



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 APURÍMAC





PROGRAMA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO- PACC

“CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN APURIMAC”

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 LAA

N

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

PARTE 1. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN APURÍMAC

I. ZONAS DE ESTUDIO Y CULTIVOS PRIORIZADOS	04
II. GENERALIDADES	04
2.1 Región Apurímac	04
2.2 Zonas Priorizadas	08
2.2.1 Distrito de Curahuasi	08
2.2.2 Valle de Chumbao	10
2.2.3 Microcuenca de Mollebamba	12
III. OBJETIVOS	15
IV. METODOLOGÍA	15
4.1 Base de datos	15
4.1.1 Climática	15
4.1.2 Agrícola	16
4.2 Caracterización Agrícola	19
4.2.1 Requerimientos Agroclimáticos y Edáficos	19
4.2.2 Fenología de cultivos	19
4.2.3 Uso actual del suelo	20
4.2.4 Análisis edáfico de las zonas de estudio	21
4.2.5 Calendario agrícola	24
4.3 Evaluación Agroclimática	25
4.3.1 A nivel regional	25
4.3.2 A nivel de zonas priorizadas	27
4.4 Percepción local	29
V. CARACTERIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS PRIORITARIOS	30
5.1 Caracterización Agrícola	30
5.1.1 Requerimientos agroclimáticos y edáficos	30
5.1.1.1 Cultivo de papa mejorada	30

5.1.1.2	Cultivo de papa nativa	32
5.1.1.3	Cultivo de maíz	35
5.1.1.4	Cultivo de haba	37
5.1.1.5	Cultivo de alfalfa	38
5.1.1.6	Cultivo de anís	40
5.1.1.7	Cultivo de trigo	41
5.1.1.8	Cultivo de cebada	43
5.1.1.9	Pastos naturales altoandino	44
5.1.2	Fenología de los cultivos priorizados	45
5.1.2.1	Cultivo maíz	45
5.1.2.2	Cultivo papa mejorada	45
6.1.2.3	Cultivo papa nativa	46
5.1.2.4	Cultivo de haba	47
5.1.2.5	Cultivo de cebada	48
5.1.2.6	Cultivo de anís	49
5.1.2.7	Cultivo de alfalfa	50
5.1.3	Análisis del uso actual del suelo de las zonas priorizadas	50
5.1.3.1	Distrito de Curahuasi	51
5.1.3.2	Valle de Chumbao	51
5.1.3.3	Microcuenca de Mollebamba	52
5.1.4	Análisis edáfico de las zonas priorizadas	52
5.1.4.1	Distrito de Curahuasi	53
5.1.4.2	Valle de Chumbao	55
5.1.4.3	Microcuenca de Mollebamba	58
5.1.5	Calendario Agrícola	61
5.1.5.1	Distrito de Curahuasi	61
5.1.5.2	Valle de Chumbao	65
5.1.5.3	Microcuenca de Mollebamba	70
VI.	EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN APURÍMAC Y ZONAS PRIORIZADAS	73
6.1	Región Apurímac	73
6.1.1	Régimen de la temperatura del aire	73
6.1.1.1	Distribución temporal	73
6.1.1.2	Distribución espacial	74
6.1.1.3	Temperaturas mínimas absolutas	78
6.1.2	Régimen de heladas	81
6.1.3	Régimen de la precipitación	89
6.1.3.1	Distribución temporal	89
6.1.3.2	Distribución espacial	90
6.1.3.3	Distribución porcentual y estación lluviosa	92
6.1.4	Evapotranspiración referencial	92
6.1.5	Balance Hídrico	93

6.2. Zonas priorizadas	95
6.2.1 Distrito de Curahuasi	95
6.2.1.1 Régimen de las variables climáticas	95
6.2.1.2 Distribución espacial de la temperatura y precipitación	96
6.2.1.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias	100
6.2.1.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados	100
6.2.1.4.1 Período de crecimiento efectivo	101
6.2.1.4.2 Cultivo de papa	101
6.2.1.4.3 Cultivo de maíz	104
6.2.1.4.4 Cultivo de anís	106
6.2.1.5 Eventos extremos	108
6.2.1.5.1 Heladas	108
6.2.1.5.2 Sequias	108
6.2.2 Valle del Chumbao	111
6.2.2.1 Régimen de las variables climáticas	111
6.2.2.2 Distribución espacial de la temperatura y precipitación	112
6.2.2.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias	116
6.2.2.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados	116
6.2.2.4.1 Período de crecimiento efectivo	117
6.2.2.4.2 Cultivo de maíz	118
6.2.2.4.3 Cultivo de papa	120
6.2.2.4.4 Cultivo de haba	122
6.2.2.4.5 Cultivo de trigo	124
6.2.2.4.6 Cultivo de cebada	126
6.2.2.5 Eventos extremos	128
6.2.2.5.1 Heladas	128
6.2.2.5.2 Sequias	132
6.2.3 Microcuenca de Mollebamba	135
6.2.3.1 Régimen de las variables climáticas	135
6.2.3.2 Distribución espacial de la temperatura y precipitación	136
6.2.3.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias	140
6.2.3.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados	141
6.2.3.4.1 Período de crecimiento efectivo	141
6.2.3.4.2 Cultivo de cebada	143
6.2.3.4.3 Cultivo de alfalfa	145
6.2.3.4.4 Cultivo de papa nativa	147
6.2.3.5 Eventos Extremos	149
6.2.3.5.1 Heladas	149
6.2.3.5.2 Sequías	155

VII. PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE EL IMPACTO DE LA VARIABILIDAD, CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN ACTUALES

7.1 Percepción de la ocurrencia de los eventos climáticos	159
-----------------------------------------------------------	-----

7.1.1	Impacto de los eventos climáticos extremos en los cultivos	159
7.1.2	Medidas y respuestas ante la ocurrencia de los eventos extremos	161
7.1.3	Percepción del cambio climático	161
7.1.4	Cultivos más sensibles al cambio climático	162
7.1.5	Estrategias y medidas del productor al cambio climático	163
7.1.6	Medidas y Estrategias Institucionales locales frente a la Variabilidad y Cambio Climático	167

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

VIII. CONSIDERACIONES TEÓRICAS		169
8.1	Variables edafológicas	169
8.1.1	Textura	169
8.1.2	Materia orgánica	170
8.1.3	Reacción del suelo (pH)	171
8.1.4	Pendiente	172
8.2	Variables agronómicas y agroclimáticas	173
8.2.1	Rendimiento	173
8.2.2	Requerimientos edafoclimáticos	177
8.3	El suelo según su Clase y Sub clase de capacidad	178
IX. METODOLOGÍA		179
X. RESULTADOS		179
10.1	Evaluación agronómica	179
10.2	Aptitud agrícola en base a indicadores agroclimáticos	180
10.2.1	Valle de Chumbao	180
10.2.2	Distrito de Curahuasi	191
10.2.3	Microcuenca de Mollebamba	197
XII. BIBLIOGRAFÍA		205

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Zonas de estudio y cultivos priorizados	04
Tabla 2	Estructura de la superficie agropecuaria	07
Tabla 3	Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales	07
Tabla 4	Población pecuaria por especie de ganado	08
Tabla 5	Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de Curahuasi	10
Tabla 6	Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de Curahuasi	10
Tabla 7	Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de Andahuaylas	12
Tabla 8	Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de Andahuaylas	12
Tabla 9	Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de Juan Espinoza Medrano	14
Tabla 10	Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de Juan Espinoza Medrano	14
Tabla 11	Relación de estaciones meteorológicas y record de información de la Región Apurímac	17
Tabla 12	Categorías de usos de la Tierra (UGI)	20
Tabla 13	Categorías y sub categorías del uso del suelo	21
Tabla 14	Categorías de uso actual del suelo (UGI)	21
Tabla 15	Calendario Agrícola en el Perú	25
Tabla 16	Información levantada en campo	29
Tabla 17	Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de papa	32
Tabla 18	Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de papa nativa	34
Tabla 19	Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de maíz	36
Tabla 20	Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de haba	38
Tabla 21	Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de alfalfa	39
Tabla 22	Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de anís	41
Tabla 23	Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de trigo	42
Tabla 24	Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de cebada	43
Tabla 25	Etapas del cultivo de maíz en días	45
Tabla 26	Etapas del cultivo de papa en días	46
Tabla 27	Etapas del cultivo de papa nativa en días	47
Tabla 28	Etapas del cultivo de haba en días	48
Tabla 29	Etapas del cultivo de cebada en días	49
Tabla 30	Etapas del cultivo de anís en días	49
Tabla 31	Etapas del cultivo de alfalfa en días	50
Tabla 32	Categorías de usos de la tierra en el distrito de Curahuasi	51
Tabla 33	Categorías de usos de la tierra en el valle de Chumbao	52
Tabla 34	Categorías de usos de la tierra en la microcuenca de Mollebamba	52

Tabla 35	Distrito de Curahuasi: Indicadores edafológicos	53
Tabla 36	Valle de Chumbao: Indicadores edafológicos	58
Tabla 37	Microcuenca de Mollebamba: Indicadores edafológicos	61
Tabla 38	Calendario Agrícola en el Perú	61
Tabla 39	Distrito de Curahuasi. Calendario agrícola del cultivo de maíz	62
Tabla 40	Distrito de Curahuasi. Calendario agrícola del cultivo de papa	63
Tabla 41	Distrito de Curahuasi. Calendario agrícola del cultivo de anís	64
Tabla 42	Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de maíz	65
Tabla 43	Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de papa	66
Tabla 44	Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de haba	67
Tabla 45	Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de trigo	68
Tabla 46	Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de Cebada	69
Tabla 47	Distrito de Juan Espinoza Medrano. Calendario agrícola del cultivo de alfalfa	70
Tabla 48	Distrito de Juan Espinoza Medrano. Calendario agrícola del cultivo de papa nativa	70
Tabla 49	Distrito de Juan Espinoza Medrano. Calendario agrícola del cultivo de cebada	71
Tabla 50	Distrito de Juan Espinoza Medrano. Calendario agrícola del cultivo de trigo	72
Tabla 51	Régimen de las primeras primera y última heladas y periodo libre de heladas	82
Tabla 52	Precipitación Porcentual con respecto al valor promedio y duración de la estación Lluviosa	92
Tabla 53	Valores promedio de temperatura y precipitación para la campaña agrícola y extremos decadales	95
Tabla 54	Periodo de crecimiento efectivo en Curahuasi	101
Tabla 55	Fecha media de la primera y última helada y período libre de heladas	108
Tabla 56	Valores promedio y extremos decadales para temperatura y precipitación en Andahuaylas y Talavera	111
Tabla 57	Periodo de crecimiento efectivo en Andahuaylas	117
Tabla 58	Frecuencia multianual de heladas meteorológicas en Andahuaylas	128
Tabla 59	Frecuencia relativa decadal de heladas en Andahuaylas	129
Tabla 60	Fecha media de la primera y última helada y período libre de heladas en Andahuaylas	130
Tabla 61	Intensidad de heladas en Andahuaylas	131
Tabla 62	Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y periodo libre de heladas en Andahuaylas	132
Tabla 63	Valores promedio y extremos decadales para temperatura y precipitación en Antabamba y Chalhuanca	136
Tabla 64	Periodo de crecimiento efectivo en Antabamba y Chalhuanca	142

Tabla 65	Frecuencia multianual de heladas meteorológicas en Chalhuanca	149
Tabla 66	Frecuencia relativa decadal de heladas en Chalhuanca	150
Tabla 67	Fecha media de la primera y última helada y período libre de heladas en Antabamba y Chalhuanca	152
Tabla 68	Intensidad de heladas en Antabamba y Chalhuanca	153
Tabla 69	Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y periodo libre de heladas para Antabamba	154
Tabla 70	Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y periodo libre de heladas para Chalhuanca	154
Tabla 71	Frecuencia de ocurrencia de eventos climáticos en las zonas de estudio (%)	159
Tabla 72	Eventos climáticos que mayor impacto causan a los cultivos (%)	159
Tabla 73	Impacto de los eventos extremos en la fenología de los cultivos (%)	160
Tabla 74	Medidas más utilizadas por los agricultores para contrarrestar las heladas y las granizadas	161
Tabla 75	Participación de las institucionales locales frente a la variabilidad y cambio climático	168
Tabla 76	Clasificación de textura	170
Tabla 77	Cantidad de materia orgánica en el suelo	171
Tabla 78	Características del pH	172
Tabla 79	Relación entre la pendiente y la aptitud agrícola del terreno	173
Tabla 80	Rendimiento regional y nacional de cultivos priorizados	174
Tabla 81	Rendimiento del cultivo de maíz	174
Tabla 82	Rendimiento del cultivo de papa	175
Tabla 83	Rendimiento del cultivo de haba	175
Tabla 84	Rendimiento del cultivo de haba	175
Tabla 85	Rendimiento del cultivo de cebada	175
Tabla 86	Rendimiento del cultivo de anís	176
Tabla 87	Nivel de rendimiento de los cultivos priorizados	176
Tabla 88	Requerimientos agroclimáticos de los cultivos priorizados	177
Tabla 89	Requerimientos edáficos de los cultivos priorizados	177
Tabla 90	Clase y subclase de capacidad del suelo	178
Tabla 91	Nivel de productividad alcanzado en las zonas de estudio y cultivos priorizados	179
Tabla 92	Aptitud agrícola del cultivo de papa en el valle de Chumbao	181
Tabla 93	Aptitud agrícola del cultivo de cebada en el valle de Chumbao	183
Tabla 94	Aptitud agrícola del cultivo de trigo en el valle de Chumbao	185
Tabla 95	Aptitud agrícola del cultivo de maíz en el valle de Chumbao	187
Tabla 96	Aptitud agrícola del cultivo de haba en el valle de Chumbao	189
Tabla 97	Aptitud agrícola del cultivo de papa en el distrito de Curahuasi	191
Tabla 98	Aptitud agrícola del cultivo de anís en el distrito de Curahuasi	193
Tabla 99	Aptitud agrícola del cultivo de maíz en el distrito de Curahuasi	195

Tabla 100	Aptitud agrícola del cultivo de papa nativa en la microcuenca de Mollebamba	197
Tabla 101	Aptitud agrícola del cultivo de alfalfa en la microcuenca de Mollebamba	199
Tabla 102	Aptitud agrícola del cultivo de cebada en la microcuenca de Mollebamba	201
Tabla 103	Aptitud agrícola del cultivo de trigo en la microcuenca de Mollebamba	203

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Determinación de la primera, última, y período libre de heladas. Temperatura Umbral = 0°C, Estación Chalhuanca.	26
Figura 02	Distrito de Curahuasi. Calendario agrícola del cultivo de maíz	62
Figura 03	Distrito de Curahuasi. Calendario agrícola del cultivo de papa	63
Figura 04	Distrito de Curahuasi. Calendario agrícola del cultivo de anís	64
Figura 05	Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de maíz	65
Figura 06	Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de papa	66
Figura 07	Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de haba	67
Figura 08	Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de trigo	68
Figura 09	Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de cebada	69
Figura 10	Microcuenca de Mollebamba. Calendario agrícola del cultivo de papa nativa	71
Figura 11	Microcuenca de Mollebamba. Calendario agrícola del cultivo de cebada	72
Figura 12	Microcuenca de Mollebamba. Calendario agrícola del cultivo de trigo	73
Figura 13	Distribución temporal de la temperatura del aire en estaciones de la región Apurímac	75
Figura 14	Temperatura mínima absoluta registrada en cada estación meteorológica	78
Figura 15	Variación interanual de la temperatura mínima absoluta en estaciones de la región Apurímac	79
Figura 16	Caracterización de las heladas por estación meteorológica de la región Apurímac	85
Figura 17	Distribución temporal de la precipitación en estaciones de la Región Apurímac	91
Figura 18	Distribución temporal de la Evapotranspiración de referencia en la región Apurímac	93
Figura 19	Balance Hídrico por estación para la región Apurímac	94
Figura 20	Comportamiento temporal de la humedad relativa, velocidad del viento y horas de sol para Curahuasi	96
Figura 21	Periodos secos y frecuencia de lluvias en Curahuasi	98
Figura 22	Periodo de crecimiento por humedad en Curahuasi	101
Figura 23	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de papa en Curahuasi	102
Figura 24	Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa en Curahuasi	103
Figura 25	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de maíz en Curahuasi	104
Figura 26	Balance hídrico agrícola para el cultivo de maíz en Curahuasi	105
Figura 27	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de anís en Curahuasi	106
Figura 28	Balance hídrico agrícola para el cultivo de anís en Curahuasi	107

Figura 29	Frecuencia del Índice de sequía en Curahuasi	109
Figura 30	Porcentaje mensual de sequías en Curahuasi	109
Figura 31	Índice de Severidad de Sequía en Curahuasi	110
Figura 32	Comportamiento temporal de la humedad relativa, viento y horas de sol en Andahuaylas	112
Figura 33	Periodos secos y frecuencia de lluvias en Andahuaylas	116
Figura 34	Periodo de crecimiento por humedad en Andahuaylas	117
Figura 35	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de maíz en Andahuaylas	118
Figura 36	Balance hídrico agrícola para el cultivo de maíz en Andahuaylas	119
Figura 37	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de papa en Andahuaylas	120
Figura 38	Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa en Andahuaylas	121
Figura 39	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de haba en Andahuaylas	122
Figura 40	Balance hídrico agrícola para el cultivo de haba en Andahuaylas	123
Figura 41	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de trigo en Andahuaylas	124
Figura 42	Balance hídrico agrícola para el cultivo de trigo en Andahuaylas	125
Figura 43	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de cebada en Andahuaylas	126
Figura 44	Balance hídrico agrícola para el cultivo de cebada en Andahuaylas	127
Figura 45	Frecuencia multianual de heladas meteorológicas en Andahuaylas	128
Figura 46	Frecuencia Relativa decadal de heladas en Andahuaylas	129
Figura 47	Variación multianual de las fechas de la primera y última helada en Andahuaylas	131
Figura 48	Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada en Andahuaylas	132
Figura 49	Frecuencia del Índice de sequía en Andahuaylas	133
Figura 50	Porcentaje mensual de sequías en Andahuaylas	133
Figura 51	Índice de Severidad de Sequía en Andahuaylas	134
Figura 52	Comportamiento temporal de la humedad relativa, viento y horas de sol en Antabamba y Chalhuanca	136
Figura 53	Periodos secos y frecuencia de lluvias en Antabamba	140
Figura 54	Periodos secos y frecuencia de lluvias en Chalhuanca	141
Figura 55	Periodo de crecimiento por humedad en Antabamba	142
Figura 56	Periodo de crecimiento por humedad en Chalhuanca	142
Figura 57	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de cebada en Mollebamba	143

Figura 58	Balance hídrico agrícola para el cultivo de cebada en Mollebamba	144
Figura 59	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de alfalfa en Mollebamba	145
Figura 60	Balance hídrico agrícola para el cultivo de alfalfa en Mollebamba	146
Figura 61	Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de papa nativa en Mollebamba	147
Figura 62	Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa nativa en Mollebamba	148
Figura 63	Frecuencia multianual de heladas meteorológicas en Mollebamba	149
Figura 64	Frecuencia Relativa decadal de heladas en Chalhuanca	150
Figura 65	Variación multianual de las fechas de la primera y última helada en Antabamba y Chalhuanca	151
Figura 66	Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada en Antabamba	154
Figura 67	Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada en Chalhuanca	155
Figura 68	Frecuencia del Índice de sequía en Antabamba	155
Figura 69	Porcentaje mensual de sequías en Antabamba	156
Figura 70	Índice de Severidad de Sequía en Antabamba	156
Figura 71	Frecuencia del Índice de sequía en Chalhuanca	157
Figura 72	Porcentaje mensual de sequías en Chalhuanca	157
Figura 73	Índice de Severidad de Sequía en Chalhuanca	158
Figura 74	Indicadores de cambio climático en las zonas priorizadas	162
Figura 75	Variedad de cultivos más sensibles al cambio climático	163
Figura 76	Alternativas tecnológicas locales para la adaptación al cambio climático en Curahuasi	164
Figura 77	Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en Curahuasi	165
Figura 78	Alternativas tecnológicas locales para la adaptación al cambio climático en el Valle de Chumbao	165
Figura 79	Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en el Valle de Chumbao	166
Figura 80	Alternativas tecnológicas locales para la adaptación al cambio climático en la microcuenca de Mollebamba	167
Figura 81	Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en la microcuenca de Mollebamba	167

LISTA DE MAPAS

Mapa 01	Zonas de estudio y topografía de la región Apurímac	05
Mapa 02	Distribución espacial de la estaciones meteorológicas	18
Mapa 03	Distrito de Curahuasi: Unidades de suelo por Capacidad de Uso Mayor	54
Mapa 04	Valle de Chumbao: Unidades de Suelo por Capacidad de Uso Mayor	57
Mapa 05	Microcuenca de Mollebamba: Unidades de suelos por Capacidad de Uso Mayor	60
Mapa 06	Distribución Espacial temperatura máxima	76
Mapa 07	Distribución Espacial temperatura mínima	77
Mapa 08	Distribución espacial de la temperatura mínima absoluta	80
Mapa 09	Distribución de la fecha promedio de la primera helada en la región Apurímac	86
Mapa 10	Distribución de la fecha promedio de la última helada en la región Apurímac	87
Mapa 11	Distribución del período libre de heladas en la región Apurímac	88
Mapa 12	Distribución espacial de la precipitación total anual en la región Apurímac	92
Mapa 13	Distribución espacial de la temperatura máxima en Curahuasi	99
Mapa 14	Distribución espacial de la temperatura mínima en Curahuasi	100
Mapa 15	Distribución espacial de la temperatura precipitación en Curahuasi	101
Mapa 16	Distribución espacial de la temperatura máxima en el Valle de Chumbao	114
Mapa 17	Distribución espacial de la temperatura mínima en el Valle de Chumbao	115
Mapa 18	Distribución espacial de la temperatura precipitación en el Valle de Chumbao	116
Mapa 19	Distribución espacial de la temperatura máxima en la Microcuenca de Mollebamba	137
Mapa 20	Distribución espacial de la temperatura mínima en la Microcuenca de Mollebamba	138
Mapa 21	Distribución espacial de la precipitación en la Microcuenca de Mollebamba	139
Mapa 22	Valle de Chumbao: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de papa.	182
Mapa 23	Valle de Chumbao: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de cebada	184
Mapa 24	Valle de Chumbao: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de trigo	186
Mapa 25	Valle de Chumbao: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de maíz	188

Mapa 26	Valle de Chumbao: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de haba	190
Mapa 27	Distrito de Curahuasi: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de papa	192
Mapa 28	Distrito de Curahuasi: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de anís	194
Mapa 29	Distrito de Curahuasi: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de maíz	196
Mapa 30	Microcuenca de Mollebamba: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de papa nativa	198
Mapa 31	Microcuenca de Mollebamba: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de alfalfa	200
Mapa 32	Microcuenca de Mollebamba: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de cebada	202
Mapa 33	Microcuenca de Mollebamba: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de trigo	204

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la caracterización agroclimática de la Región Apurímac, así como de las tres zonas priorizadas Microcuenca de Mollebamba (Juan Espinoza Medrano), Valle de Chumbao (Andahuaylas) y distrito de Curahuasi. Para lo cual se analizó la información agrometeorológica existente a nivel diario en las 17 estaciones meteorológicas de la Región.

