y prevención de desastres (PREDES), 2010. Cusco-Perú.
- Ministerio de Agricultura (MINAG), 2010. Datos de campaña agrícola 1997-2009, Lima - Perú.
- Miranda, R. 2003. Efecto de la asociación con haba y fertilización en dos ciclos de selección de la variedad de maíz PMD - 638. Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima - Perú. Tesis Ing. Agrónomo.
- Módulo 3. Recursos naturales y medio ambiente. Unidad Temática 1. Manejo y recuperación de praderas nativas. Bolivia. Disponible en: [www.redferia.org/j10/media/recursosnaturales.pdf](http://www.redferia.org/j10/media/recursosnaturales.pdf)
- Montalvo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José - Costa Rica.
- Municipalidad Distrital de San Salvador (MDSS), 2005. Plan de desarrollo concertado del distrito de San Salvador. Cusco, 2005.
- Municipalidad Provincial de Andahuaylas (MPA), 2004. Plan de desarrollo concertado de la provincia de Andahuaylas. Andahuaylas, 2004.
- Municipalidad distrital de Curahuasi (MDC), 2007. Plan de desarrollo económico del distrito de Curahuasi al 2017.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), 1982. Clasificación de las Tierras del Perú.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), 1981. Mapa de Capacidad de Uso Mayor de la Tierras del Perú. Lima Perú.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), 1986. Inventario y evaluación de los recursos naturales de la zona altoandina del Perú (reconocimiento) volumen II. Cusco. Lima Perú.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), 1982. Clasificación de las Tierras del Perú. Lima-Perú.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), 2002. Reglamento de Clasificación de Tierras. Actualizado de la versión 1975.
- Orellana, A. y De la Cadena J. 1985. Cultivo del Haba. Quito – Ecuador.

- Organización Meteorológica Mundial. 1992. Vocabulario Meteorológico Internacional Publicación No. 182. Ginebra, Suiza.
- Ortega Dueñas, R. Las papas amargas en Cusco-Perú. En: Mesa Redonda I, 1991. La Paz-Bolivia. Las papas amargas en Cusco-Perú
- Osca, J. 2007. Cultivos Herbáceos extensivos: Cereales. Universidad Politécnica de Valencia. Editorial UPV. España.
- Pereira, J. 1993. Procesamiento Postcosecha del anís (*Pimpinella anisum* L.). Estudio de Prefactibilidad para Curahuasi - Apurímac. Universidad Nacional San Antonio Abada del Cusco. Cusco - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Plan de Desarrollo Distrital Concertado 2004-2013. Municipalidad Distrital de San Andrés de Checca.
- Plan de Desarrollo Concertado del Distrito de San Salvador al 2014 (PDC). Municipalidad Distrital de San Salvador, Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas (CBC) y Consejo de Coordinación Local del distrito (CCLD).
- Plan de Desarrollo Económico del Distrito de Curahuasi (PDEDC). Gerencia de Desarrollo Económico y Social de la municipalidad distrital de Curahuasi – Municipalidad de Curahuasi-2007.
- Plan de desarrollo concertado distrital (PDC) 2004-2010. Municipalidad provincial de Andahuaylas. 2004.
- Plan de desarrollo concertado de la provincia de Andahuaylas (PDCP) 2004-2014. Andahuaylas. 2004.
- Plan de Desarrollo Concertado al 2017 (PDC). Municipalidad Distrital de Curahuasi.
- Plan Meriss, 2004. Estudio Agrológico. Unidad Operativa Apurímac. Proyecto de Irrigación Chumbao. Estudio Definitivo.
- Plan Meriss, 1981. Proyecto de Riego-Marangani.
- Posner, J. Bussink, R. Hijmans, R. Delgado, R. Willet, H. Sorogastúa, P. De la Cruz, J. Priorizando áreas para la conservación de suelos en la microcuenca La Encañada. CONDESAN. Lima 2003.
- Prats, J. y Grandcourt, M.1969. Los Cereales. Madrid - España.
- Programa Nacional de Manejo de CUENCAS Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS), 2008. Conservación de suelos y desarrollo forestal de la microcuenca de Huacrahuacho. Gerencia Departamental Cusco Zonal Canas Canchis. Cusco-Perú 2008.