Se partió de una caracterización agrícola de los cultivos priorizados (papa mejorada, papa nativa, maíz, haba, anís, 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 Apurímac fue analizado 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 Curahuasi la sequía más intensa se registró el año 1992 y evento seco más prolongado fue entre los años 1988 y 1992, con 53 meses de duración; mientras que en Andahuaylas la sequía extrema se presentó entre los años 1979 y 1983, con 50 meses de sequía. En la microcuenca de Mollebamba la sequía más prolongada fue el año 2005, con 11 meses de duración.

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 a la aptitud agroclimática de las zonas de estudio, es así que el valle del Chumbao presenta mayor disponibilidad de tierras aptas y moderadamente aptas (56 a 67%) para la producción de los cultivos comparado con Curahuasi (20 a 42%) y Mollebamba (16 a 18%). Por otra parte, en el valle de Chumbao el cultivo de papa es el que mayor desempeño productivo presenta,

siendo sus principales limitantes la baja temperatura, escasa precipitación, la textura y pendiente del suelo inadecuada. En Curahuasi, el cultivo que mayor desempeño presenta es el anís; sin embargo presenta menor área moderadamente apta que los cultivos de papa y maíz que alcanzan productividad media; siendo sus principales limitaciones las bajas temperaturas, textura y pendiente, mas no la precipitación. En la microcuenca de Mollebamba, por lo general la productividad es baja, alcanzando la producción de trigo y cebada niveles medios, aunque con reducida área moderadamente apta, con limitaciones de temperatura baja, precipitación escasa, textura y pendiente del terreno principalmente.

INTRODUCCIÓN

La región Apurímac, por su ubicación geográfica y topografía, está expuesta a la ocurrencia de los fenómenos meteorológicos extremos que impactan su economía; 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 Apurímac, se ve limitada a solo una parte del año debido a que la mayoría de los cultivos se conduce bajo el régimen de secano. 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, sequías); 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 Apurímac y la segunda a nivel de las zonas priorizadas (Distrito de Curahuasi; valle de Chumbao en la provincia de Andahuaylas y la Microcuenca de Mollebamba en la provincia de Antabamba) y para los cultivos priorizados (papa, maíz, haba, anís, trigo, cebada, y pastos). Se presenta el comportamiento de los parámetros agroclimáticos relacionados a la actividad agrícola y a las necesidades de los cultivos, para lo cual se utilizó la base de datos de clima, suelo, estadísticas agrarias para la zona de estudio y alrededores para el período agrícola (octubre-mayo), así como software especializado. También, se recoge información de percepciones de la población sobre la presencia de eventos extremos y el cambio climático y por último se determina la aptitud agroclimática de las zonas y los cultivos priorizados de la región Apurímac.

CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN APURÍMAC



I. ZONAS DE ESTUDIO Y CULTIVOS PRIORIZADOS

El estudio abarca, en una primera etapa la región Apurímac y en la segunda las zonas priorizadas: distrito de Curahuasi, valle de Chumbao y la microcuenca de Mollebamba. 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 msnm	Cultivos priorizados por Zona de Vida
Distrito de Curahuasi	1800 – 2600	<ul style="list-style-type: none"> ○ Maíz ○ Papa ○ Anís
Valle del Chumbao (Andahuaylas)	2800 – 3800	<ul style="list-style-type: none"> ○ Maíz ○ Papa ○ Habas ○ Trigo-Cebada
Microcuenca de Mollebamba (distrito Juan Espinoza Medrano en provincia de Antabamba)	3900 – 4500	<ul style="list-style-type: none"> ○ Papa nativa ○ Trigo-Cebada ○ Pastos cultivados

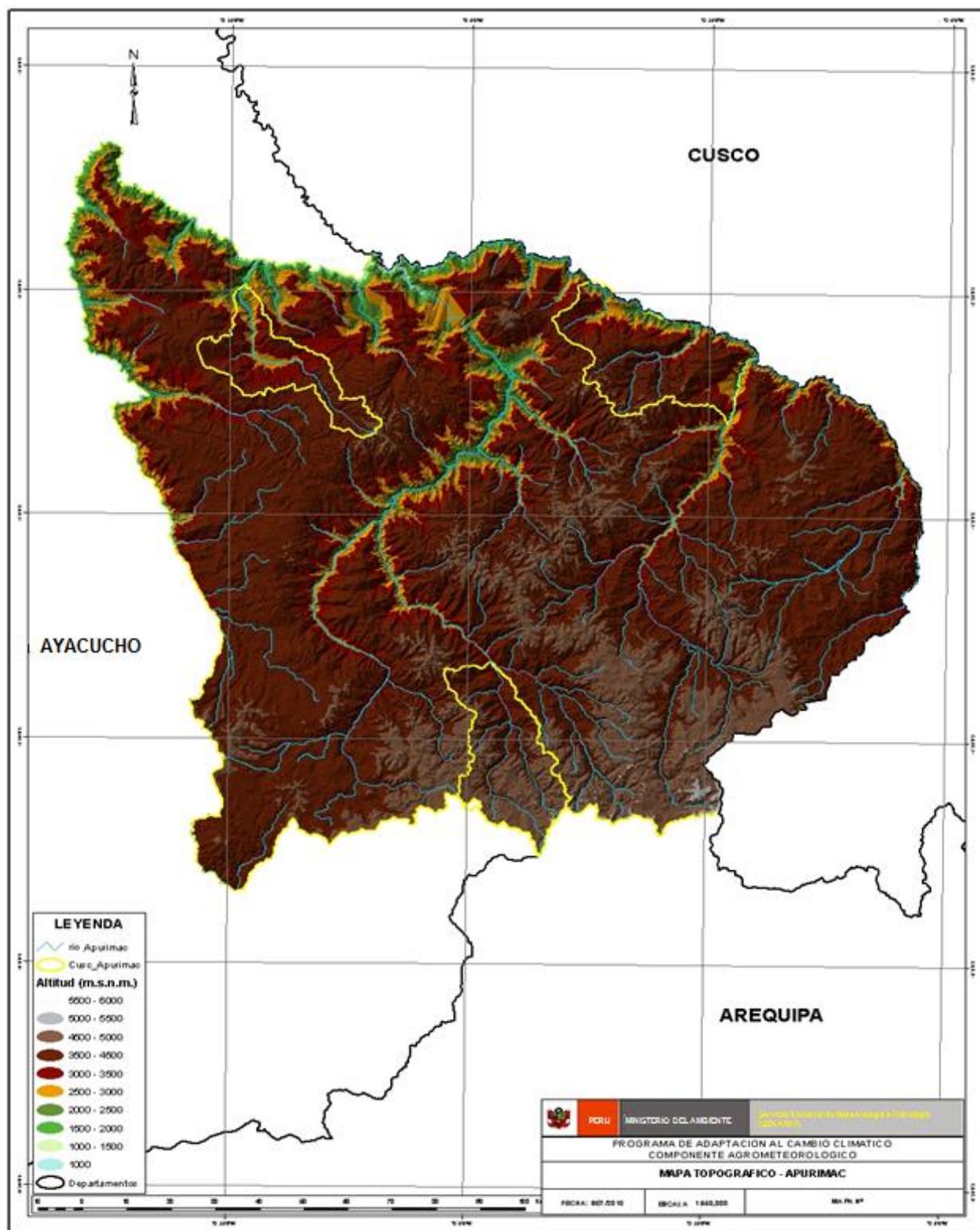
II. GENERALIDADES

2.1 Región Apurímac

Geográficamente Apurímac está situado en la región sur oriental del territorio peruano, en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, entre los paralelos 13° 10' 00" y 14° 01' 24,5" de latitud sur y los meridianos 72° 02' 57" y 73° 45' 20" de longitud Oeste, con una superficie de 20 895,79 km², que representa el 1,6 por ciento del territorio nacional.

La altitud del territorio de Apurímac varía entre los 2378 msnm (distrito de Abancay-provincia de Abancay) y los 3952 msnm (distrito de Pataypampa-provincia de Grau). Según la clasificación de Pulgar Vidal destacan los pisos altitudinales Quechua, Suni, Puna y Janca.

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



Morfológicamente su territorio es accidentado, valles estrechos y profundos, agrestes cumbres, alternadas con mesetas frías y picos nevados, entre los que destacan: Ampay 5233 m, Malmanya 5211 m, Suparaura 5115 m, Inticancha 5081 m, Cuche 5071 m, Huashuaccasa 5003 m, Paicacirca 4926 m.

Los principales ríos de la región se originan en la cordillera occidental, siendo los más importantes: el Apurímac, que sirve de límite con la región Cusco, el Pampas, que delimita el región Apurímac con la de Ayacucho, el río Santo Tomás que también sirve de límite por el noreste con la región Cusco; los ríos Vilcabamba y Pachachaca, cuyas cuencas están íntegramente en la región Apurímac.

Las cuencas del Pachachaca y el Chumbao constituyen los núcleos más importantes de la región. En la primera se localiza la ciudad de Abancay capital de la región Apurímac, y en la segunda la ciudad de Andahuaylas; la más importante de la región. Estos ríos nacen en la cordillera occidental y sus aguas discurren de sur a norte hacia las cuencas del Apurímac y Pampas, formando valles y quebradas donde se sitúan la mayoría de los centros poblados de la región.

La característica más notable de esta región es el río Apurímac, forma el “cañón” más profundo del continente americano. La extensión del valle propiamente dicho y la hoya del Apurímac miden aproximadamente 350 km, que desde una impresionante altura, sobre los 5000 m baja de forma abrupta hasta los 500 m, en una *gigantesca garganta*, natural y en su recorrido recibe las aguas de los ríos Velille, Santo Tomás, Oropesa y Pachachaca.

Este desnivel explica los tipos de climas existentes: climas tropicales en las profundidades de los valles donde se produce caña de azúcar, café y maderas, climas templados donde se producen cereales, y clima semiseco frío altandino habitad de los camélidos sudamericanos, como la vicuña, llama y alpaca. Sin embargo, la mayor parte del territorio de la región de Apurímac está situada en la zona caracterizada por el geógrafo Javier Pulgar Vidal como quechua, entre los 2500 Y 3500 msnm.

La actividad agrícola es predominantemente de secano supeditada a 4 o 5 meses de lluvias, cualquier alteración en su patrón normal (sequias, inundaciones) perturba el periodo agrícola. La producción es en su mayoría para autoconsumo y se desarrolla predominantemente con tecnología rudimentaria que conlleva a tener bajos rendimientos y productividad.

Entre los cultivos más importantes de la región están considerados los cereales (maíz, trigo, quinua), las menestras y los tubérculos propios de la región y ocupan la mayor parte de las áreas agrícolas. En los valles de Pachachaca, Pampas y Apurímac se cultiva la caña de azúcar. Solo en Curahuasi se cultiva el anís, considerado como el mejor del mundo. A nivel nacional, la región es el cuarto productor de maíz amiláceo y séptimo productor de papa.

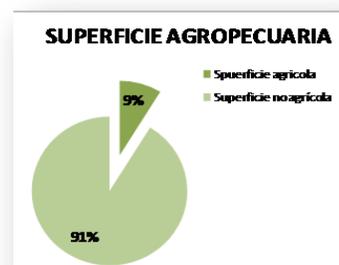
La ganadería en su mayoría depende de los pastos naturales; y la escasez de estos, producida por el sobrepastoreo, determina que los animales no alcancen su desarrollo

normal. Mientras que la crianza de camélidos se desarrollan en mejores condiciones y a su mejor adaptación de estos al medio ambiente.

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	Porcentaje
Total	1 437 144	
Superficie agrícola	124 919	8,7
Bajo riego	49 497	
Bajo secano	75 421	
• Tierras de labranza	114 233	7,9
• Cultivos permanentes	8 251	0,6
• Cultivos asociados	2 435	0,2
Superficie no agrícola	1 312 226	91,3
• Pastos Naturales	892 992	62,1
Manejados	6 613	
No manejados	886 379	
• Montes y bosques	130 616	9,1
• Otra clase de tierra	288 618	20,1



Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1 994 (III CENAGRO)

Tabla 3. Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales

	Unidad agropecuaria	Superficie (ha)	Porcentaje
Principales cultivos transitorios	60 077	61766	
Maíz amiláceo	45 097	26 081	42,2
Papa	29 823	15 599	25,3
Trigo	11 066	5 181	8,4
Cebada grano	7 892	3 128	5,1
Haba	10 196	2 820	4,6
Quinua	430	93	0,2
Principales cultivos permanentes	3 567	1 147	
Palto	74	23	2,0
Melocotonero - Durazno	64	16	1,4
Manzano	21	8	0,7
Pastos cultivados	2 473	774	
Alfalfa	2 406	711	91,86
Rye grass	59	53	6,85
Trébol	19	6	0,78

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1 994 (III CENAGRO)

La región de Apurímac tiene 68 778 unidades agropecuarias (UA) en una superficie de 1 437 213 ha, de los cuales solo 124 919 ha (8,7 %) son tierras agrícolas. El maíz amiláceo y papa representan el mayor porcentaje de superficie agrícola con un 42,2 y 25,3% respectivamente.

Tabla 4. Población pecuaria por especie de ganado

Especie de ganado	Unidad agropecuaria	Cabezas
Vacuno	46 723	275 854
Ovino	28 782	477 068
Porcino	40 576	123 038
Caprino	17 812	93 007
Camélidos Sudamericanos	5 228	136 036
• Alpacas	2 312	84 948
• Llamas	2 783	49 655
• Guanacos	133	1 433



Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1 994 (III CENAGRO)

2.2 Zonas Priorizadas

2.2.1 Distrito de Curahuasi

El distrito de Curahuasi, se ubica en la parte norte del departamento de Apurímac y al noreste de la provincia de Abancay, entre el paralelo 13°32'54" de latitud Sur y el meridiano 72°41'57" de longitud oeste. Tiene una extensión de 817,98 km², y la capital Curahuasi se encuentra a 2668 msnm. La geología y el relieve de la zona hacen que Curahuasi sea propenso a huaycos, derrumbes, inundaciones y procesos erosivos constantes.

Desde el punto de vista hidrológico los dos principales ríos, el Apurímac y su afluente el Vilcabamba, delimitan al distrito de Curahuasi; el Apurímac hacia la parte norte y noreste, que también sirve de límite distrital, provincial y regional. Así mismo hay ríos medianos y pequeños como el Lucmos y el Antilla.

Según la clasificación de Pulgar Vidal, el territorio de Curahuasi se encuentra ubicado entre las regiones naturales de yunga, quechua y suni, con una mayor proporción territorial en la región quechua

La agricultura y la ganadería son las principales actividades económicas del distrito, esto se debe a que las características climatológicas y los pisos ecológicos existentes han definido una producción agrícola variada con predominio de los cultivos de anís,

maíz, papa, trigo, cebada. Se practica una agricultura semintensiva y con tecnología media.



Vistas de la topografía y zonas agrícolas del distrito de Curahuasi

La estructura de la superficie agropecuaria, tamaño de las unidades agropecuarias y los principales cultivos de acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario de 1 994 (III CENAGRO), realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para el distrito de Curahuasi, se muestran en las **tablas 5 y 6**.

Del total de tierras agropecuarias (50 596,65 ha), sólo el 13,6 % son tierras agrícolas, de los cuales 3 259,44 ha son bajo riego y 3 629,46 son de secano. La superficie no agrícola representa el 86,4%, siendo el mayor porcentaje la de pastos naturales.

Los cultivos con mayor superficie y los más representativos del distrito son la papa y el maíz.

Tabla 5. Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de Curahuasi

	Superficie	Porcentaje
Total	50596,65	
Superficie agrícola	6888,89	13,60
Bajo riego	3259,44	
Bajo Secano	3629,46	
• Tierras de labranza	5892,9	11,65
• Cultivos permanentes	487,49	0,96
• Cultivos asociados	508,48	1,00
Superficie no agrícola	43707,80	86,40
• Pastos Naturales	33887,22	67,00
Pastos manejados	26,73	
Pastos no manejados	33860,49	
• Montes y bosques	5920,17	11,70
• Otra clase de tierra	3900,42	7,70

Fuente: Plan de Desarrollo Económico del distrito de Curahuasi

Tabla 6. Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de Curahuasi

	Unidad agropecuaria	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Principales cultivos transitorios	2 061	2 268,47	
Papa	1 279	679,24	29,9
Maíz amiláceo	1 057	667,74	29,4
Maíz amarillo duro	528	275,69	12,2
Haba	353	134,00	5,9
Trigo	261	123,61	5,4
Arveja (alverjon)	182	79,64	3,5
Cebada grano	119	66,00	2,9
Anís	3	1,87	0,1

Fuente: Plan de Desarrollo Económico del distrito de Curahuasi

2.2.2 Valle del Chumbao (Andahuaylas)

La provincia de Andahuaylas está ubicada en la sierra sur centro del país, cuenta con una extensión de 4 080,35 Km². Geográficamente se encuentra ubicada entre los ríos Apurímac, Soras y Pampas, se sitúa entre el paralelo 13° 67' de latitud Sur y el meridiano 73° 41' de longitud Oeste.

El relieve de la provincia es accidentada, presenta valles fértiles, siendo el más importante el Valle del río Chumbao que recorre de noreste a sureste desembocando aguas abajo en el río Pampas, altitudinalmente va desde los 1000 hasta los 4500 metros. En su recorrido recibe el aporte de los tributarios que corren por lo general en valles inclinados casi abiertos, con pendientes suaves en algunas zonas y en otras casi empinadas. El valle en los distritos de San Jerónimo, Andahuaylas y Talavera es alargada en dirección noreste – sureste, con una longitud aproximada de 17 Km y un ancho variable de 2 a 5 Km.

La base económica de Andahuaylas es la producción agropecuaria, la que se realiza en base a los pisos ecológicos y ubicación de las principales ciudades y en terrenos bajo riego y seco.



Vistas de la zona agrícola del valle del río Chumbao

La estructura de la superficie agropecuaria, tamaño de las unidades agropecuarias y los principales cultivos de acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario de 1 994 (III CENAGRO), realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para el distrito de Andahuaylas, se muestran en las **tablas 7 y 8**.

Del total de tierras agropecuarias (26 876,12 ha), sólo el 18,1 % son tierras agrícolas, de las cuales 2 272,77 ha son conducidos bajo riego y 2597,75 ha son de seco. El área no agrícola es 81,9%.

El distrito produce papa de diferentes variedades y maíz siendo los cultivos más representativos de la zona.

Tabla 7. Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de Andahuaylas

	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Total	26 876,12	
Superficie agrícola	4 870,52	18,1
Bajo riego	2 272,77	
Bajo seco	2 597,75	
• Tierras de labranza	4 690,20	17,5
• Cultivos permanentes	127,88	0,5
• Cultivos asociados	52,47	0,2
Superficie no agrícola	22 005,63	81,9
• Pastos naturales	16 787,75	62,5
Pastos manejados	46,84	
Pastos no manejados	16 740,92	
• Montes y bosques	952,63	3,5
• Otra clase de tierra	4 265,25	15,9

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1 994 (III CENAGRO)

Tabla 8. Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de Andahuaylas

	Unidad agropecuaria	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Principales cultivos transitorios	3 057	3 513,20	
Cebada grano	806	570,60	16,2
Maíz amiláceo	1 772	886,08	25,2
Quinoa	16	5,10	0,1
Trigo	89	51,46	1,5
Arveja (alverjon)	36	9,51	0,3
Haba	445	147,87	4,2
Papa	1 829	1 687,96	48,0
Pastos cultivados	141	39,79	
Alfalfa	141	39,79	100,0

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1 994 (III CENAGRO)

2.2.3 Microcuenca de Mollebamba

Políticamente la microcuenca Mollebamba pertenece en su mayor parte al distrito Juan Espinoza Medrano y el área de la parte sur al distrito Sabaino, ambos de la provincia de Antabamba, región Apurímac. Se sitúa entre los paralelos 14° 33' 00 y 14° 76' 00 de latitud Sur y los meridianos 72° 78' 00 y 73° 05' 00 de longitud Oeste.

La altitud del territorio varía desde 3200 hasta los 3800 msnm. Según la clasificación de Pulgar Vidal destacan los pisos altitudinales Quechua y Suní.

Morfológicamente su territorio es accidentado, quebradas profundas, agrestes cumbres, alternan con llanuras altiplánicas, generando diversidad de climas que van desde los cálidos en los valles y quebradas hasta los fríos en la Puna.

Hidrológicamente la subcuenca del río Mollebamba es la más importante, nace en el río Yanahuara en la divisoria de aguas con la región Ayacucho, discurriendo sus aguas de sur a norte. Su caudal es importante durante todo el año, el mismo que no es aprovechable para fines de riego, por lo accidentado de su lecho y el difícil acceso en gran parte de su recorrido (IIDA 2008).

La actividad agropecuaria es la base económica y productiva de la microcuenca así como el la fuente de alimentación de la población. Esta actividad se desarrolla en los diferentes pisos ecológicos, siendo una limitante la topografía de la zona y el uso de tecnologías no apropiadas.



Vistas de la topografía y zonas agrícolas de la microcuenca de Mollebamba

La estructura de la superficie agropecuaria, tamaño de las unidades agropecuarias y principales cultivos de acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario de 1994 (III CENAGRO), realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para el distrito de Juan Espinoza Medrano, se muestran en las **tablas 9 y 10**.

Tabla 9. Estructura de la superficie agropecuaria del distrito de Juan Espinoza Medrano

	Superficie	Porcentaje
Total	31 221,75	100,0
Superficie agrícola	1 025,68	3,3
Bajo riego	523,79	
Bajo seco	502,34	
• Tierras de labranza	1 025,68	3,29
• Cultivos permanentes	0,45	0,001
• Cultivos asociados	-	
Superficie no agrícola	30 195,62	96,7
• Pastos naturales	19 971,38	64,0
Pastos manejados	83,54	
Pastos no manejados	19 887,84	
• Montes y bosques	4 328,05	13,9
• Otra clase de tierra	5 896,20	18,9

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1 994 (III CENAGRO)

La superficie agrícola es de 1 025,79 ha, representa el 3,3% de la superficie del distrito, de estas 523,79 ha son cultivados bajo riego y 502,34 ha sin riego donde se desarrolla agricultura en seco. La superficie no agrícola representa el 96,7% de la superficie, siendo el mayor porcentaje la de pastos naturales.

Tabla 10. Tamaño de las unidades agropecuarias y cultivos principales del distrito de Juan Espinoza Medrano

	Unidad Agropecuaria	Superficie (ha)	Porcentaje
Principales cultivos transitorios	522	644,48	100,0
Maíz amarillo duro	365	245,53	38,1
Maíz amiláceo	351	185,17	28,7
Papa	406	132,92	20,6
Haba	177	51,50	8,0
Cebada grano	56	25,20	3,9
Trigo	6	1,11	0,2

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 1 994 (III CENAGRO)

Los cultivos se encuentran diferenciados por los pisos ecológicos. Los cultivos más importantes son el maíz, que se cultiva en las zonas bajas y la papa en la parte media.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar la caracterización agroclimática de los cultivos significativos para la seguridad alimentaria de zonas priorizadas de la región Apurímac 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 Apurímac 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 Apurímac, 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.

En la región Apurímac, de los registros de 17 estaciones meteorológicas actualmente solo siete están operativas. Un aspecto preocupante es el número limitado de estaciones meteorológicas existentes en la región, más aún por tratarse de un área montañosa con una extensión de 20 891,79 Km².

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

Localidades	Estación Meteorológica
Distrito de Curahuasi	Curahuasi
Valle del Chumbao	Andahuaylas
Microcuenca de Mollebamba (distrito Juan Espinoza Medrano en provincia de Antabamba)	Chalhuanca I Antabamba

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 Apurímac, y corresponde a las campañas agrícolas 2007-2008 y 2008-2009 para los cultivos de la región Apurímac. El nivel de detalle es distrital y mensual para la variable de producción y área sembrada; para el rendimiento es distrital y anual.

Localidades	Agencia agraria
Distrito de Curahuasi	Curahuasi (maíz, papa y anís)
Valle del Chumbao	Andahuaylas (papa, maíz, haba, trigo y cebada)
Microcuenca de Mollebamba (distrito Juan Espinoza Medrano en provincia de Antabamba)	Antabamba (Papa, cebada, trigo y alfalfa)

Tabla 11. Relación de estaciones meteorológicas y record de información de la región Apurímac

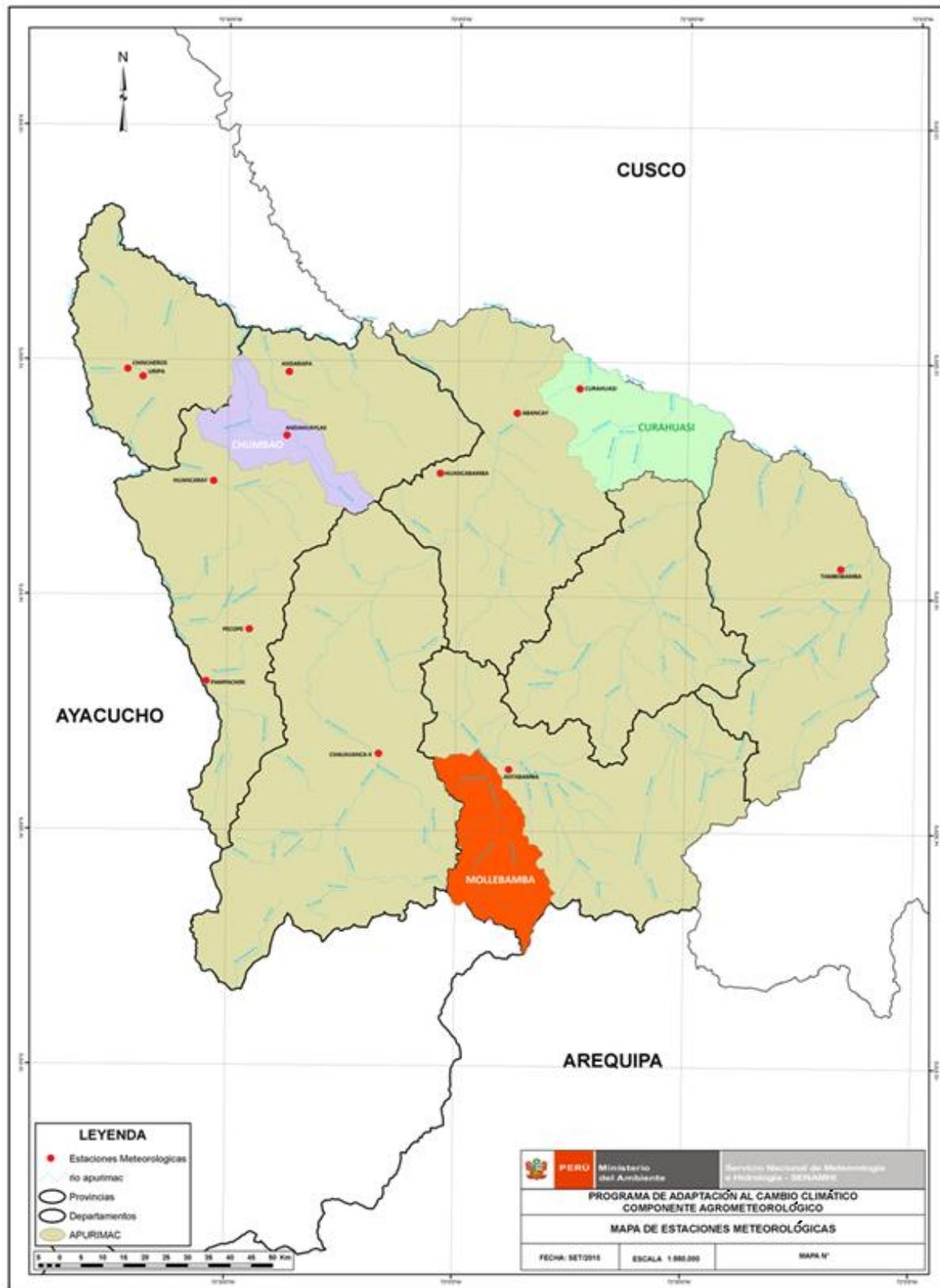
Estación	Provincia	Distrito	Longitud	Latitud	Altitud (m)	Parámetro	Período		Total
							Inicio	Fin	
Abancay	Abancay	Abancay	72° 52'14	13° 36'30	2377	Hr	1964	2009	46
						Hs	1965	1 981	17
						Pp	1964	2009	46
						Tmax	1964	2009	46
						Tmin	1964	2009	46
						Vv	1965	2009	45
Andahuaylas	Andahuaylas	Andahuaylas	73° 22'15	13° 39'25	2866	Hr	1964	2009	46
						Hs	2002	2009	8
						Pp	1964	2009	46
						Tmax	1964	2009	46
						Tmin	1964	2009	46
						Vv	1964	2009	46
Andarapa	Andahuaylas	Andarapa	73° 22'1	13° 31'1	3215	Pp	1963	1982	20
Antabamba	Antabamba	Antabamba	72° 53'1	14° 22'1	3639	Hr	1964	1975	12
						Pp	1964	1975	12
						Tmax	1964	1975	12
						Tmin	1964	1975	12
						Vv	1964	1975	12
Chalhuanca	Aymaraes	Cotarusi	73° 10'45	14° 23'34	3358	Hr	1999	2009	11
						Pp	1999	2009	11
						Tmax	1999	2009	11
						Tmin	1999	2009	11
						Vv	1999	2009	11
Chalhuanca II	Aymaraes	Chalhuanca	73° 10'0	14° 20'0	2850	Hr	1964	1998	35
						Pp	1964	1998	35
						Tmax	1964	1998	35
						Tmin	1964	1998	35
						Vv	1966	1998	33
Chincheros	Chincheros	Chincheros	73° 43'1	13° 31'1	2772	Hr	1964	1972	9
						Pp	1964	1972	9
						Tmax	1964	1972	9
						Tmin	1964	1972	9
Cunyac	Abancay	Curahuasi	72° 42'0	13° 33'0	2688	Pp	2002	2009	8
Curahuasi	Abancay	Curahuasi	72° 44'6	13° 33'9	2763	Hr	1964	2009	46
						Hs	2001	2009	9
						Pp	1964	2009	46
						Tmax	1964	2009	46
						Tmin	1964	2009	46
						Vv	1964	2009	46
Huancabamba	Abancay	Pichirhua	73° 02'11	13° 44'1	1666	Pp	1964	1981	18
Huancaray	Andahuaylas	Huancaray	73° 32'1	13° 45'1	2902	Pp	1964	1982	19
Pampachiri	Andahuaylas	Pampachiri	73° 33'1	14° 11'1	3364	Hr	1964	1979	16
						Pp	1964	1979	16
						Tmax	1964	1979	16
						Tmin	1964	1979	16
						Vv	1964	1979	16
Pampas	Chincheros	Huaccana	73° 49'41	13° 26'0	2032	Hr	2006	2009	4
						Pp	1973	2009	37
						Tmax	2006	2009	4
						Tmin	2006	2009	4
Pecope	Andahuaylas	Tumay huaraca	73° 27'1	14° 04'1	4050	Pp	1964	1978	15
Talavera	Andahuaylas	Talavera	73° 25'55	13° 39'29	2850	Pp	2003	2009	7
						Tmax	2003	2009	7
						Tmin	2003	2009	7
Tambobamba	Cotabambas	Tambobamba	72° 10'1	13° 56'1	3275	Hr	1995	2009	15
						Pp	1995	2009	15
						Tmax	1995	2009	15
						Tmin	1995	2009	15
						Vv	2002	2009	8
Uripa	Chincheros	Anco-huallo	73° 41'1	13° 32'1	3280	Hr	1973	1990	18
						Pp	1965	1990	26
						Tmax	1973	1990	18
						Tmin	1973	1990	18
						Vv	1973	1979	7

Hr Humedad relativa
Tmax Temperatura máxima

Hs Horas de sol
Tmin Temperatura mínima

Pp Precipitación
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 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 (Agencia Agraria Apurímac del Ministerio de Agricultura y el Instituto Superior Tecnológico Público de Andahuaylas).

Se determinaron los parámetros agroclimáticos y edafológicos para los cultivos priorizados: altitud, temperatura óptima¹, temperatura umbral², precipitación, fotoperiodo, textura, pH, materia orgánica, y profundidad.

4.2.2 Fenología de cultivos

La fenología es el estudio de las fases³ 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 lo constituyen: la 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 establecidas por los diferentes autores, para cada uno de los cultivos priorizados, se establecieron las etapas y fases fenológicas siguientes: vegetativa⁴, reproductiva⁵ y maduración⁶.

¹ Es la temperatura en que 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 es 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 de la Agencia Agraria Apurímac del Ministerio de Agricultura, el Instituto Superior Tecnológico Público de Andahuaylas y entrevistas a técnicos y líderes agricultores.

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 del 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 sus respectivas subcategorías para estimar la superficie agrícola y no agrícola (**tabla13**).

Tabla 13. Categorías y sub categorías 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

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

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.

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 cartográfica⁷ que involucra por lo general dos o más componentes edáficos o unidades de tierras⁸. La unidad cartográfica puede estar

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

⁸ Unidad de suelo con características edafológicas similares y bajo condiciones de clima y ecología también similares.

representada por una sola clase de tierras en una proporción no menor de 75%, siendo considerado una consociación. Para establecer una asociación se utiliza criterios, aparte del 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 del 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 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:

$$\text{CC} = 0.48 \text{ Ar} + 0.162 \text{ Li} + 0.023 \text{ Ao} + 2.62$$

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:

$$\text{PMP} = 0.302 \text{ Ar} + 0.102 \text{ Li} + 0.0147 \text{ Ao}$$

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 Apurímac del Ministerio de Agricultura (MINAG)

Según el 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 en las zonas de estudio.

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

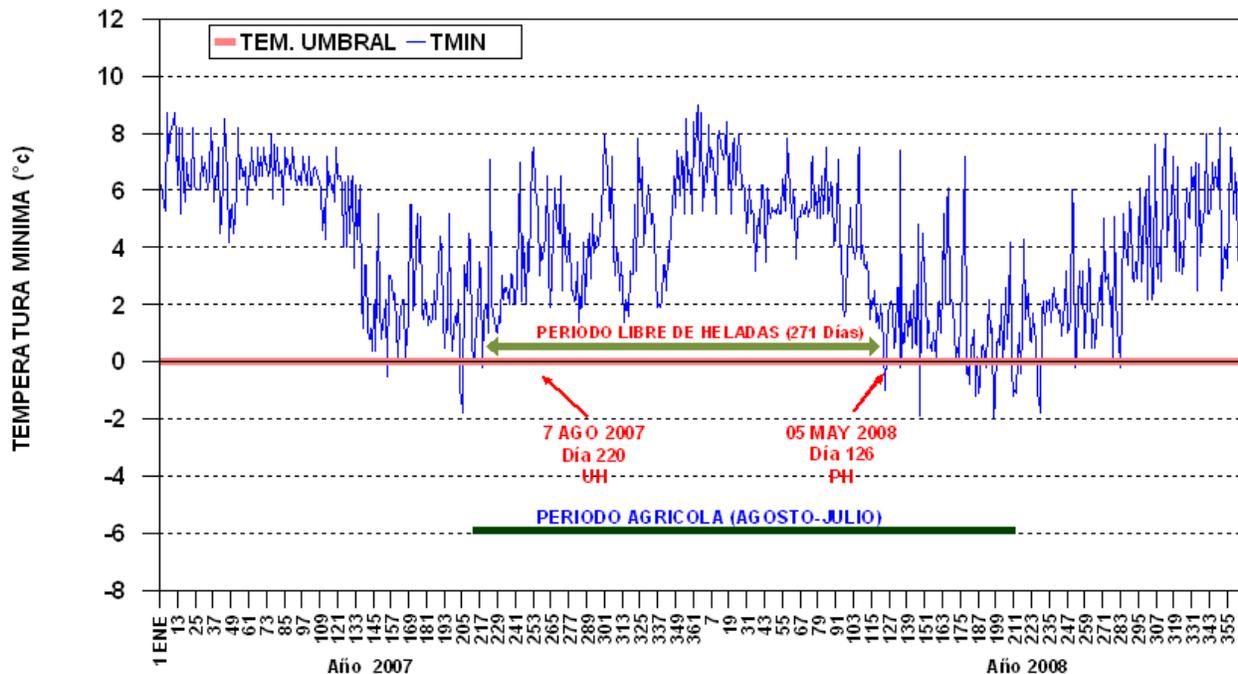
Considerando la temperatura crítica de referencia, las heladas se denominan: meteorológicas y agronómicas. Las heladas meteorológicas se definen al descenso de la temperatura del aire a niveles iguales o menores a 0 °C a una altura de 1,65 metros sobre el nivel del suelo. Se define helada agronómica 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 ($^{\circ}\text{C}$) 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 Apurímac, para el período 1964-2009 (46 años).

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



Fuente: (SENAMHI-DGA, 2010)

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

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.



Reunión con comuneros de Vito-Mollebamba

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

Tabla 16. Información levantada en campo

Zona de estudio	Agricultores	Productores	Técnicos	Total
Chumbao	14	25	1	40
Curahuasi	15	25	2	42
Mollebamba	13	8	2	23
Total	42	58	5	105

Fuente: SENAMHI – DGA- Encuestas locales.

Se consolidó un total de 105 fichas entre encuestas y entrevistas, de los cuales 42 fichas corresponden a la encuesta a agricultores de las tres zonas de estudio de la región Apurímac, sobre la percepción de la población a la variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales. Se procesó un total de 58 fichas de encuestas a productores agrarios de la región de Apurímac y un total de 5 fichas de entrevistas realizadas a técnicos, agricultores líderes y funcionarios de los municipios de las zonas priorizadas, los cuales fortalecieron la información respecto a las fases fenológicas de los cultivos y los impactos de los eventos climáticos extremos.

V. CARACTERIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS PRIORITARIOS

5.1 Caracterización Agrícola

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



La papa se cultiva en diversas regiones del país y está adaptada a distintos climas, 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 la 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 un rango de temperatura de 10 a 30 °C, con 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 y 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). Sin embargo para el proceso de tuberización requiere un rango de temperatura entre 14 y 20 °C (López et al, 1980; Cépeda y Gallegos, 2003; Egúsqiza, 2000; Mantari, 2008; CIP, 2010 y INIPA e INAF, 1984; DRA-Apurímac, 2010; ISTP-Curahuasi, 2010) y el rango de la temperatura nocturna entre 10 y 15 °C.

Por otro lado, para un buen desarrollo requiere una precipitación de 500 a 800 mm al año (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 (Egúsqiza, 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).

Tabla 17. Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de papa

Zona	Altitud (msnm)		Fuente			
	Mín.	Max.				
Sierra media y alta	2 500	4 100	López et al., 1980			
Época de siembra						
Región	Época de siembra		Fuente de agua	Obs.	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.	
Requerimiento de temperatura						
Etapa	Temperatura (°C)				Obs.	Fuente
	U. mín.	Optima		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.	
Obs. 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		Obs.	Fuente		
	Mín.	Máx.				
	500	800				
	Rango					
Fotoperiodo (horas/día)	Mín.	Máx.	Obs.	Fuente		
	10	16				
Textura del suelo	Optima			Menos óptima	Fuente	
	Fco arenoso, Fco arcilloso y Fco					
					Cepeda y Gallegos, 2003.	
pH del suelo	Mín.	Optima		Máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
		5	6.5	8		
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.	

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 producción de papas 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, aunque algunas variedades de papas amargas pueden crecer hasta los 4350 msnm (CIP y FEDECH, 2006). Especialistas del ISTP-Antabamba (2010), manifiestan que las papas nativas se desarrollan entre 3600 y 4200 msnm, las nativas dulces entre 3600 y 4000 msnm y nativas amargas entre 3 900 y 4200 msnm (**tabla 18**).

Requerimientos agroclimáticos

La papa nativa se desarrolla en condiciones de clima frío y con alta incidencia de luz solar (INCOPA y CIP, 2008). Las papas nativas denominadas “dulces” requieren temperaturas promedio de 8 a 14 °C (ISTP y AA-Antabamba, 2010); de 12 a 13 °C, y 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) y en el caso de las nativas “amargas” pueden soportar temperaturas mínimas de hasta -4°C y un rango térmico óptimo entre 8 y 11 °C (Canahua, 1991; Tapia, 1991; Estrada, 1991; Marca, 1991). Según el ISTP y la AA Antabamba (2010), las nativas amargas se desarrollan bien, también, bajo condiciones térmicas entre 2 y 8 °C y pueden soportar temperaturas de hasta 0 °C.

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 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 en general deben ser profundos, textura franco arenosa a franco arcillosa

(Céspedes y Gallegos, 2003, Horton, 1967), la reacción química 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, un 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.

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.
Requerimiento de temperatura				
Etapa	Temperatura (°C)			Fuente
	U. mín.	Optima		
		Mín.	Máx.	
Papa nativa		12	13	Kopetz, 1937; Kopets y Steinek, 1954; Howards, 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		Fuente
		Mín.	Máx.	
		500	1 160	López et al., 1980; INIPA e INAF, 1984; Céspedes y Gallegos, 2003; Marca, 1991; Tapia, 1991.
Fotoperiodo (horas/día)	Mín.	Optima		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		Fuente
		Mín.	Máx.	
		5	6,5	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.

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 la región de Apurímac y Cusco se siembra 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 entre los 2000 y 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 los 3000 msnm.



Cultivo de maíz en Curahuasi

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 y 20 °C, para las condiciones de la sierra, pero el proceso de germinación es más rápida mientras mayor es la temperatura (Manrique, 1988).

En la etapa de desarrollo del maíz requiere temperaturas mínimas es 7 °C (Altet, 2006 y Sevilla y Valdez); una óptima entre 15 a 20 °C (Sevilla y Valdez; Manrique, 1988; Berger, 1967 y Laffite, 2001; DRA-Apurímac, (2010), ISTP-Curahuasi, (2010) y durante esta etapa puede soportar temperaturas máximas de hasta de 40 °C (Lesur, 2005), en condiciones tropicales de zonas bajas, mientras que en las zonas altas esta puede ser de 30 °C (UNALM, 1974). Según Manrique, Sevilla y Valdez (1988), durante la etapa de floración la temperatura óptima debe ser de 15 a 20 °C.

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

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).

Tabla 19. Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de maíz

Zona	Altitud (msnm)		Fuente			
	Mín.	Máx.				
Sierra media y alta	2 000	4 000	Altet, 2006; Manrique et al. 1993; Sevilla, 2009.			
Requerimiento de temperatura						
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, Sevilla y Valdez, 1988
La fase de maduración del maíz no es muy sensible a la variación de temperatura que las etapas de germinación, crecimiento y floración.						
Precipitación (mm/año)	Mín.	Optima		Máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
	200	500	700	1 000		
Fotoperiodo horas/día)	Rango				Obs.	Fuente
	Mín.		Máx.			
	11		14			
Textura del suelo	Optima			Menos óptima		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		Fuente
	Alto			Medio y bajo		
Profundidad (cm)	Optima			Menos óptima		Fuente
	Profundos			Moderado, pocos, muy pocos		

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.



Cultivo de haba en Andahuaylas

El cultivo de haba crece desde nivel del mar hasta los 4 000 msnm. Sin embargo, se adapta mejor alrededor de 3 000 msnm (Horque, 1990; Camarena et al., 2003; Chiappe; Niño, 2005; Orellana y De la cadena, 1985; Rea, 2003; Bascur, 1993), y entre 2800 a 3 600 (DRA-Apurímac, 2010) (**tabla 20**).

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 oscila entre -2 y 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) y en la etapa de fructificación la temperatura debe estar entre 16 y 18 °C.

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

Requerimiento edafológico

Necesita 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); pH entre 6 y 8, contenido de materia orgánica mayor a 4% y una profundidad de capa arable de 40 cm, según la DRA-Apurímac, (2010).