- Proyecto: “Construcción del Sistema de Riego Presurizado en el Sector de Silco y Silcobamba de la comunidad de Silco, Dist. JEM, Prov. Antabamba, Dpto. Apurímac”.
- Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC)-Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)-Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), 2010. Caracterización Climática de las Regiones de Cusco y Apurímac. Lima – Perú.
- Programa de Desarrollo Rural Sostenible Cajamarca (PDRSC)-GTZ, 2010. Tecnología de manejo y conservación de recursos naturales para reducir la vulnerabilidad frente a fenómenos naturales y socio naturales. Cajamarca.
- Pulgar Vidal, J. 1996. Geografía del Perú: Las Ocho Regiones Naturales. Editorial Peisa S.A., Décima edición, Lima-Perú.
- Quispe, S. 2005. Análisis económico de la producción y comercialización de anís (*Pimpinella anisum*) en el valle de Curahuasi-Apurímac. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- QUINTERO, C. 2002. Dosificación del fósforo según tipos de suelos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS, PPI-PPIC, 16:15-18.
- Quiñones, E. 1994. Descripción morfológica de papas nativas en Ancash y Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Riebel, J. 2008. Potenciales del fortalecimiento de la cadena productiva del anís Curahuasino y las posibilidades de exportación. Informe final. Abancay – 2008.
- Rea, J. 2003. En: Soberanía Alimentaria y Sistemas Bolivianos Andinos. Congreso Internacional de Cultivos Andinos XI. 2004. Cochabamba-Bolivia. Biodiversidad de Plantas alimenticios de Bolivia.
- Rivera, U. 1973. Estudio comparativo de rendimiento entre variedades de habas. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Rojas y Alcántara, 2010. Cubertura vegetal y usos actuales del territorio, Zonificación Ecológica Económico-Ordenamiento Territorial-Cajamarca. Gobierno Regional de Cajamarca-Subgerencia de Acondicionamiento Terretorial. Cajamarca Perú.

- Romero, G. Kancha, K. Gamarra, M. Huaman, G. 2010. Estudio de impactos de la variabilidad y cambio climático en los sistemas productivos rurales y en las condiciones de vida y desarrollo campesinos-una visión desde la población rural de Cusco y Apurímac. Informe Final. Microcuenca Mollebamba. Cusco-Perú.
- Romero, G. Kancha, K. Gamarra, M. Huamán, G. 2010. Estudio de impactos de la variabilidad y cambio climático en los sistemas productivos rurales y en las condiciones de vida y desarrollo campesinos-Una visión desde la población rural de Cusco y Apurímac. Informe Final. Microcuenca Huacrahuacho. Cusco-Perú.
- Romero G; Kancha K; Gamarra M; Huamán G. 2010. Estudio de impactos de la variabilidad y cambio climático en los sistemas productivos rurales y en las condiciones de vida y desarrollo campesinos-Una visión desde la población rural de Cusco y Apurímac. Informe final: Microcuenca Mollebamba. Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC-PERÚ)-Ministerio del Ambiente (MINAM)-Agencia Suiza para la Cooperación y Desarrollo (COSUDE)-Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES). Cusco-Perú.
- Romero G; Kancha K; Gamarra M; Huamán G. 2010. Estudio de impactos de la variabilidad y cambio climático en los sistemas productivos rurales y en las condiciones de vida y desarrollo campesinos-Una visión desde la población rural de Cusco y Apurímac. Informe final: Microcuenca Huacrahuacho. Programa de adaptación al cambio climático (PACC-PERÚ).
- Rucks L., García F., Kaplan A., Ponce de León J. y Hill M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomía. Montevideo-Uruguay-2004.
- Schrooder, R. 1966. Algunas ideas sobre la preparación de un mapa de distribución anual de la precipitación en el Perú. En Boletín del Centro de Estudios meteorológicos del Perú. 9(1). Junio 1966. Lima p.3.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (SENAMHI), 2009. Manual de observaciones fenológicas. Dirección General de Agrometeorología. Lima - Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), 2010. Atlas de Heladas del Perú. Lima-Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), 2010. Caracterización Climática de las Regiones Cusco y Apurímac. Lima-Perú.
- Sevilla, R. y Valdés, L. Manual Técnico. Producción de maíz blanco Urubamba en el valle sagrado de los Incas. Fondo de Promoción de Exportaciones no Tradicionales (FOPEX) Lima – Perú.