Tabla 20. Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de haba

Zona	Altitud (msnm)		Fuente			
	Mín.	Máx.				
Sierra media y alta	3 000	4 000	Horque, 1990; Camarena et al, 2003; Chiappe; Niño, 2005; Orellana y De la cadena, 1985; Rea, 2003; Bascur, 1993			
Requerimiento de temperatura						
Etapa	Temperatura (°C)			U. máx.	Obs.	Fuente
	U. mín.	Óptima				
		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.	Óptima		Máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
		500	1 000	1 600		Camarena et al, 2003; Bascur, 1993; Chiappe y Marmolejo.
Fotoperiodo (horas/día)	Mín.	Óptima		Máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
		10	16			Egusquiza, 2000; INAF e INIPA, 1984; Amorós, 1979; López, et al, 1980.
Textura del suelo	Óptima			Menos óptima	Fuente	
	Franco, Fco. arenoso, Fco.-arcillos, Limos					
						Camarena et al, 2003; Orellana y De la cadena, 1985 y Marmolejo
pH del suelo	Mín.	Óptima		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 (%)	Óptima			Menos óptima	Fuente	
	Alto					
				Medio y bajo		Camarena et al, 2003; Orellana y De la cadena, 1985.
Profundidad (cm)	Óptima			Menos óptima	Fuente	
	Profundos					
				Menos profundos		Orellana y De la cadena, 1 985; Niño, 2 005 y Marmolejo.

5.1.1.5 Cultivo de alfalfa

Requerimientos agroclimáticos

Según el 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 con temperaturas de 2 hasta 38 °C (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 en la zona crece vegetativamente en el rango de temperatura de 14 a 17 °C (**tabla 21**).

Tabla 21. Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de alfalfa

Zona	Altitud (msnm)		Fuente			
	Mín.	Max.				
Costa y sierra	0	2440	Anaya Camacho M, 2 004. Cultivo de alfalfa con riego por goteo subsuperficial. México			
Requerimiento de temperatura						
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, 2 005.
Precipitación (mm/año)	Mín.	Optima		Máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
	900	900	1 200			D'Attellis, 2005 y Camacho, 2004.
Textura del suelo	Optima			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.

Sin embargo, algunos autores sostienen que la corona de alfalfa puede soportar temperaturas mínimas 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 media de 18 °C.

La alfalfa requiere una precipitaciones 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).

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 y 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.

5.1.1.6 Cultivo de anís

Es una planta que está adaptada a las condiciones de clima templado, templado cálido y seco (Curioni y Arizio, 1997).

Se siembra en una altitud de 1000 a 2000 msnm (Curioni y Arizio, 1997), sin embargo en el Perú se siembra a una altitud de 2500 a 2600 msnm, bajo condiciones del clima de Curahuasi (Huamán, 1995 y Casas, 1967). Según el ISTP-Curahuasi (2010), el cultivo de anís se adapta a altitudes entre 2300 y 2700 msnm.



Planta de anís

Requerimientos agroclimáticos

Para su desarrollo requiere una temperatura mínima de 7 °C y una máxima de 25 °C. Sin embargo, alcanza mejor desarrollo con una temperatura óptima entre 15 y 18 °C (Casas, 1967; Tamayo, 2005; Pereira, 1993; Alcántara, 1995 y Curioni y Arizio, 1997) y entre 12 y 18 °C según el ISTP-Curahuasi (2010), así como una temperatura entre 15 a 18 °C para floración y fructificación. La planta requiere una precipitación óptima de 593 mm al año (Quispe, 2005), en cambio presencia de precipitación en el momento de la floración y la cosecha y días largos en la etapa de floración y fructificación.

Requerimiento edafológico

La planta de anís requiere suelos con textura franco, calizos neutros, con pH 7,9 (Curioni y Arizio, 1997; Huamán, 1995; Tamayo, 2005; Casas, 1967; Alcántara, 1995), alto contenido de materia orgánica y una profundidad de 30 a 90 cm (ISTP, 2010).

Tabla 22. Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de anís

Zona	Altitud (msnm)		Fuente			
	Mín.	Max.				
Sierra media	2 500	2 650	Huamán, 1995 y Casas, 1967			
Requerimiento de temperatura						
Etapa	Temperatura (°C)			Obs.	Fuente	
	U. mín.	Óptima				U. máx.
Desarrollo		7	Mín.	Máx.	25	
	15		18			
Precipitación (mm/año)	Mín.	Óptima		Máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
Fotoperiodo (horas/día)	Mín.	Óptima		Máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
Textura del suelo	Mínimo		Obs.		Fuente	
	Días largos para las etapas de floración y fructificación					Quispe, 2005.
pH del suelo	Óptima		Menos óptima		Fuente	
	Franco, arenoso, limoso		Arcillosos		Curioni y Arizio, 1997; Huamán, 1995; Tamayo, 2005; Casas, 1967; Alcántara, 1995.	
Materia orgánica (%)	Mín.	Óptima		Máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
Profundidad (cm)	Mín.	Óptima		Máx.	Obs.	Fuente
		7,9	7,9			
Profundidad (cm)	Óptima		Menos óptima		Fuente	
	Alto		Medio y bajo		Huamán, 1995; Tamayo, 2005 y Casas, 1967.	
Profundidad (cm)	Óptima		Menos óptima		Fuente	
	30 – 90				Huamán, 1995 Tamayo, 2005	

5.1.1.7 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 23**).

El cultivo de trigo requiere una precipitación de 375 a 600 mm, no obstante puede desarrollarse con un requerimiento de 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 450-800 mm. El trigo requiere en promedio 12 a 14 horas de luz durante la etapa de crecimiento y floración.

Tabla 23. Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de trigo

Zona	Altitud (msnm)		Fuente			
	Mín.	Max.				
Sierra media	2500	3500	Villanueva, 1974; Barreto, 1997; Zarak, 1963; INIPA – GTZ, 1983 y Cruces, 2006.			
Requerimiento de temperatura						
Etapa	Temperatura (°C)				Obs.	Fuente
	U. mín.	Óptima		U. máx.		
		Mín.	Máx.			
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.	Óptima		U. máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
	200	375	600	1 750		Gómez, 2005; Prats y Grandcourt, 1969; Osca, 2007; Menacho, 1992; DGET, 1983.
Fotoperiodo (horas/día)	Mín.	Óptima		Máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
		12	13,5			Zarak, 1963; DGET, 1983.
Textura del suelo	óptima			Menos óptima	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.	Óptima		Máx.	Obs.	Fuente
		Mín.	Máx.			
	5	6	7,5	8		Gómez, 2005.
Materia orgánica (%)	Óptima			Menos óptima	Obs.	Fuente
	Alto					
						Osca, 2007; Barreto, 1997 y DGET, 1983.
Profundidad (cm)	Óptima			Menos óptima	Obs.	Fuente
	Profundos					
						Prats y Grandcourt, 1969; Osca, 2007 y DGET, 1983.

Requerimiento edafológico

Se considera un suelo óptimo para el cultivo de trigo, a 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, aunque el óptimo varía entre 6

y 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 y contenido de materia orgánica mayor a 4% y profundidad mayor a 40 cm de capa arable.

5.1.1.8 Cultivo de cebada

Es el cultivo con mayor rango de adaptación latitudinal y con 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).

Tabla 24. Requerimientos agroclimáticos y edáficos del cultivo de cebada

Zona	Altitud (msnm)		Fuente			
	Mín.	Máx.				
Sierra media y alta	3000	4000	INIPA – GTZ, 1983			
Requerimiento de temperatura						
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			Arcillosos y arenosos		
						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			menor a 30 cm		
						Collantes, 2007 y Kamisato, 1996.

Requerimientos agroclimáticos

La temperatura óptima para el proceso de germinación de la cebada es de 20 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 un desarrollo ideal se alcanza 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 24**).

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 (Collantes, 2007; Coronel, 2000; INIPA – GTZ, 1983 y DGET, 1983). 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 a 4% y una profundidad mínima de 50 cm.

5.1.1.9 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 altoandino desde 3800 hasta los 4600 msnm (Flores y Malpartida, 1987; Arias y Malpartida, 1990; PRONAMACHCS – Cusco, 2008)

Requerimiento edafoclimático

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

Se 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).

5.1.2 Fenología de los cultivos priorizados

A continuación se presenta las diferentes etapas fenológicas (días) para los cultivos priorizados de la Región Apurímac: maíz, papa, haba, anís y alfalfa.

5.1.2.1 Cultivo de maíz

En las zonas de estudio de la región de Apurímac, el ciclo del cultivo de maíz dura alrededor de 7 meses. La etapa vegetativa abarca después de la siembra hasta la emergencia de la panoja, este periodo dura alrededor de 78 días. Se divide en dos subetapas, debido a su requerimiento de temperatura: siembra-emergencia y emergencia-panoja (**tabla 25**).

La subetapa siembra-emergencia, dura alrededor de 9 días en promedio, sin embargo este varía desde 8 a 10 días. La subetapa emergencia-panoja, abarca un periodo de 69 días en promedio, es el periodo que requiere la planta para acumular las reservas suficientes para las etapas posteriores de floración y maduración; la duración de esta subetapa varía entre 54 y 76 días. Según fuentes provenientes de las zonas de estudio, la etapa reproductiva dura alrededor de 29 días en promedio, aun cuando este puede variar desde 26 a 32 días. La etapa de maduración abarca un periodo de 68 días en promedio, fluctuando desde 44 a 82 días.

Tabla 25. Etapas del cultivo de maíz en días

Cultivo/tipo	Etapa Vegetativa		Reproductiva Botón floral-Inicio de maduración	Maduración Inicio de maduración- madurez final	Ciclo		Fuente
	Siembra emergencia	Emergencia- Botón floral			Mínimo	Máximo	
Maíz blanco gigante de Cusco					230	260	Estación Experimental Andes Cusco. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria
Blanco Urubamba PMV-560					230	240	
INIA 607 checche Andenes					190	210	
Maíz Amarillo oro					215	240	
Maíz Cristalino INIA 613-Amarillo oro					210	230	
Maíz blanco de la zona	8	54	29	44	135	135	Estaciones meteorológicas de SENAMHI región Apurímac
Maíz blanco Urubamba	10	77	25	83	196	196	
Amarillo oro	10	76	32	76	194	196	
Promedio	9	69	29	68	200	213	

5.1.2.2 Cultivo papa mejorada

Según la **tabla 26**, en las zonas de estudio de la región Apurímac, 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 dura alrededor de 70 días. Está dividida en dos subetapas por su requerimiento de temperatura: siembra-emergencia y emergencia-botón floral.

La subetapa 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, humedad del suelo y el estado de los brotes de la semilla (presencia de brotes).

La subetapa 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. La etapa reproductiva tiene una media de 60 días, aunque, 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, el cual puede variar entre 28 y 60 días.

Tabla 26. 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	
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	25	40	60	55	180	180	Entrevista a los productores agrarios
Papa	25	45	65	55	180	190	
Papa	25	45	60	50	180	180	
Papa	25	45	60	55	180	180	
Papa	25	45	60	50	180	180	Entrevista a los productores agrarios
Papa	25	45	60	60	180	180	
Promedio	25	45	60	53	180	180	

5.1.2.3 Cultivo papa nativa

Según la **tabla 27**, en las zonas de estudio de la región de Apurímac, el ciclo del cultivo de la papa dura alrededor de 150 días, según otras fuentes la variación del ciclo puede ser de 137 a 198 días.

La etapa vegetativa comprende después de la siembra hasta el botón floral, este periodo abarca alrededor de 77 días. Está dividida en dos subetapas, debido a su requerimiento de temperatura.

La sub etapa siembra-emergencia, dura alrededor de 66 días en promedio, según la información de diferentes fuentes, la variación en este periodo es mínimo 12 a 44 días. Si bien este periodo varía en función a la temperatura y la humedad del suelo, depende si la semilla estuvo brotada al momento de la siembra.

La subetapa emergencia-botón floral, abarca un periodo de 41 días en promedio, es el periodo que requiere la planta para acumular las reservas suficientes para las etapas posteriores de floración y maduración. La variación puede abarcar desde 18 a 47 días

La etapa reproductiva dura alrededor de 50 días en promedio, variando entre 36 a 74 días y la etapa de maduración abarca un periodo de 38 días en promedio y fluctúa entre 21 a 46 días.

Tabla 27. Etapas del cultivo de papa nativa en días

Cultivo/tipo	Etapa Vegetativa		Reproductiva	Maduración	Ciclo		Fuente
	Siembra emergencia	Emergencia-Botón floral			Botón floral-Floración	Floración-maduración final	
Qompis	38	36	54	21	149	149	Estaciones meteorológicas de SENAMHI región Cusco
Qompis	32	41	46	32	151	151	
Qompis	12	47	53	25	137	137	
Qompis	37	41	74	46	198	198	
Papa nativa amarga	44	18	50	38	150	150	
Papa nativa amarga	36	38	36	40	150	150	
Papa Qompis	24	43	50	46,5	163,5	163,5	Entrevista a los productores agrarios del Distrito de San Salvador de la región Cusco
Promedio	36	41	50	38	150	150	

5.1.2.4 Cultivo de haba

Según la **tabla 28**, para las zonas de estudio de la región Apurímac, 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. La subfase siembra-emergencia varía de 13 a 20 días y la subfase emergencia-botón floral varía de 45 a 71 días.

La etapa reproductiva del cultivo de haba dura alrededor de 50 días, pero puede variar desde 29 hasta 65 días según, el SENAMHI y agricultores del valle de Chumbao.

La etapa de maduración tiene una media de 55 días, este periodo puede ser de 88 a 98 días. Sin embargo los productores sostienen que esta etapa varía entre 40 a 50 días.

Tabla 28. Etapas del cultivo de haba en días

Cultivo/tipo	Etapa Vegetativa		Reproductiva	Maduración	Ciclo		Fuente
	Siembra emergencia	Emergencia-Botón floral			Fructificación-maduración final	Mínimo	
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	20	55	50	55	180	180	Entrevista a los productores agrarios
Haba	20	55	50	55	180	180	
Haba	20	55	50	55	180	180	
Haba	20	55	50	55	180	180	
Haba	30	45	65	40	180	180	Entrevista a los productores agrarios-valle de Chumbao
Haba	20	55	45	60	180	180	Entrevista a los productores agrarios
Promedio	20	55	50	55	180	184	

5.1.2.5 Cultivo de cebada

En las zonas de estudio de la región Apurímac, el ciclo de vida del cultivo de cebada tiene una media de 145 días, este período puede variar entre 140 a 164 días (**tabla 29**).

La etapa vegetativa se considera después de la siembra hasta el inicio de espiga, abarcando un período de 65 días. Esta etapa divide en dos subetapas en función a su requerimiento agroclimático: siembra-emergencia y emergencia-espiga, con periodos de 14 y 45 días respectivamente. Las subfases siembra-emergencia y emergencia-espiga varían de 6 a 15 días y de 40 a 75 días respectivamente.

La etapa reproductiva del cultivo de cebada dura alrededor de 35 días, no obstante, esta puede variar desde 33 hasta 65 días, según el SENAMHI, INIA-Cusco y los productores agrarios de la zona de estudio. La etapa de maduración tiene una media de 50 días, sin embargo ésta puede variar desde 40 a 53 días.

Tabla 29. Etapas del cultivo de cebada en días

Cultivo/tipo	Etapa Vegetativa		Reproductiva	Maduración	Ciclo		Fuente
	Siembra emergencia	Emergencia espiga			Mínimo	Máximo	
Cebada INIA San Cristóbal				Inicio maduración lechosa-maduración cornea	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	15	40	35	50	140	140	Entrevista a los productores agrarios
Cebada	15	40	35	50	140	140	
Cebada	15	30	65	40	150	150	Entrevista a los productores agrarios- valle de Curahuasi
Promedio	15	40	35	50	145	145	

5.1.2.6 Cultivo de anís

Según la **tabla 30**, en las zonas de estudio de la región de Apurímac, el ciclo del cultivo del anís dura alrededor de 5 meses, según diversas fuentes.

La etapa vegetativa abarca alrededor de 68 días. Está dividida en dos subetapas, debido a su requerimiento de temperatura: siembra-emergencia y emergencia-botón floral.

Tabla 30. Etapas del cultivo de Anís en días

Cultivo/tipo	Etapa Vegetativa		Reproductiva	Maduración	Ciclo		Fuente
	Siembra emergencia	Emergencia Botón floral			Mínimo	Máximo	
Anís nacional	25	38	Botón floral Inicio de maduración	Inicio de maduración-madurez final	151	151	Esta. meteorológica Curahuasi 2007.
Anís Boliviano	12	62	32	35	141	141	Esta. meteorológica Curahuasi 2005.
Anís Boliviano	16	60	43	41	160	160	Esta. Meteorológica Curahuasi 2004.
Anís: común verde	25	32	62	40	160	160	Entrevista a instituciones y consultas bibliográficas de la región Apurímac.
Promedio	20	48	47	38	153	153	

La subetapa siembra-emergencia, dura alrededor de 20 días en promedio, pero puede variar desde 12 a 25 días.

La subetapa emergencia-botón floral, abarca un periodo de 48 días en promedio, es el periodo donde la planta acumula las reservas suficientes para las etapas de floración y maduración, este período varía desde 33 a 62 días.

La etapa reproductiva dura alrededor de 47 días en promedio, con una variación de 23 a 63 días y la etapa de maduración abarcan un periodo de 38 días en promedio, fluctuando entre 35 a 40 días.

5.1.2.7 Cultivo de alfalfa

Según la **tabla 31**, para las zonas de estudio de la región Apurímac, el cultivo de alfalfa tiene un periodo promedio de 67 días (SENAMHI y FAO).

La etapa vegetativa del cultivo de alfalfa en las zonas de estudio de la región Apurímac 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 10 y 37 días respectivamente. El brotamiento dura entre 5 y 15 días, mientras que el crecimiento vegetativo varía entre 31 y 59 días; aunque existen reportes que este puede ser en algunos casos de 11 días. En la mayoría de los casos a los 23 días de iniciada la etapa reproductiva se procede al corte o pastoreo.

Tabla 31. 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	
Ciclo del cultivo						67	

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 Curahuasi

Según la **tabla 32**, en el distrito de Curahuasi se aprecia un alto porcentaje de tierras de uso no agrícola (86,38%), destinadas a pastos naturales, montes y bosques y otras clases de tierras. Por otro lado las tierras de uso agrícola solo representan un 13,62% del área del distrito. Las de uso agrícola están agrupadas en tierras bajo riego y de secano representando un 6,44 y 7,17% respectivamente.

Cabe destacar que un 66,98% del área del distrito son pastos naturales, lo cual significa el potencial para el mejoramiento de pastos naturales de la zona y el cultivo de nuevas especies forrajeras para la actividad pecuaria.

Tabla 32. Categorías de usos de la tierra en el Distrito de Curahuasi

Uso	Sub categoría	Área (ha)	Porcentaje (%)	Total (%)
Agrícola	Riego	3 259,44	6,44	13,62
	Secano	3 629,46	7,17	
No agrícola	Pastos naturales	33 887,22	66,98	86,38
	Montes y bosques	5 920,17	11,70	
	Otra clase de tierras	3 900,42	7,71	
	Total	505 961,71	100,00	100,00

Fuente: III CENAGRO 1 994

5.1.3.2 Valle de Chumbao

Según la **tabla 33**, en los distritos del ámbito del valle de Chumbao, un 24,18% de las tierras son de uso agrícola, de los cuales 10,4% son con riego. Las áreas agrícolas están destinadas a la siembra de papa, maíz, trigo, cebada, haba, arvejas, frijol, alfalfa y otros cultivos (PDC 2004 - 2010)

El área no agrícola (75,82%) está destinado a pastos naturales, bosques, entre otros usos. El 63,7% de esta área corresponde a pastos naturales y representa también a las zonas donde se practica el sistema layme⁹.

En este valle, en relación a otras zonas de estudio, un porcentaje considerable representa las tierras destinadas al uso agrícola, los cuales según las categorías de uso de la tierra de la (UGI) están destinadas para la siembra de hortalizas, cultivos transitorios, permanentes y pastos.

⁹ Terrenos comunales que la comunidad concede temporalmente a un particular para su usufructo

Tabla 33. Categorías de usos de la tierra en el valle de Chumbao

Uso	Subcategoría	Área (ha)	Porcentaje (%)	Total (%)
Agrícola	Riego	10 493,28	10,40	24,18
	Secano	13 911,36	13,79	
No agrícola	Pastos naturales	64 281,19	63,70	75,82
	Montes y bosques	3 342,82	3,31	
	Otra clase de tierras	8 879,78	8,80	
	Total	100 908,41	100,00	100,00

Fuente: III CENAGRO 1 994

5.1.3.3 Microcuenca de Mollebamba

En la Microcuenca de Mollebamba, el área predominantemente es el no agrícola, el 96,71% son utilizadas como pastos naturales, montes y bosques, entre otros. Según III CENAGRO 1994. Solo un 3,29% del área de la microcuenca es utilizada con fines agrícolas y de los cuales solo un 1,68% tiene riego (**tabla 34**).

Las áreas cultivables están destinadas para el cultivo de cereales y forrajes; un alto porcentaje del área de la microcuenca son áreas de conservación y pastizales, destinadas al pastoreo, aunque el mayor porcentaje 63,97% de las tierras están destinadas para pastos naturales, lo cual significa que la actividad pecuaria de la zona es importante.

Tabla 34. Categorías de usos de la tierra en la Microcuenca de Mollebamba

Uso	Subcategoría	Área (ha)	Porcentaje (%)	Total (%)
Agrícola	Riego	523,79	1,68	3,29
	Secano	502,34	1,61	
No agrícola	Pastos naturales	1 997,38	63,97	96,71
	Montes y bosques	4 328,05	13,86	
	Otra clase de tierras	5 896,20	18,88	
	Total	31221,76	100,00	100,00

Fuente: III CENAGRO 1 994

5.1.4 Análisis edáfico de las zonas priorizadas

La descripción de las características edáficas para cada una de las zonas de estudio, se basa en la información proveniente del Mapa de Capacidad de Uso Mayor de la Tierras del Perú (ONERN, 1981), la Clasificación de las Tierras del Perú (ONERN, 1982) y al análisis de muestras de suelo tomadas en campo.

5.1.4.1 Distrito de Curahuasi

Según la **tabla 35**, el territorio del distrito de Curahuasi abarca alrededor de 88 330,20 ha, las unidades de suelos por Capacidad de Uso Mayor son: unidad X con 63 903,10 ha, la unidad F3c – P2e – X con 11 619,05 ha y la unidad X – P2e con 10 808,05 ha (**mapa 03**).

La textura de las unidades varían desde franco a arcilloso, la profundidad desde 0,25 a 1,0 metros, el porcentaje de arcilla y limo se encuentran alrededor de 70% lo cual indica que son suelos altamente retentivos, la reacción se encuentra en el rango de moderadamente ácida a ligeramente alcalino.

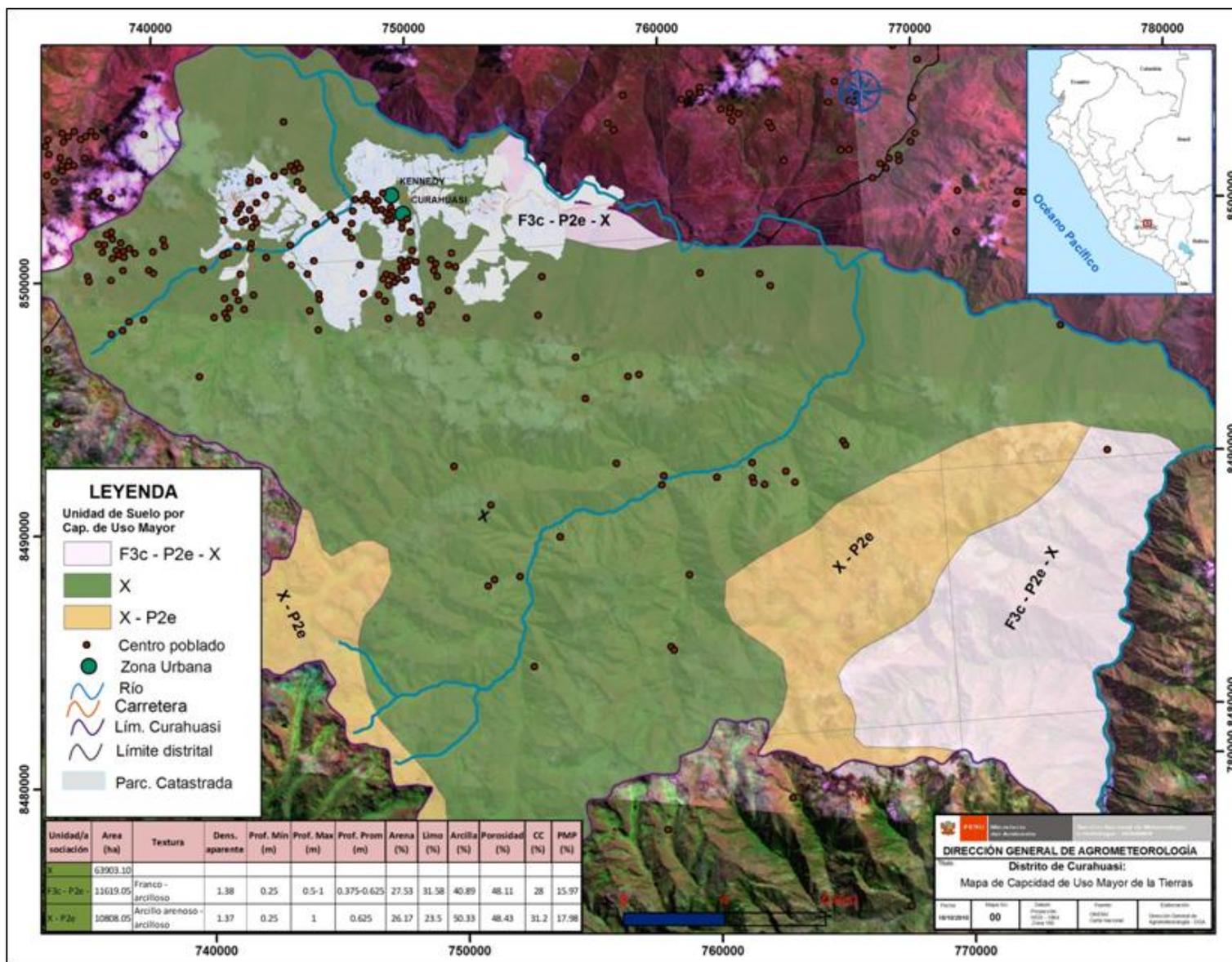
El porcentaje de porosidad alcanza alrededor de 48%, la capacidad de campo entre 28 y 31% y el punto de marchitez permanente se encuentra entre 15 y 18%.

La unidad de suelo por Capacidad de Uso Mayor F3c – P2e - X, está conformado principalmente por áreas consideradas para la producción forestal (F) con calidad agrológica baja, que tienen como limitante las condiciones climáticas de la zona. En segundo lugar se encuentran las zonas con aptitud para la producción de pastos (P) con calidad agrológica media y sus limitantes constituyen las condiciones topográficas del lugar. Por último constituyen esta asociación las áreas consideradas de protección X (laderas disectadas, peñascos, superficies rocosas, etc.).

Tabla 35. Distrito de Curahuasi: Indicadores edafológicos

Unidad / asociación	X	F3c - P2e - X	X - P2e	Total (ha)
Aérea (ha)	63 903,1	11 619,05	10 808,05	86 330,2
Textura		Franco - arcilloso	Arcillo arenoso - arcilloso	
		Media - fina	Moderadamente fina-fina	
Densidad aparente		1,38	1,37	
Prof. Mínima (m)		0,25	0,25	
Prof. Máxima (m)		0,5-1	1	
Prof. Promedio(m)		0,375-0,625	0,625	
		Moderadamente profundo	Moderadamente profundo	
pH		Moderadamente ácida -ligeramente alcalino	Moderadamente ácida -ligeramente ácido	
Arena (%)		27,53	26,17	
Limo (%)		31,58	23,5	
Arcilla (%)		40,89	50,33	
Porosidad (%)		48,11	48,43	
CC (%)		28	31,2	
PMP (%)		15,97	17,98	

Mapa 03. Distrito de Curahuasi. Unidades de Suelo por Capacidad de Uso Mayor



La textura de estas tierras varía entre media y fina, moderadamente profundos, pero puede variar entre superficial y moderadamente profundo, el rango de acidez se encuentra entre moderadamente ácido a ligeramente alcalino.

Las condiciones de textura, profundidad y el tipo de reacción de estas tierras son favorables para el desarrollo de los cultivos priorizados de la zona, tales como papa, maíz y anís.

La unidad de suelo por Capacidad de Uso Mayor *X-P2e*, está conformado por áreas donde predominan las zonas de protección *X* (laderas disectadas, peñascos, superficies rocosas, etc.) y las zonas aptas para la producción de pastos y la actividad pecuaria (*P*). La calidad agrologica de estas áreas se considera media por tener limitaciones por la topografía.

Presenta textura fina, en general son moderadamente profundos, aunque en algunos sectores el suelo puede ser superficial y en otros profundo. El pH puede estar entre moderadamente ácido a ligeramente ácido.

Las características de textura favorecen el desarrollo del cultivo de papa y maíz, sin embargo no sería recomendable para el cultivo de anís, que requiere condiciones alcalinas.

5.1.4.2 Valle de Chumbao

Según la **tabla 36**, el valle de Chumbao abarca alrededor de 49 803,84 ha, las unidades de suelos por Capacidad de Uso Mayor son: *F3c - P2e*, con 12 852,95 ha, la unidad *P1c - X* con 10 084,68 ha, la *F3c - P2e - A2sc* con 10 303,40 ha, *A3c - P1c* 8 561,21 ha y la unidad *X* tiene 7 291,61 ha (**mapa 04**).

La textura de estas unidades varían desde arenoso a arcilloso, la profundidad promedio entre 0,37 a 1,25 metros, sin embargo puede variar entre 0,25 y 1,5 metros. El contenido de arcilla y limo es muy alto, el rango de reacción varía entre moderadamente ácido a ligeramente alcalino, el porcentaje de porosidad se encuentra alrededor de 48% la capacidad de campo varía entre 24 y 27% el punto de marchitez permanente entre 14 y 16%.

La unidad de suelo por Capacidad de Uso Mayor *F3c - P2e*, está conformado por áreas con predominancia de tierras con aptitud para uso forestal, de calidad agrológica baja y cuyo principal factor limitante son las condiciones climáticas de la zona. El segundo componente de esta unidad lo constituyen las áreas con aptitud para pastizales, con calidad agrológica media, cuya limitante es la topografía.

Presenta suelos de textura media a fina, en general son moderadamente profundos, pero en algunos sectores puede ser superficial y en otros profundos. El pH de estos suelos puede estar entre moderadamente ácido a ligeramente alcalino. Estas

características de textura, reacción y profundidad indican que son suelos recomendables para el desarrollo de los cultivos de papa, maíz, haba, trigo y cebada.

La unidad de suelo por Capacidad de Uso Mayor *P1c-X*, está formado por zonas predominantemente aptas para la producción de pastos y de calidad agrológica alta, siendo el limitante más importante el factor clima y con áreas de protección (laderas disectadas, peñascos, superficies rocosas, etc.).

Presenta suelos de textura variada que va desde media a fina, son suelos moderadamente profundos en promedio, pero puede encontrarse desde moderadamente profundo a profundo en algunas zonas. El pH se encuentra en el rango de moderadamente ácido a ligeramente ácido. Estas características de textura, profundidad y el pH son favorables para el desarrollo de los cultivos priorizados de la zona, especialmente cebada, papa y maíz.

La unidad de suelo por Capacidad de Uso Mayor *F3c-P2e-A2sc* está conformado por áreas donde predominan las tierras con aptitud forestal, con calidad agrológica baja y cuyo limitante principal lo constituye las condiciones climáticas de la zona. El segundo componente lo constituyen las áreas con aptitud pastoril, con calidad agrológica media y cuya limitante lo constituye la topografía. El tercer componente de esta unidad lo constituyen las áreas con aptitud para cultivos en limpio, de calidad agrológica media y cuyas limitantes son las condiciones del suelo y el clima (**tabla 36**).

Presenta suelos con textura variada desde media a fina; en general son suelos profundos, pero también pueden presentar en algunos sectores suelos superficiales y otros profundos. El pH de estos suelos varía entre moderadamente ácido a ligeramente alcalino. Estas características (textura, pH y profundidad) indican que son suelos aptos para el desarrollo de los cultivos de papa, maíz, haba, trigo y cebada.

La unidad de suelo por Capacidad de Uso Mayor *A3c-P1c*, está conformado por zonas predominantemente consideradas aptas para cultivos en limpio o intensivo, con calidad agrológica baja y factor limitante las condiciones climáticas. El resto de la unidad lo conforman zonas con vocación agrícola para la producción de pastos, con calidad agrológica alta, siendo las condiciones climáticas el principal factor limitante.

Presenta suelos de textura variada, que va desde media a fina, moderadamente profundo en promedio, el rango de profundidad varía entre moderadamente profundo a profundo. El pH se encuentra en el rango de moderadamente ácida a ligeramente alcalino. Estas características de textura, profundidad y pH son favorables para el desarrollo de los cultivos de trigo, cebada, papa, maíz y haba.

Mapa 04. Valle de Chumbao. Unidades de Suelo por Capacidad de Uso Mayor

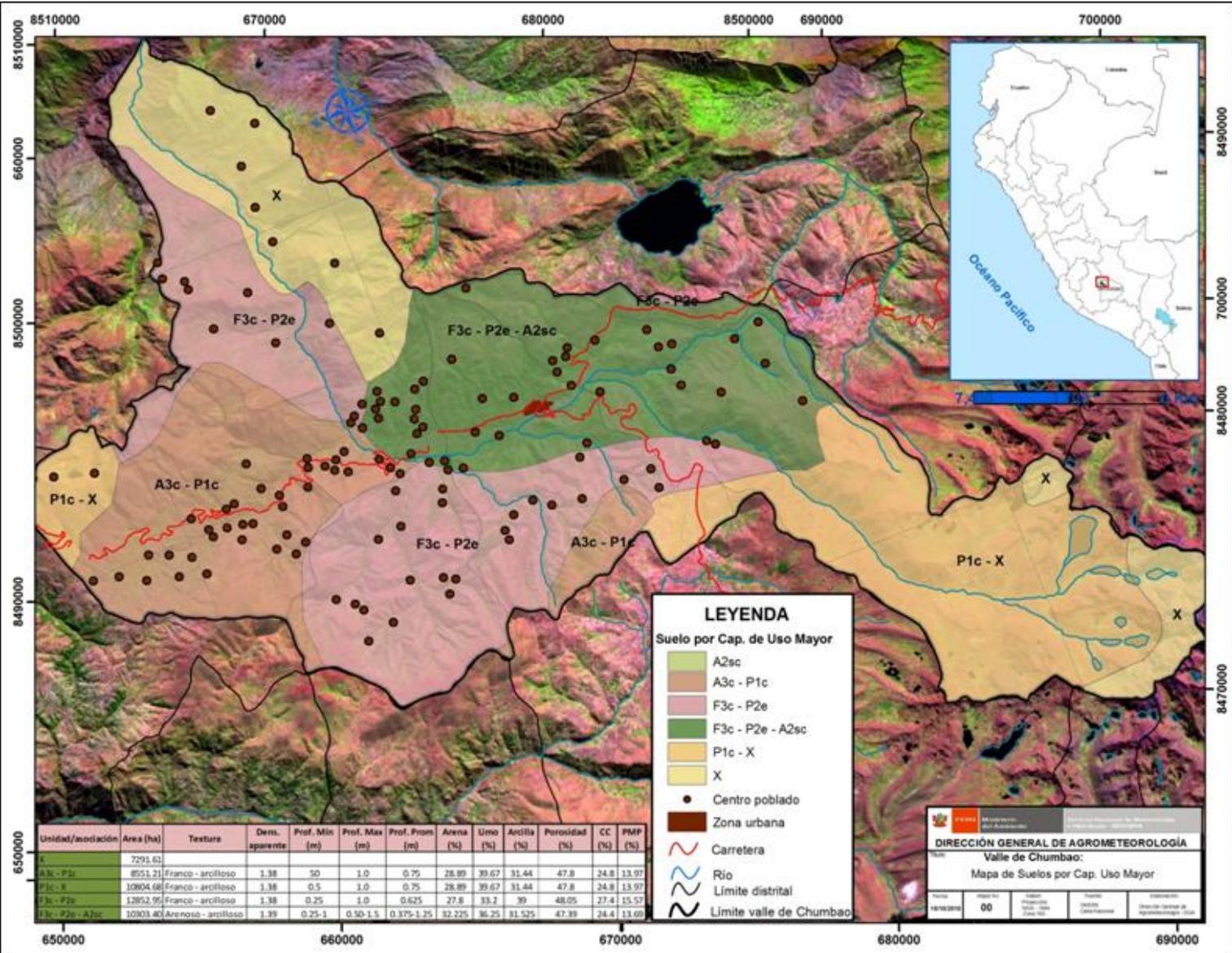


Tabla 36. Valle de Chumbao: Indicadores edafológicos

Unidad/asociación	F3c - P2e	P1c - X	F3c - P2e - A2sc	A3c - P1c	X	Total (ha)
Área (ha)	12 852.95	10 804.68	10 303.4	8 551.21	7 291.61	49 803.84
Textura	Franco - arcilloso	Franco - arcilloso	Arenoso - arcilloso	Franco - arcilloso		
	Media - fina	Media - fina	Gruesa - fina	Media - fina		
Densidad aparente	1,38	1,38	1,39	1,38		
Prof. Mínima (m)	0,25	0,5	0,25-1	50		
Prof. Máxima (m)	1	1	0,50-1,5	1		
Prof. Promedio(m)	0,625	0,75	0,375-1,25	0,75		
	Mod. Profundo	Mod. Profundo	Profundo	Mod. Profundo		
pH	Mod. Ácida - lig. alcalino	Mod. Ácida - Lig. Ácida	Mod. Ácida - Lig. alcalino	Mod. Ácida - lig. alcalino		
Arena (%)	27,8	28,89	32,225	28,89		
Limo (%)	33,2	39,67	36,25	39,67		
Arcilla (%)	39	31,44	31,525	31,44		
Porosidad (%)	48,05	47,8	47,39	47,8		
CC (%)	27	25	24	25		
PMP (%)	15,6	14	13,7	14		

5.1.4.3 Microcuenca de Mollebamba

En la **tabla 37**, se observa que la microcuenca de Mollebamba tiene una extensión de 62 380,18 ha, de las cuales la unidad por uso mayor *X-P2e* ocupa alrededor de 22 294,90 ha; la unidad *X* abarca una extensión de 20 092,51 ha; la unidad *P1c-X* tiene una extensión de 17 439,38 ha; la unidad *P2e-X* comprende un área de 2 395,11 ha y la unidad *A3c-P1c* tiene una extensión de 168,26 ha (**mapa 05**).

La textura de las unidades varían entre franco y arcilloso, la profundidad entre 0,25 y 1,0 m. Todas las unidades presentan un porcentaje de limo y arcilla por encima de 50%, lo cual indica que son altamente retentivos, El porcentaje de porosidad varía entre 48 y 49%, la capacidad de campo entre 25 y 31% y el punto de marchitez permanente entre 14 y 18% (**tabla 37**).

La unidad de suelo por Capacidad de Uso Mayor *X-P2e* está conformado por áreas donde predominan las zonas de protección *X* (laderas disectadas, peñascos, superficies rocosas, etc.), así como zonas aptas para la producción de pastos y el desarrollo de la actividad pecuaria (*P*), la calidad agrológica de estas áreas se considera media, debido a las limitaciones topográficas.

Presenta suelos con textura fina, en general son moderadamente profundos, pero en algunos sectores los suelos son superficiales y en otros profundos. El pH de estos suelos está entre moderadamente ácido a ligeramente ácido. Estas características indican que son suelos para el desarrollo del cultivo de trigo, y no aptos para otros

cultivos priorizados de la zona, como la papa nativa, cebada y alfalfa; sin embargo estos cultivos pueden desarrollarse como un medio de subsistencia.

Asimismo, la característica de profundidad es adecuada para el cultivo de cebada que requiere suelos poco profundos.

La unidad de suelo por Capacidad de Uso Mayor *P1c-X* está conformada por zonas predominantemente aptas para producción de pastos con calidad agrológica alta y limitadas por el factor clima; así como con áreas de protección (laderas disectadas, peñascos, superficies rocosas, etc.).

Presenta una textura variada entre media a fina, son suelos moderadamente profundos en promedio, pero puede encontrarse en un rango moderadamente profundo a profundo en algunas zonas. El pH varía entre moderado a ligeramente ácido. Las características de textura, profundidad y el pH son favorables para el desarrollo de los cultivos priorizados de la zona, especialmente para cebada y papa nativa.

La unidad de suelo por Capacidad de Uso Mayor *P2e-X*, está conformado por la predominancia de áreas consideradas aptas para producción de pastos con calidad agrológica media, siendo el limitante más importante el clima. Así también presenta áreas de protección (laderas disectadas, peñascos, superficies rocosas, etc.)

Presenta suelos con textura fina, moderadamente profundos en promedio, pero puede encontrarse desde moderadamente profundo a profundo en algunas zonas. El pH se varía de moderadamente ácido a ligeramente ácido. Las características de textura, profundidad y pH son favorables para el desarrollo de los cultivos de trigo y cebada, pero no para el desarrollo de papa nativa y alfalfa; sin embargo esos cultivos pueden crecer bajo condiciones de subsistencia.

La unidad de suelo por Capacidad de Uso Mayor *A3c-P1c* está conformada por zonas donde predominan las áreas consideradas aptas para cultivos en limpio o intensivo, con calidad agrológica baja, siendo el factor limitante las condiciones climáticas de la zona. El resto de la unidad lo conforman zonas con vocación agrícola para la producción de pastos, con calidad agrológica alta, siendo las condiciones climáticas el factor limitante.

Presenta una textura entre media a fina, con suelos moderadamente profundos en promedio. La reacción se encuentra en el rango de moderadamente ácida a ligeramente alcalino.

Las características de textura, profundidad y el pH son favorables para el desarrollo de los cultivos de trigo, cebada, papa nativa y alfalfa.