- Silva, P. 2010. Laboreo y conservación de suelos. Disponible en [http://www.sap.uchile.cl/descargas/prod\\_cultivos/FPC\\_Laboreo\\_y\\_conservacion\\_de\\_suelo.pdf](http://www.sap.uchile.cl/descargas/prod_cultivos/FPC_Laboreo_y_conservacion_de_suelo.pdf).
- Social Sustainable Solutions (SSS, 2009). Plan de Desarrollo de la Comunidad Campesina de Mollebamba 2009-2020. Juan Espinoza Medrano – Antabamba-Apurímac. 2009.
- Soto, 2002. Manual para el diseño y gestión de pequeños sistemas de riego por aspersion en laderas. Proyecto Manejo Sostenible de suelos y agua en laderas (MASAL). Cusco – Perú.
- Tamayo, W. 2005. Comparativo de rendimiento de grano de cinco genotipos de anís (*Pimpinella anisum* L.) en Curahuasi. Cusco - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Tapia E, M. Sistemas de producción de papa amarga. En: Mesa Redonda I, 1991. La paz - Bolivia. La papa amarga - Consultor – Perú.
- Thom H.C.S. 1959. The Distributions of freeze- Data and Freeze- Free Period for Climatological Series Freezelees years. Mon. Wer. Rev 87(4): 36-144.
- Thornthwaite, C.W. y Mater, J.R. 1955. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the Water Balances. Publ. in Climatology Vol. X. N° 3- Centerton, N. Y.
- Toledo, R. 2006. Etapas fenológicas del cultivo de soya. Facultad de Ciencias Agraria de la Universidad. Buenos aires Argentina.
- United States Department of Agriculture (USDA, 2006). Soil Taxonomy. Disponible en: <http://soils.usda.gov/technical/classification/taxonomy/>.
- Universidad Nacional Experimental de los Llanos Orientales "Ezequiel Zamora" (UNELLO) - Fundación Polar. 1993. Metodología de transferencia tecnológica en el cultivo de maíz. Caracas - Venezuela.
- Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) - Ministerio de Alimentación (MA) - Programa cooperativo de Investigación en maíz - Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). 1977. Primer curso de Maíz amiláceo. Chaclacayo. Lima, Perú.
- Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), 1974. Manual del maíz. Programa Cooperativo de Investigación en maíz - Comité de Productores de maíz. Lima, Perú.
- Universidad Nacional Agraria La Molina (2009). Separatas del Curso de Edafología. Facultad de Agronomía. UNALM, 1999.

- Villapando I.J.F. y Garcia E. 1993. Agroclimatología de Jalisco. Anexo Cartográfico. Univ. de Guadalajara- IBLP. Guadalajara, Jalisco. 40 p.
- Villanueva, R. 1974. Cultivo de trigo en el Perú. Ministerio de Agricultura-Dirección General de Producción Agraria. Boletín N° 23. Lima, Perú.
- Villareal. Cultivo de alfalfa. AGROVILLA S.A.
- Walsh y Ccesionaria IIRSA SUR. Interconexión vial Ñapari-Puerto Maldonado del sur tramo II (ETAPA I). Sección Híbridos de trigo, sembrados en la costa y sierra. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.
- Wilhite, D. A. and M. H. Glantz. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. Water International, 10:111-120.
- Zarak, A. 1963. Estudio comparative de calidad de 24 variedades e hidricos de trigo, sembrados en la costa y sierra. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.