Mapa 05. Microcuenca de Mollebamba. Unidades de suelos por Capacidad de Uso Mayor

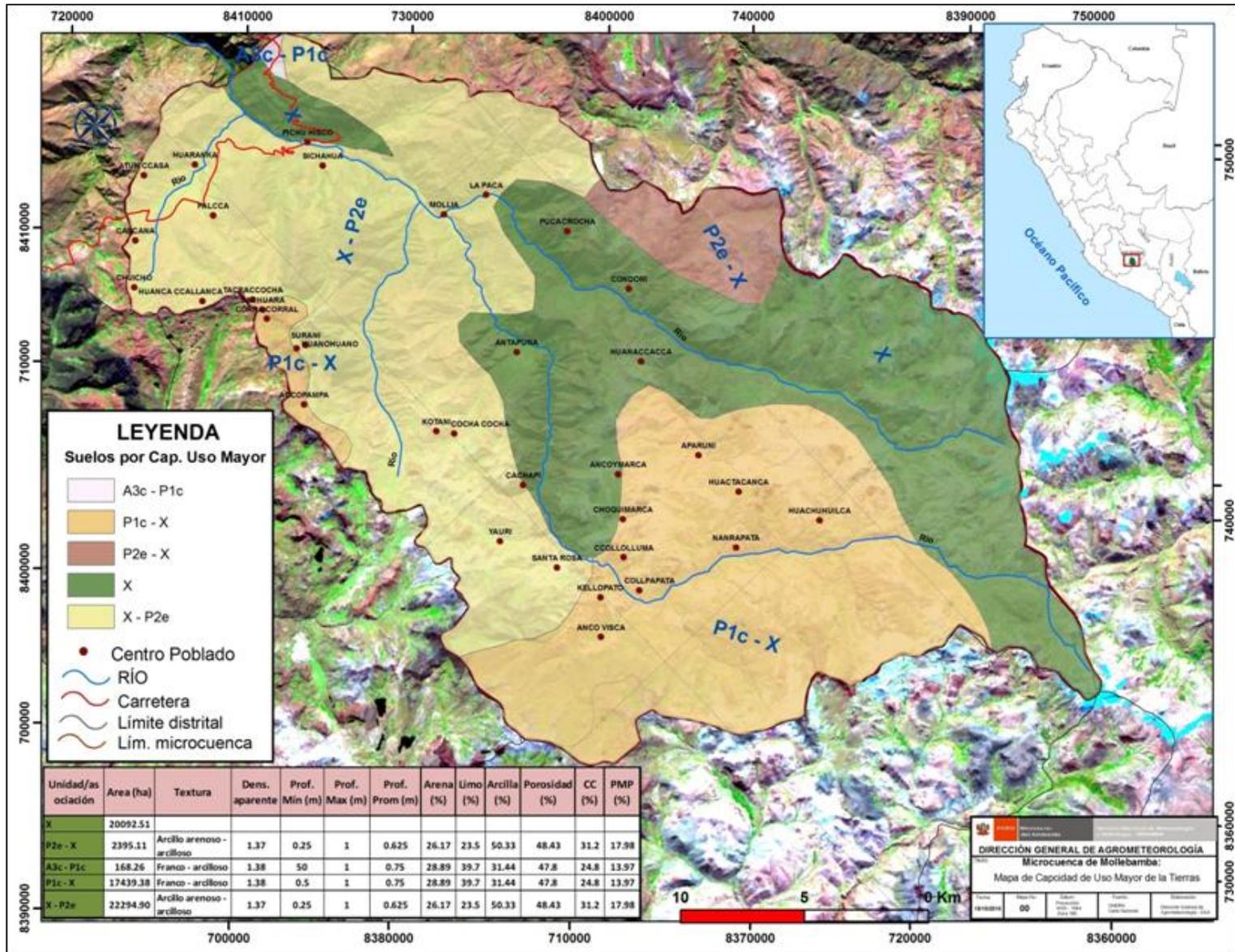


Tabla 37. Microcuenca de Mollebamba: Indicadores edafológicos

Unidad/asociación	X - P2e	X	P1c - X	P2e - X	A3c - P1c	Total
Área (ha)	22294,9	2 0092,51	17439,38	2395,11	168,26	62 390,16
Textura	Arcillo arenoso - arcilloso		Franco - arcilloso	Arcillo arenoso - arcilloso	Franco - arcilloso	
	Fina		Media - fina	Fina	Media - fina	
Dens. aparente	1,37		1,38	1,37	1,38	
Prof. Mínima (m)	0,25		0,5	0,25	50	
Prof. Máxima (m)	1		1	1	1	
Prof. Prom (m)	0,625		0,75	0,625	0,75	
	Mod. Profundo		Mod. Profundo	Mod. Profundo	Mod. Profundo	
pH	Mod. Ácida - lig. Ácido		Mod. Ácida - Lig. Ácida	Mod. Ácida - lig. ácida	Mod. Ácida - lig. alcalino	
Arena (%)	26,17		28,89	26,17	28,89	
Limo (%)	23,5		39,7	23,5	39,7	
Arcilla (%)	50,33		31,44	50,33	31,44	
Porosidad (%)	48,43		47,8	48,43	47,8	
CC (%)	31,2		24,8	31,2	24,8	
PMP (%)	18		14	18	14	

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 38. 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

5.1.5.1 Distrito de Curahuasi

Cultivo de Maíz

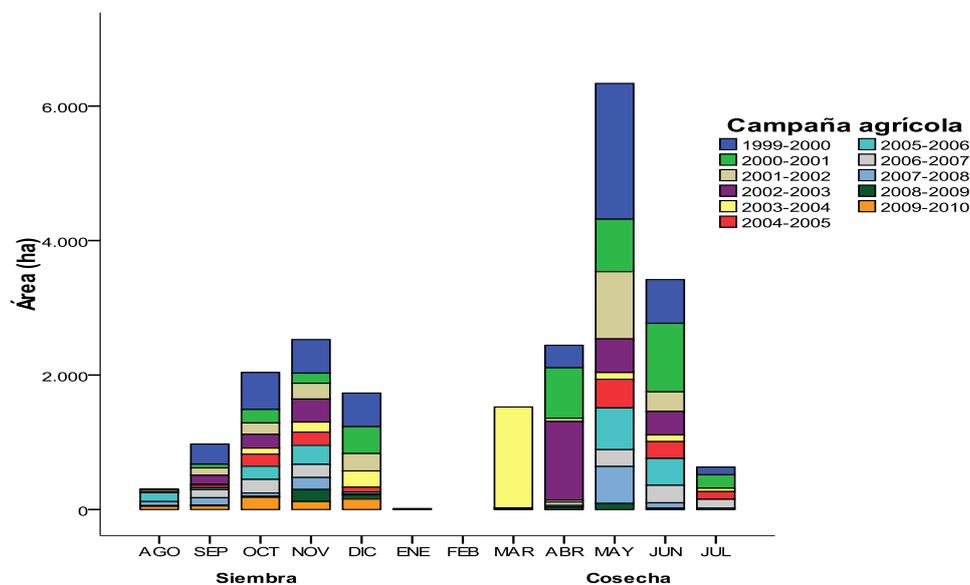
Según la **tabla 39** y **figura 02**, las labores de siembra para el cultivo de maíz se realizan entre agosto a noviembre y una mayor actividad de siembra en este último mes.

Tabla 39. Distrito de Curahuasi. Calendario agrícola del cultivo de maíz

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												
2009/2010												
2010/2011												

Fuente: DRA – Apurímac

Las labores de cosecha de maíz en el distrito de Curahuasi se inician en el mes de marzo prolongándose hasta el mes de julio, siendo la mayor área cosechada en el mes de mayo.

**Figura 02.** Distrito de Curahuasi: Calendario agrícola del cultivo de maíz

Cultivo de Papa

La siembra del cultivo de papa en el distrito de Curahuasi se inicia el mes de agosto y finaliza entre noviembre y diciembre. Siendo mayor la de siembra actividad en los meses de setiembre y noviembre (**figura 03** y **tabla 40**).

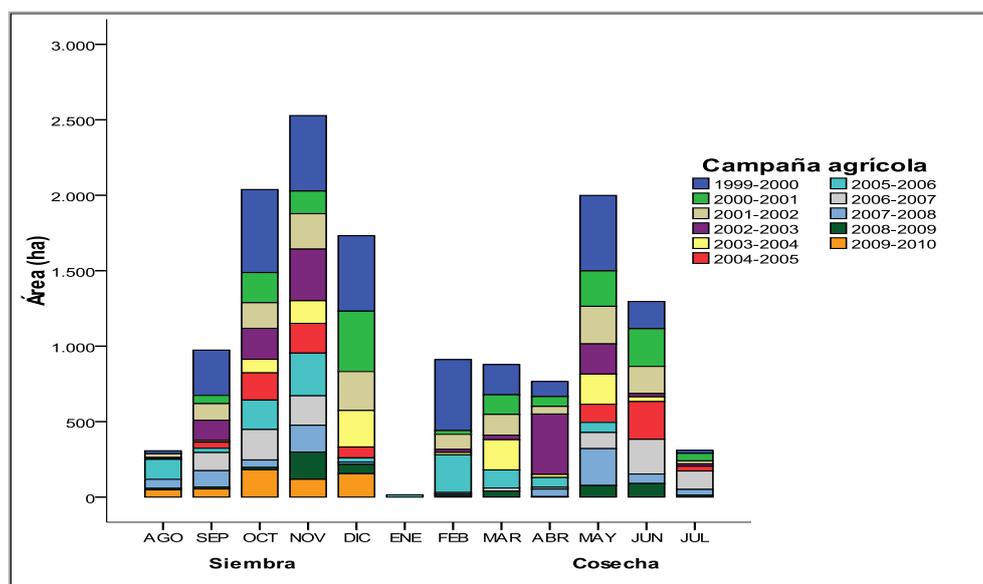
Esta característica de la distribución de anual siembra de la papa, probablemente se debe a que este cultivo se siembra en terrenos conducidos bajo riego, mientras que para el cultivo en secano se debe esperar la temporada de lluvias.

Tabla 40. Distrito de Curahuasi: Calendario agrícola del cultivo de papa

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												
2009/2010												
2010/2011												

Fuente: DRA – Apurímac

Las labores de cosecha de la papa se inician en febrero y finalizan en julio, aunque la mayor área cosechada se da en el mes de mayo.

**Figura 03.** Distrito de Curahuasi. Calendario agrícola del cultivo de papa

Según la encuesta de *precepciones de la población, variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales*, el periodo de siembra abarca desde octubre a diciembre, con un mayor porcentaje entre noviembre y diciembre.

Cultivo de Anís

En la **tabla 41**, se muestra las fechas de siembra del cultivo de anís en el distrito de Curahuasi. El periodo de siembra se inicia el mes de setiembre y se prolongan hasta abril, aunque la mayor área sembrada se da en los meses de enero y febrero.

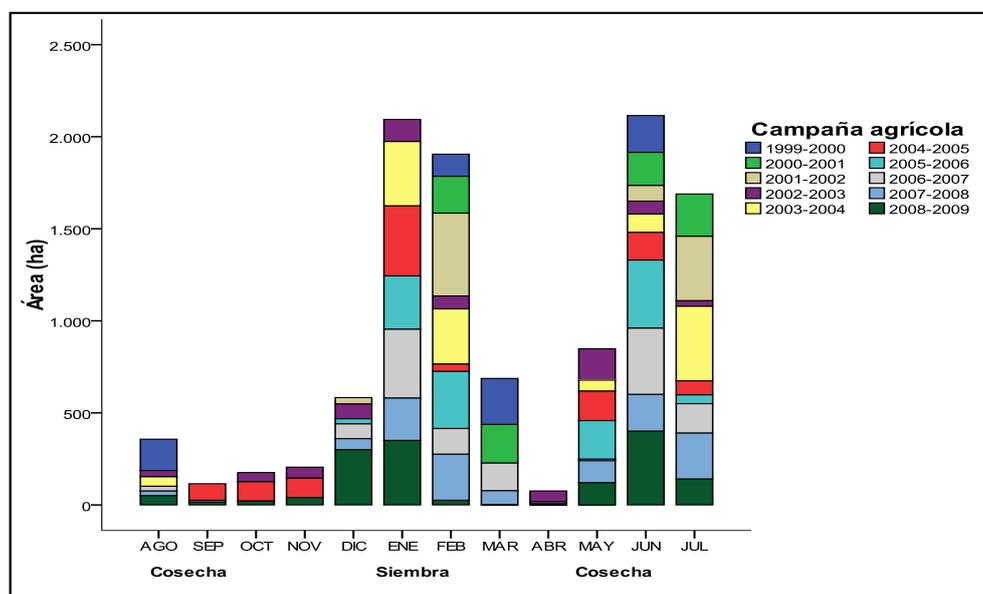
Tabla 41. Distrito de Curahuasi: Calendario agrícola del cultivo de anís

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												
2009/2010												
2010/2011												

Fuente: DRA – Apurímac

Así mismo, las labores de cosecha del anís se inician en el mes de abril prolongándose hasta octubre y la mayor área cosechada se da entre los meses de mayo y julio.

Según Huacac (2008) la siembra de anís bajo secano se realiza entre enero y febrero, aquellas áreas con riego se siembran entre febrero y marzo. La cosecha se ejecuta desde junio a septiembre. Aunque en la actualidad, la siembra se ejecuta desde mediados de diciembre hasta mediados de abril; este cambio se debe a la presencia de hortalizas (maíz choclo).

**Figura 04.** Distrito de Curahuasi. Calendario agrícola del cultivo de anís

Según la encuesta de *percepciones de la población, variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales*, el periodo de siembra se realiza desde setiembre a enero, con una mayor concentración en el mes de diciembre.

5.1.5.2 Valle de Chumbao

Cultivo de Maíz

De acuerdo a la **tabla 42** y **figura 05**, la siembra del cultivo de maíz en el valle de Chumbao se inicia en el mes de agosto y se prolonga hasta enero, con una mayor concentración en los meses de octubre y noviembre.

Según DGP- Talavera y PDC-Andahuaylas 2004-2010. Las actividades de siembra del maíz se realizan entre setiembre y noviembre y las de cosecha entre los meses de abril y junio.

Tabla 42. Valle de Chumbao: Calendario agrícola del cultivo de maíz

Campaña	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1996/1997												
1997/1998												
1998/1999												
1999/2000												
2000/2001												
2001/2002												
2002/2003												
2003/2004												
2004/2005												
2005/2006												
2006/2007												
2007/2008												
2008/2009												
2009/2010												
2010/2011												

Fuente: DRA – Apurímac

Por otro lado, las actividades de la cosecha del maíz se inician en abril y finalizan en julio, con una mayor concentración en los meses de mayo y junio.

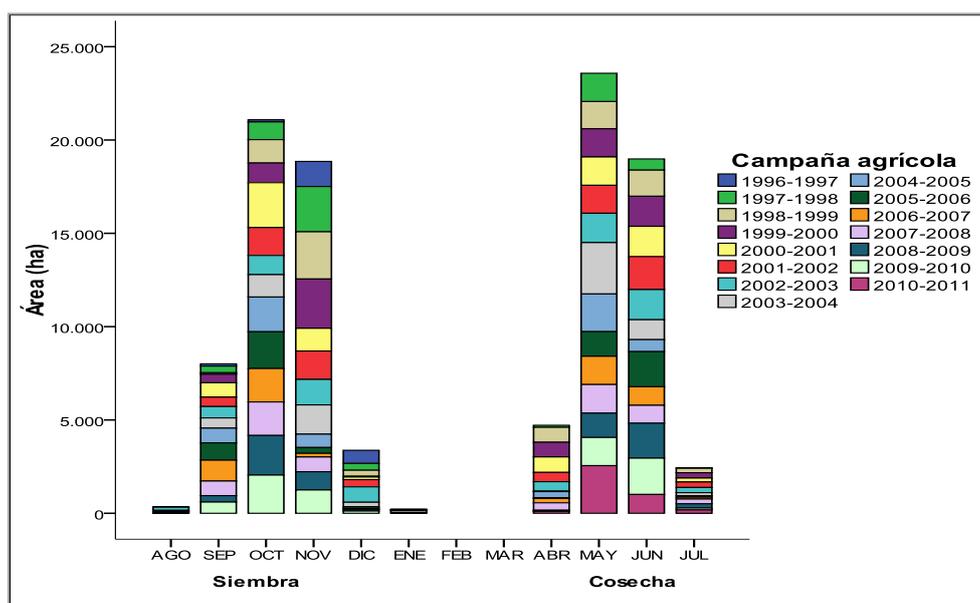


Figura 05. Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de maíz

Según la encuesta de *percepciones de la población, variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales*, el periodo de siembra del cultivo de maíz se registran entre los meses de setiembre y octubre.

Cultivo Papa

Las labores de siembra de papa en el valle de Chumbao se inician en el mes de agosto para finalizar en diciembre y enero (**tabla 43**); con mayor concentración entre setiembre y diciembre (**figura 06**). La cosecha se realiza entre febrero y julio y las mayores aéreas cosechadas se registran en mayo y junio.

Tabla 43. Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de papa

Campaña	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1996/1997												
1997/1998												
1998/1999												
1999/2000												
2000/2001												
2001/2002												
2002/2003												
2003/2004												
2004/2005												
2005/2006												
2006/2007												
2007/2008												
2008/2009												
2009/2010												
2010/2011												

Fuente: DRA - Apurímac

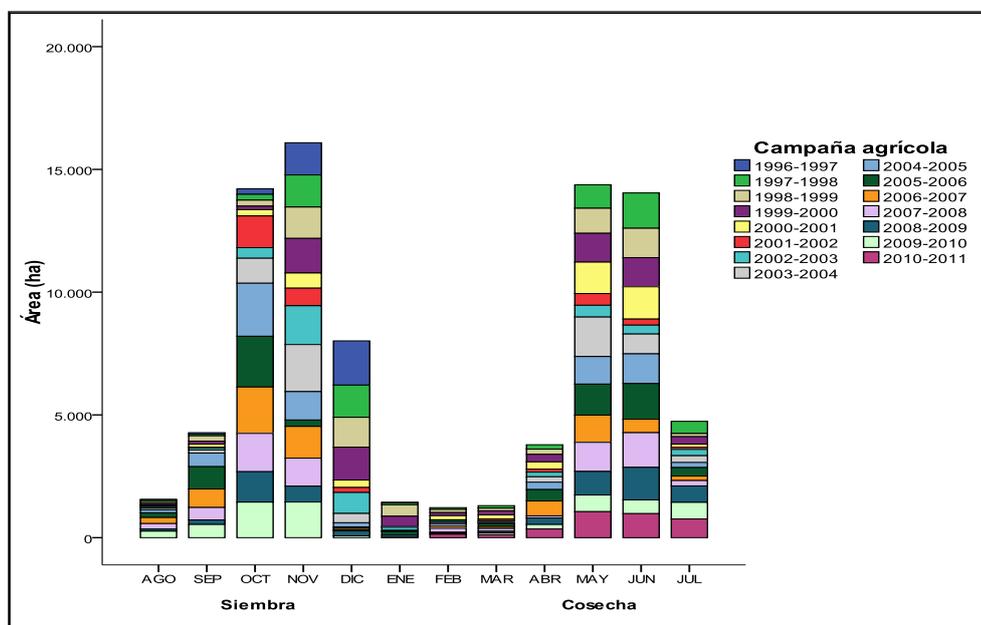


Figura 06. Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de papa

Según DGP- Talavera y PDC-Andahuaylas 2 004-2 010. La siembra de papa se registra entre los meses de agosto y octubre y la cosecha se realiza en el mes de marzo a nivel del distrito de Talavera.

Según la encuesta de *percepciones de la población, variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales*, el periodo de siembra del cultivo de papa se encuentra entre los meses de setiembre y octubre.

Cultivo de Haba

Según la **tabla 44** y **figura 07**, las labores de la siembra del cultivo de haba en el valle de Chumbao se registran a partir del mes de agosto y finalizan en enero, con mayor área sembrada en octubre y noviembre.

Tabla 44. Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de haba

Campaña	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1996/1997												
1997/1998												
1998/1999												
1999/2000												
2000/2001												
2001/2002												
2002/2003												
2003/2004												
2004/2005												
2005/2006												
2006/2007												
2007/2008												
2008/2009												
2009/2010												
2010/2011												

Fuente: DRA – Apurímac

Así mismo, las actividades de la cosecha se inician en el mes de mayo y se prolongan hasta el agosto, siendo la mayor área de cosecha el mes de junio.

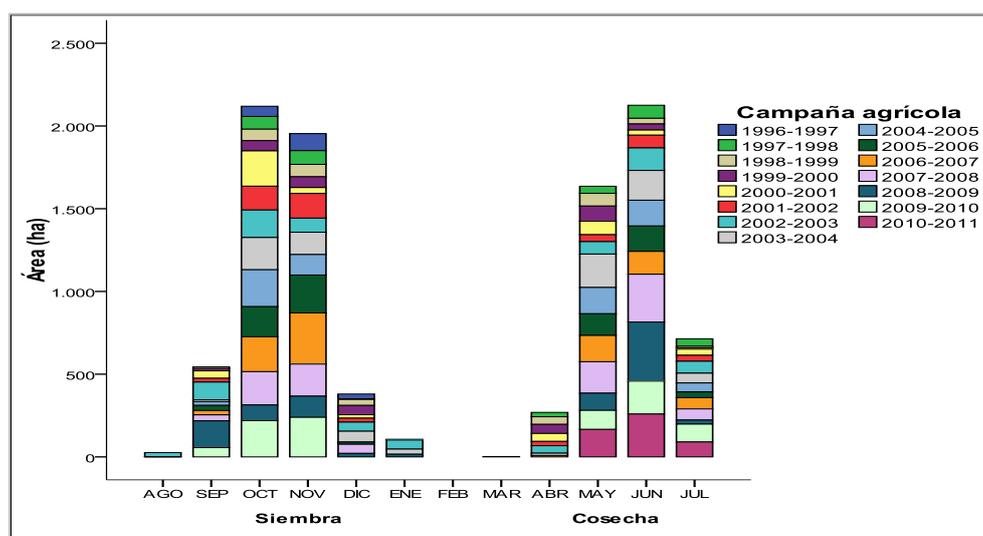


Figura 07. Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de haba

Según la encuesta de *percepciones de la población, variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales*, el periodo de siembra del cultivo de haba se encuentra entre los meses de octubre y diciembre.

Cultivo de Trigo

Las labores de siembra del cultivo de trigo en el valle de Chumbao comienzan a el mes de setiembre y finalizan en febrero y marzo, con mayor extensión de área sembrada entre diciembre y enero (**tabla 45 y figura 08**).

Tabla 45. Valle de Chumbao: Calendario agrícola del cultivo de trigo

Campaña	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1996/1997												
1997/1998												
1998/1999												
1999/2000												
2000/2001												
2001/2002												
2002/2003												
2003/2004												
2004/2005												
2005/2006												
2006/2007												
2007/2008												
2008/2009												
2009/2010												
2010/2011												

Fuente: DRA – Apurímac

Las actividades para la cosecha de este cultivo inician el mes de abril y finalizan en julio, la mayor área cosechada se registra los meses de junio y julio.

Según DGP- Talavera y PDC-Andahuaylas 2004-2010. La época de siembra del trigo corresponde al mes de noviembre y diciembre, y la cosecha se realiza en junio y julio en el distrito de Talavera.

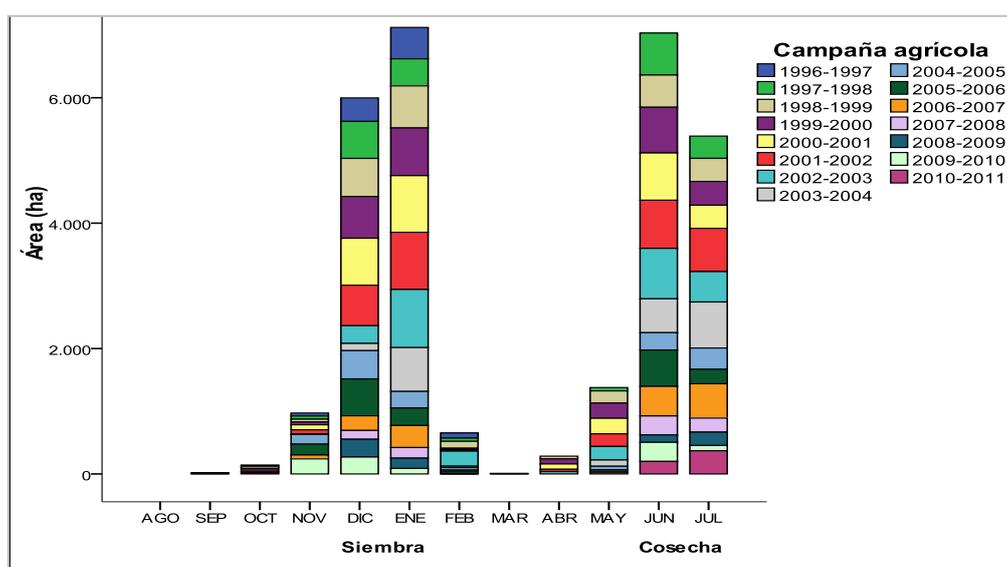


Figura 08. Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de trigo

Según la encuesta de *percepciones de la población, variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales*, el periodo de siembra del cultivo de trigo se realiza entre los meses de noviembre y diciembre

Cultivo de Cebada

La siembra del cultivo de cebada en el valle de Chumbao se inicia desde agosto prolongándose hasta febrero (**tabla 46**), la mayor siembra se realiza entre en los meses de noviembre, diciembre y enero (**figura 09**).

Tabla 46. Valle de Chumbao: Calendario agrícola del cultivo de Cebada

Campaña	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1996/1997												
1997/1998												
1998/1999												
1999/2000												
2000/2001												
2001/2002												
2002/2003												
2003/2004												
2004/2005												
2005/2006												
2006/2007												
2007/2008												
2008/2009												
2009/2010												
2010/2011												

Fuente: DRA – Apurímac

Las actividades de cosecha del cultivo de cebada se inician en el mes de abril y se prolongan hasta julio. Sin embargo las mayores extensiones de cosecha se producen en los meses de mayo, junio y julio.

Según DGP- Talavera y PDC-Andahuaylas 2 004-2 010. La época de siembra del cultivo de cebada se inicia entre los meses de noviembre y diciembre, y la cosecha se realiza en junio y julio en el distrito de Talavera.

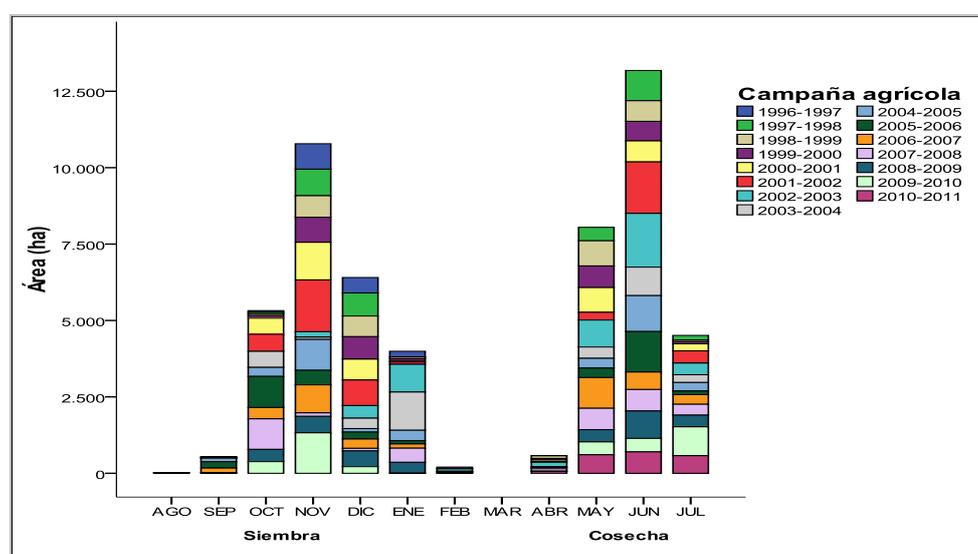


Figura 09. Valle de Chumbao. Calendario agrícola del cultivo de cebada

Según la encuesta de *percepciones de la población, variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales*, la siembra del cultivo de cebada se realiza entre los meses de noviembre y diciembre.

5.1.5.3 Microcuenca de Mollebamba

Cultivo de Alfalfa

El cultivo de alfalfa en la microcuenca de Mollebamba se desarrolla bajo riego (Romero et al., 2010). La siembra se realiza entre los meses octubre a enero, y la cosecha se realiza mensualmente durante todo el año (**tabla 47**)

Tabla 47: Microcuenca de Mollebamba: Calendario agrícola del cultivo de alfalfa

Campaña	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
2007/2008			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2008/2009			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ Siembra
■ Cosecha

Fuente: DRA – Apurímac

Según la encuesta de *percepciones de la población, variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales*, la época de siembra para el cultivo de alfalfa se encuentra entre los meses de octubre y enero.

Cultivo Papa nativa

La siembra del cultivo de papa nativa se inicia en agosto y finaliza en enero (**tabla 48**) y el mayor área de siembra se da en los meses de octubre y noviembre.

Por otro lado, las labores de cosecha de la papa nativa se inician en el mes de febrero y culminan el mes de julio, con una la mayor concentración de estas labores entre los meses de mayo y junio.

Tabla 48. Microcuenca de Mollebamba. Calendario agrícola del cultivo de papa nativa

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			■	■	■				■	■	■	
2009/2010	■		■	■		■						
2010/2011												

■ Siembra
■ Cosecha

Fuente: DRA – Apurímac

Según el Romero *et al.* (2010), este cultivo se caracteriza por su alta vulnerabilidad frente a los cambios del clima, porque se siembra básicamente en áreas de cultivo

bajo secano. La siembra se realiza entre los meses de setiembre y noviembre, y la cosecha en el mes de mayo.

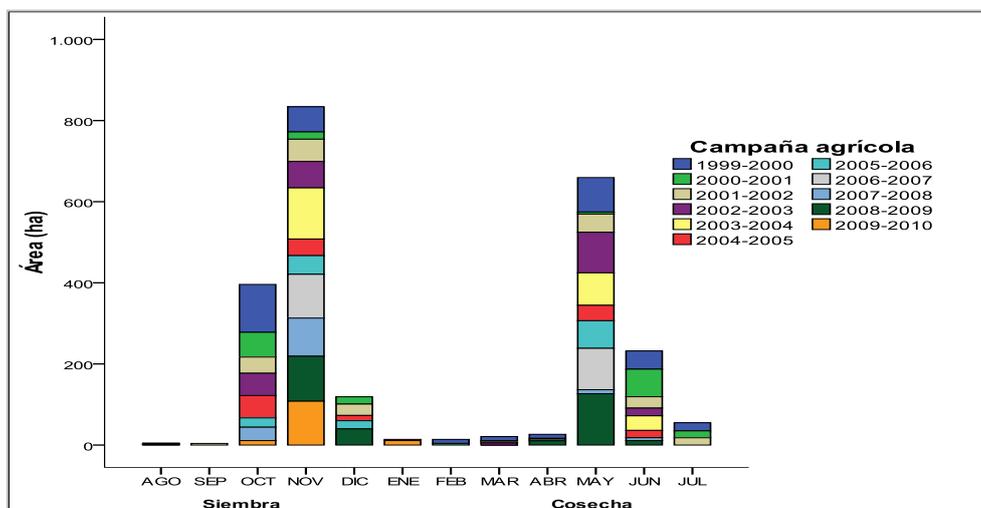


Figura 10. Microcuenca de Mollebamba. Calendario agrícola del cultivo de papa nativa

Según la encuesta de *percepciones de la población a la variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales*, las siembras del cultivo de la papa en la microcuenca de Mollebamba se realizan entre los meses de noviembre y diciembre.

Cultivo de Cebada

La siembra de este cultivo se inician en noviembre y finalizan en enero (**tabla 49**), aunque la mayor área sembrada corresponde al mes de diciembre (**figura 11**).

Por otro lado, las labores de cosecha se inician en el mes de mayo y abarca hasta el mes de julio. Las mayores cosechas se concentran durante el mes de junio.

Tabla 49. Microcuenca de Mollebamba. 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				■	■	■				■	■	
2009/2010				■	■	■				■	■	
2010/2011				■	■	■				■	■	

Fuente: DRA – Apurímac

Según Romero *et al.* (2010), la siembra del cultivo de cebada se realizan en noviembre y la cosecha en el mes de mayo.

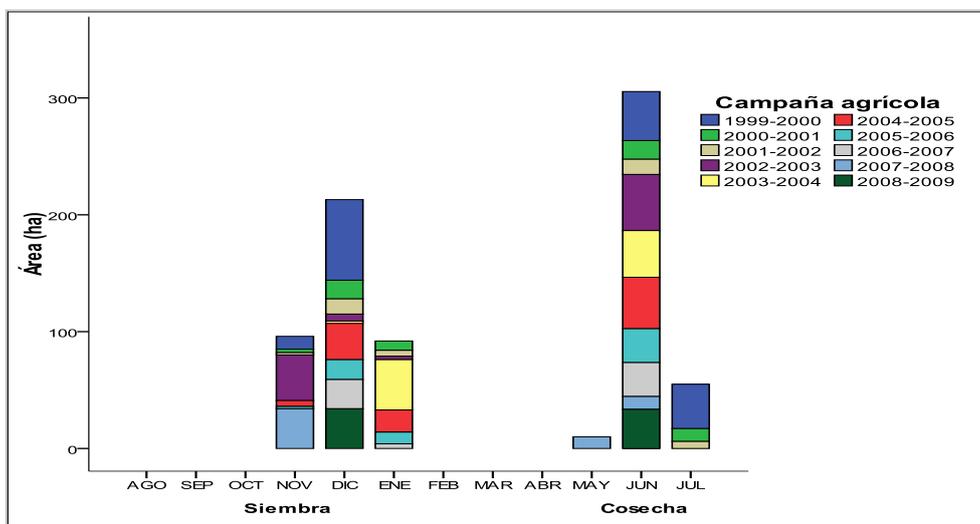


Figura 11. Microcuenca de Mollebamba. Calendario agrícola del cultivo de cebada

Según la encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales, las siembras del cultivo de cebada se realizan entre los meses de noviembre y diciembre.

Cultivo de Trigo

Las actividades para la siembra de este cultivo se realizan durante los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero (**tabla 50** y **figura 12**). La mayor área sembrada corresponde al mes de diciembre.

Por otro lado las labores de cosecha se inician en el mes de mayo y abarca hasta el mes de julio, siendo julio el mes de mayor área cosechada.

Tabla 50. Distrito de Juan Espinoza Medrano: Calendario agrícola del cultivo de trigo

Campaña	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1999/2000				Siembra	Siembra	Siembra					Cosecha	Cosecha
2000/2001				Siembra	Siembra	Siembra				Cosecha	Cosecha	Cosecha
2001/2002				Siembra	Siembra	Siembra				Cosecha	Cosecha	Cosecha
2002/2003				Siembra	Siembra	Siembra				Cosecha	Cosecha	Cosecha
2003/2004				Siembra	Siembra	Siembra				Cosecha	Cosecha	Cosecha
2004/2005			Siembra	Siembra	Siembra	Siembra				Cosecha	Cosecha	Cosecha
2005/2006				Siembra	Siembra	Siembra				Cosecha	Cosecha	Cosecha
2006/2007				Siembra	Siembra	Siembra				Cosecha	Cosecha	Cosecha
2007/2008				Siembra	Siembra	Siembra				Cosecha	Cosecha	Cosecha
2008/2009				Siembra	Siembra	Siembra				Cosecha	Cosecha	Cosecha
2009/2010												
2010/2011												

Fuente: DRA – Apurímac

Según Romero *et al.* (2010), la siembra del cultivo de trigo se realiza en el mes de noviembre y la cosecha en el mes de mayo.

Según la encuesta de *percepciones de la población, variabilidad climática y las medidas de adaptación actuales*, las siembras del cultivo de cebada se realizan entre los meses de noviembre y diciembre.

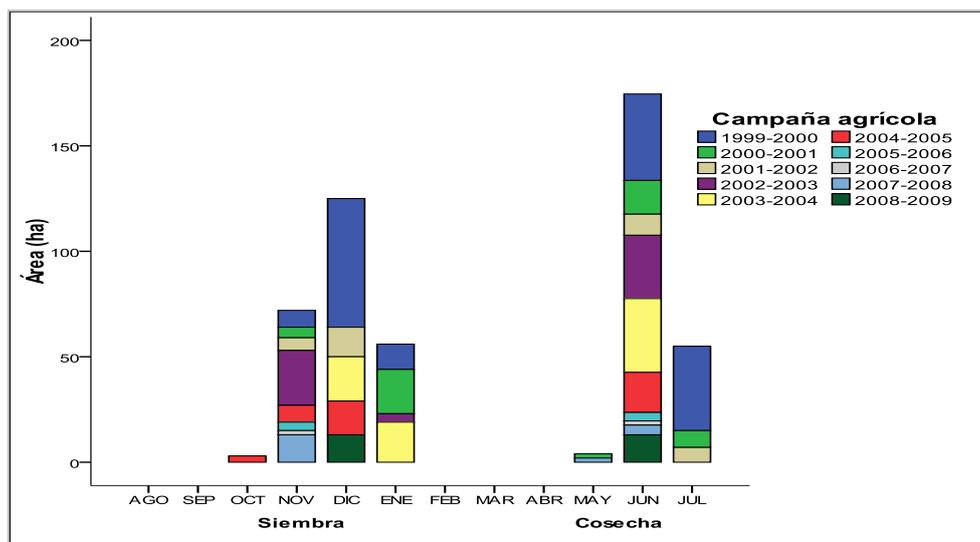


Figura 12. Microcuenca de Mollebamba. Calendario agrícola del cultivo de trigo

VI. EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA REGIÓN APURÍMAC Y ZONAS PRIORIZADAS

6.1 Región Apurímac

6.1.1 Régimen de la temperatura del aire

6.1.1.1 Distribución temporal

La figura 13 muestra la variación anual de las temperaturas máxima, mínima y media de las estaciones representativas de la región Apurímac, desde el punto de vista agrícola y pecuario. La evaluación se hace decadalmente (10 días) y para el período agrícola (agosto a julio).

La topografía, la ubicación geográfica y los patrones de circulación regional y local de la atmósfera determinan el comportamiento anual de la temperatura en la región Apurímac.

En general, las temperaturas máximas y las temperaturas medias tienen un comportamiento similar, altas temperaturas entre los meses de primavera (octubre y noviembre), anticipo a la siembra de los cultivos y al inicio de la temporada lluviosa, y temperaturas más bajas en los meses del verano (diciembre a marzo), a consecuencia de una alta cobertura nubosa y presencia de lluvias, temporada donde los cultivos se encuentran en sus fases fenológicas de mayor importancia económica. Las temperaturas mínimas presentan un comportamiento diferente, mayores valores durante la estación de verano coincidiendo con la época de mayor humedad atmosférica y ocurrencia de lluvias y temperaturas más bajas en los meses de invierno, con ocurrencia de heladas meteorológicas y agronómicas

Decadalmente, en promedio, las mayores temperaturas medias se dan entre la tercera década de octubre y segunda década de diciembre, con valores que fluctúan entre 12,7 °C (Pampachiri) y 23,3 °C (Pampas). Las temperaturas medias más bajas se registran entre la tercera década de junio y la primera década de agosto, con valores entre 9,1 °C (Antabamba) a 20,0 °C (Pampas). La amplitud termica anual varía entre 2,5 °C (Uripa) y 4,2 °C (Chincheros).

La temperatura media anual en la region Apurímac, varía entre 11,0 °C (Antabamba) y 22,1 °C (Pampas).

La temperatura máxima registra valores más altos entre la segunda década de octubre y primera década de diciembre, fluctuando entre 19,6 °C (Uripa) y 33,0 °C (Pampas), mientras que las temperaturas máximas más bajas se registran entre 17,6 °C (Uripa) y 29,2 °C (Pampas), siendo muy variado entre la segunda década de enero y la segunda década de julio. La amplitud termica anual, varía entre 1,9 °C (Uripa) y 4,3 °C (Antabamba)

La temperatura máxima anual en la region Apurímac, varía entre 18,4 °C (Antabamba) y 31,2 °C (Pampas).

Las temperaturas mínimas más elevadas se registran entre la segunda década de noviembre y segunda década de marzo, con valores entre 5,2 °C (Antabamba) y 14,3 °C (Pampas). Las temperaturas mínimas más bajas fluctúan entre 0,4 °C (Pampachiri) a 9,0 °C (Abancay) y se presentan entre la segunda década de junio y la segunda década de Julio. La amplitud termica anual varía entre 3,2 °C (Abancay) y 8,1 °C (Talavera). La temperatura mínima anual de la region Apurímac, varía entre 3,5 °C (Abancay) y 13,0 °C (Talavera).

6.1.1.2 Distribución espacial

La distrución espacial de las temperaturas promedios anuales se muestra en los **mapas 06 y 07** (SENAMHI-DGM, 2010).

Distribución espacial de la temperatura máxima

Las temperaturas máximas en la región fluctúan entre 8 y 32 °C, los valores más altos se presentan principalmente en las quebradas de los ríos Vilcabamba, Pachachaca, Apurímac y Pampas (**mapa 06**). Al oeste de la región, en el límite con Ayacucho, las temperaturas son más altas, con valores que fluctúan entre 16 y 28 °C. En la mayor parte de la zona central y este de la región, las temperaturas máximas varían entre 12 y 20 °C. Hacia el sur, las temperaturas máximas decrecen hacia las zonas más altas, con valores que fluctúan entre 8 y 12 °C.

Distribución espacial de la temperatura mínima

Las mayores temperaturas mínimas se dan en las quebradas de los ríos, con valores que fluctúan entre 4 y 20 °C (**mapa 07**). En la región central de oeste a este las temperaturas mínimas fluctúan entre -4 y 4 °C, con excepción de los valles interandinos, donde las mínimas varían entre 12 y 16 °C. Hacia el norte de la región, en el límite con la región Arequipa, las temperaturas disminuyen, alcanzando valores entre -8 y 4 °C.

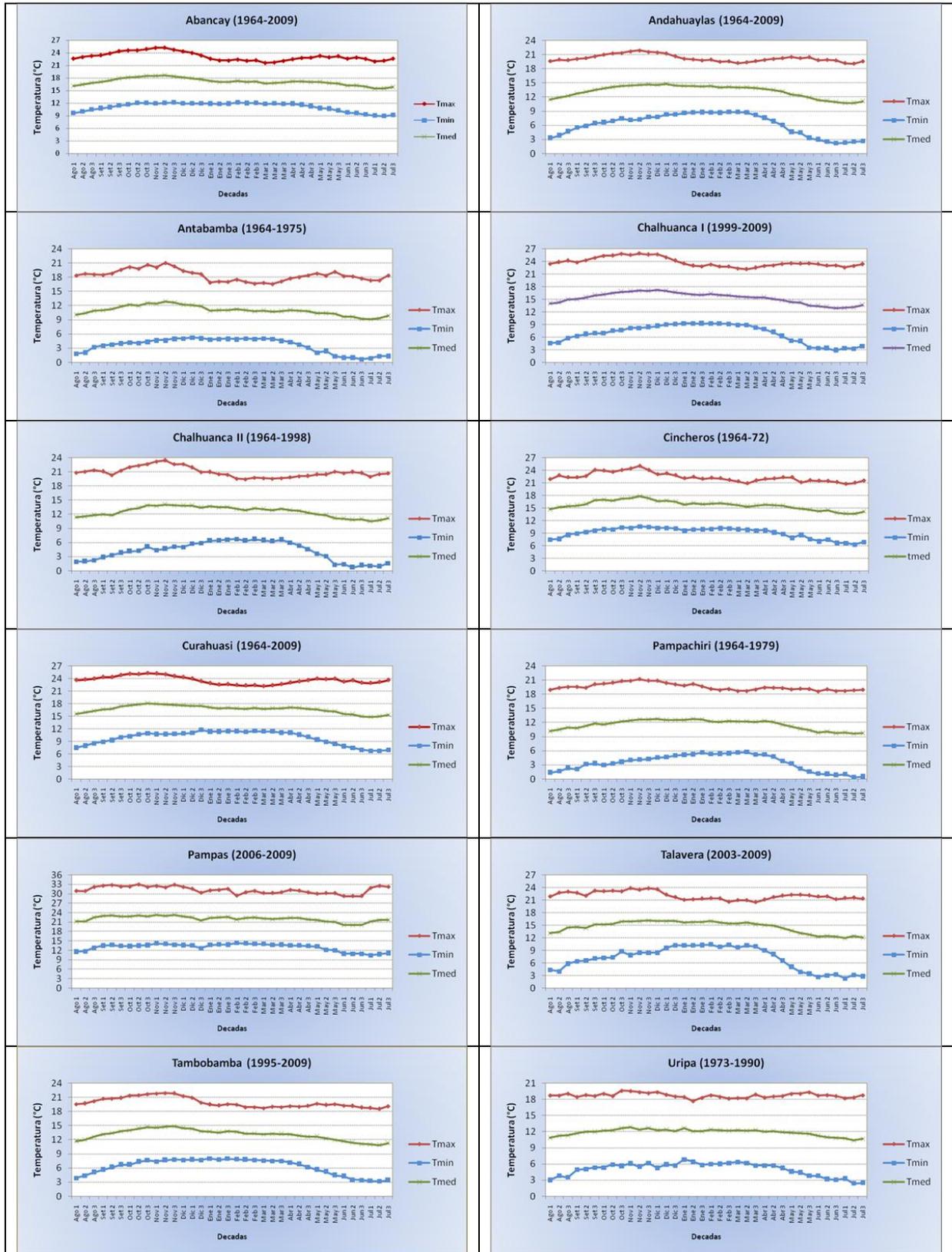
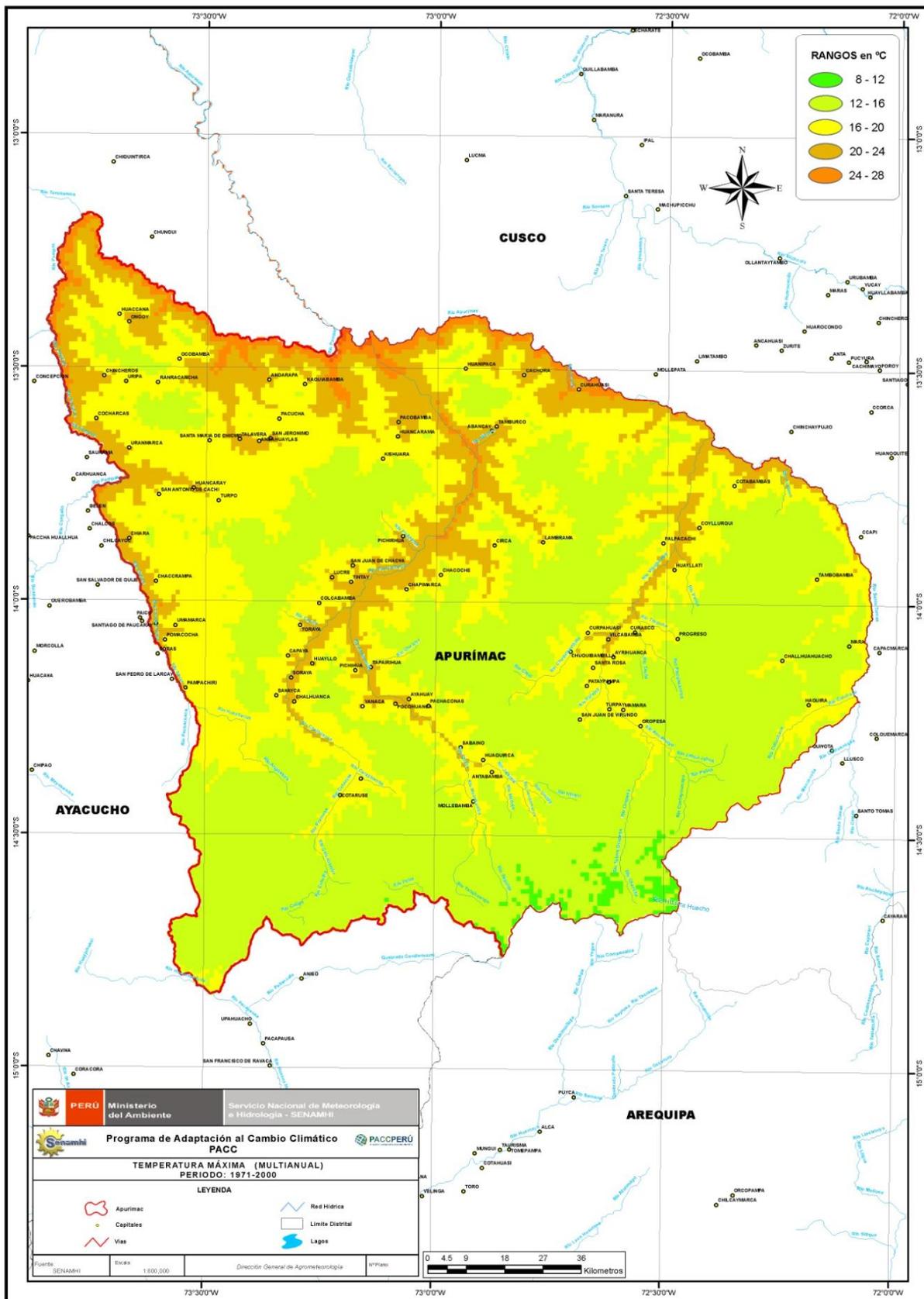
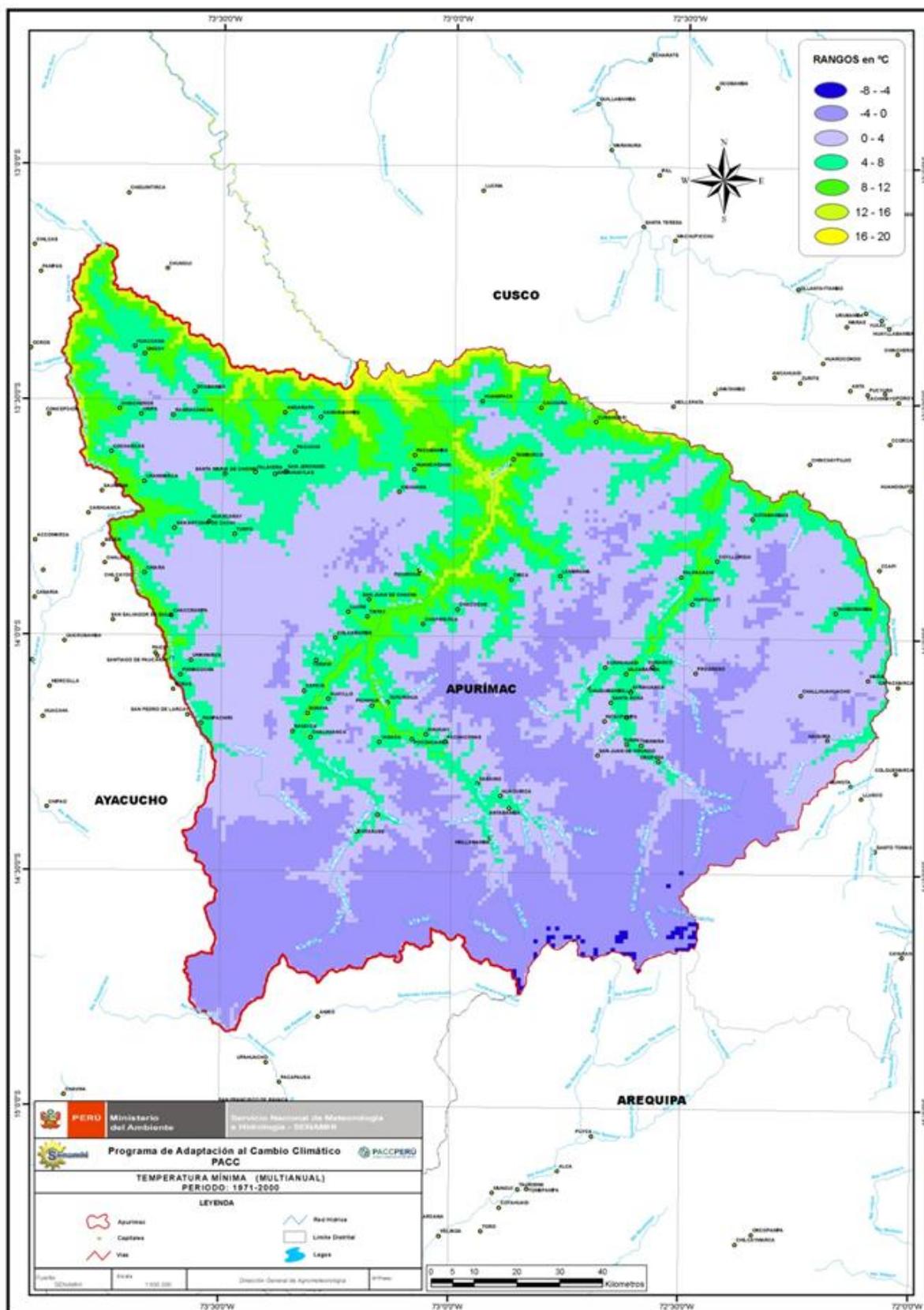


Figura 13. Distribución temporal de la temperatura del aire en estaciones de la región Apurímac

Mapa 06. Distribución espacial temperatura máxima



Mapa 07. Distribución espacial temperatura mínima



6.1.1.3 Temperaturas mínimas absolutas

Por lo general las temperaturas mínimas absolutas más bajas se presentan a mayores altitudes. En la región Apurímac, las temperaturas mínimas absolutas más bajas se registraron en la estaciones de Pampachiri con $-9,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, el día 19 de julio de 1978 y Andahuaylas con $-8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, el día 24 de junio de 1994. En la **figura 14** se presentan los valores más bajos registrados, para estaciones de la región, a lo largo del período analizado.

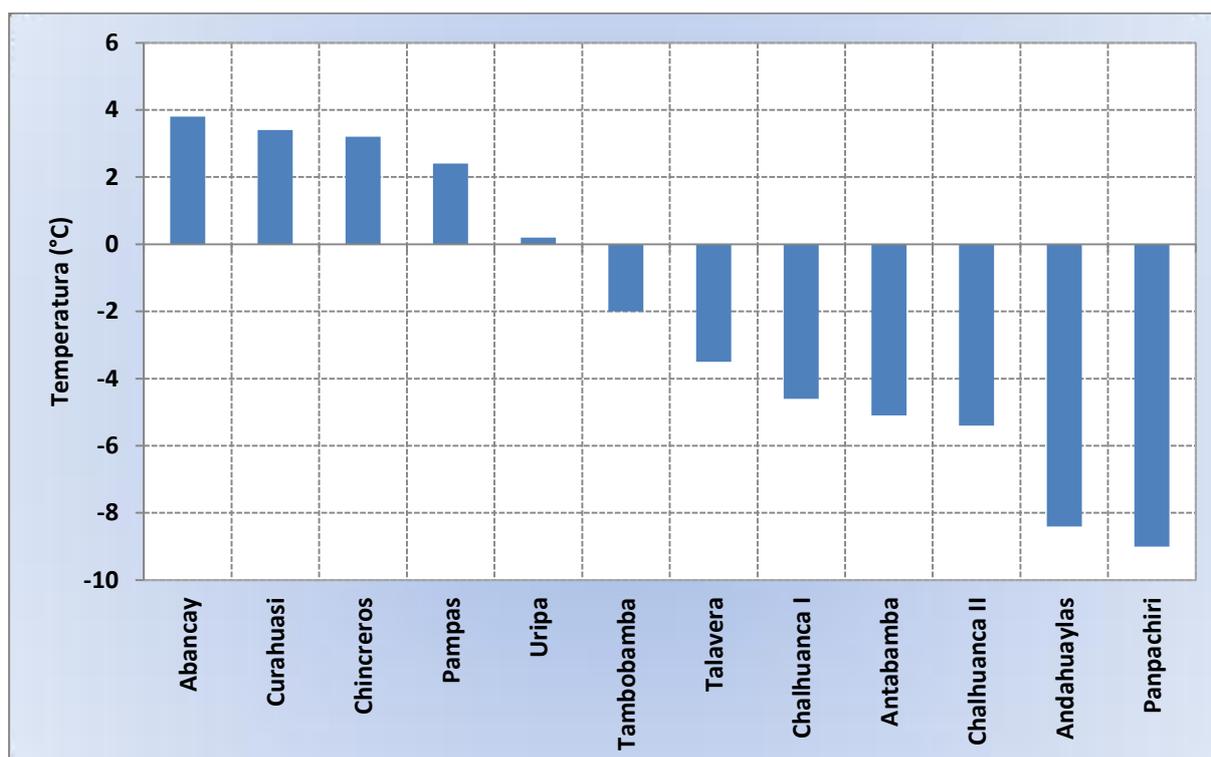


Figura 14. Temperatura mínima absoluta registrada en cada estación meteorológica

En la **figura 15** se muestra la variación interanual de la temperatura mínima absoluta para estaciones de la región Apurímac.

Se deduce de la figura que la intensidad de la temperatura mínima absoluta varía de año a año. Para el periodo 1999-2009 las temperaturas más bajas se dieron en Tambobamba $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ el año 2000, en Talavera $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ el año 2006 y en Chalhuanca I $-4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ el año 1999.

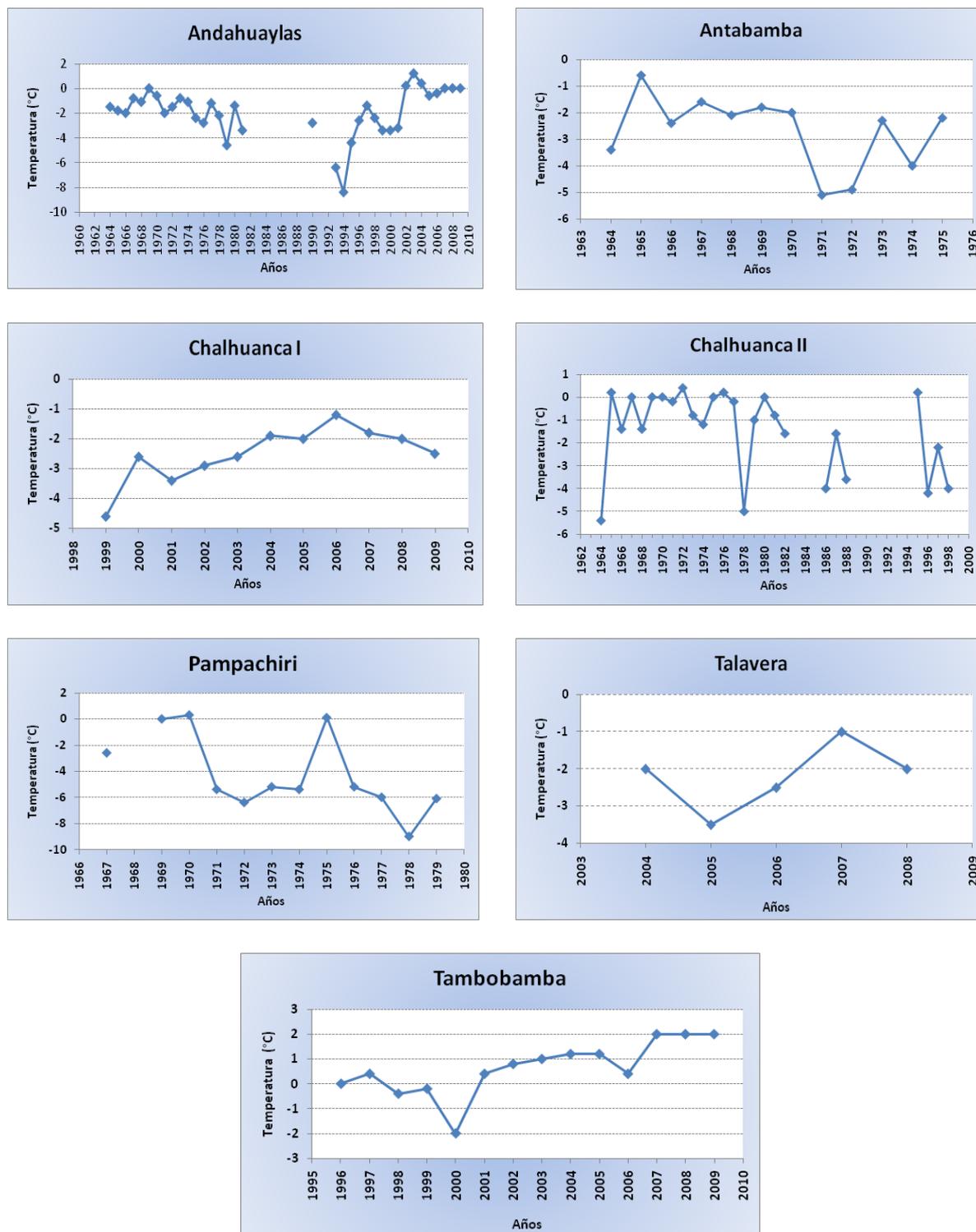
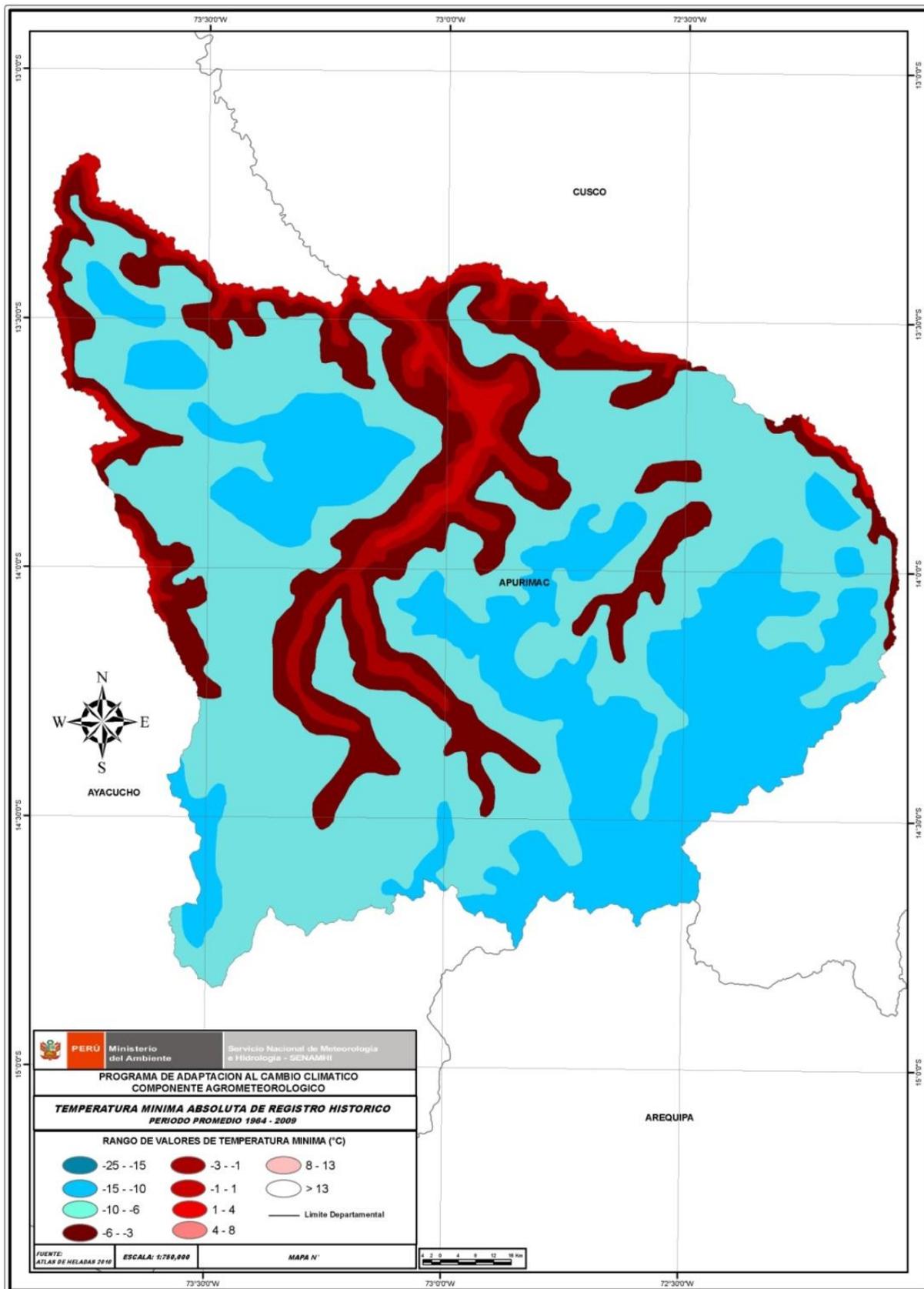


Figura 15. Variación interanual de la temperatura mínima absoluta para estaciones de la región Apurímac.

En el **mapa 08** presenta la distribución espacial de las temperaturas mínimas absolutas en la región Apurímac, donde se muestran que éstas son más intensas en las zonas más altas colindantes con la región Arequipa; mientras que en dirección a los valles agrícolas 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 plantación, 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 51** se observa que Abancay, Chincheros, Curahuasi, Pampas y Uripa no registran heladas meteorológicas en toda su serie histórica.

A medida que se incrementa la altitud el periodo libre de heladas va disminuyendo, variando entre 348 días (Tambobamba) y 258 días (Chalhuanca I), 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 puede variar entre ± 29 días (Antabamba) y ± 155 días (Pampachiri).

En las estaciones que sí presentan heladas, la fecha media de la primera helada varía entre el 19 de mayo (Chalhuanca I) y el 20 de junio (Tambobamba). La mayor variabilidad de estas fechas se da en la zona de Pampachiri con ± 58 días.

Un aspecto a resaltar desde el punto de vista agrícola es la peligrosidad de las heladas para el agricultor, cuanto se adelantan o retrasan la ocurrencia de heladas, por eso es importante determinar las fechas extremas de la primera y última helada. Es decir, la fecha más anticipada y la más tardía dentro de toda la serie estudiada.

La fecha extrema de la primera helada varía entre el 04 de abril (Pampachiri) hasta el 15 de junio (Chalhuanca I).

La fecha media de la última helada varía entre el 02 de julio (Tambobamba) hasta el 01 de octubre (Antabamba).

La mayor variabilidad de ocurrencia de fechas se encuentra en (Pampachiri) con ± 67 días. La intensidad promedio varía entre $-2,2$ °C (Pampachiri) y $-0,1$ °C (Tambobamba).

La fecha extrema de la última helada varía entre el 28 de mayo (Chalhuanca I) y el 11 de diciembre (Pampachiri).

Tabla 51. 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)	
Abancay													365		1964-2009
Chincheros													365		1964-1992
Curahuasi													365		1984-2009
Granja Modelo													365		1953-1961
Pampas													365		2006-2009
Uripa													365		1973-1990
Tambobamba	20 jun.	13	30 jun.	3 jun.	-0,2	0,2	2 jul.	13	18 jul.	18 jun.	-0,1	0,1	348	93	1996-2009
Chalhuanca II	19 jun.	33	27 abr.	14 ago.	-0,5	0,7	20 Jul.	35	28 may.	1 nov.	-0,9	0,8	345	118	1964-1998
Chalhuanca I	19 may.	13	5 may.	15 jun.	-1,2	0,8	4 set.	38	11 jul.	20 nov.	-0,5	0,5	258	37	1999-2009
Andahuaylas	2 jun.	26	22 ago.	14 abr.	-0,7	0,7	2 ago.	32	13 nov.	7 jun.	-0,4	0,6	313	81	1964-2009
Talavera	24 may.	14	7 jun.	6 may.	-0,4	0,4	3 ago.	43	15 oct.	20 jun.	-0,6	0,7	305	124	2003-2009
Pampachiri	3 jun.	58	22 oct.	4 abr.	-1,0	1,5	14 set.	67	11 dic.	30 may.	-2,2	2,6	274	155	1964-1979
Antabamba	12 may.	21	11 jun.	14 abr.	-0,6	0,7	1 oct.	22	4 oct.	20 jul.	-0,4	0,4	267	29	1964-1975

En la **figura 16** se muestra para cada una de las estaciones que presentan heladas en la región Apurímac, detalle de la caracterización de las heladas meteorológicas: variación interanual de las fechas de la primera y última helada en función al año juliano¹⁰, frecuencia anual de heladas y la variación decadal de su frecuencia relativa. Así se observa que la mayor frecuencia de heladas se registra entre la tercera década de mayo hasta julio, y en los casos de Chalhuanca y Pampachiri éstas se prolongan con moderada frecuencia hasta agosto y setiembre respectivamente.

En Andahuaylas en la última década el período libre de heladas se ha registrado muy variable, la frecuencia ha sido mayor en la década del 90. En Tambobamba las heladas se han reducido en frecuencia en la última década. En Talavera, han disminuido en los últimos años. En Chalhuanca la frecuencia de heladas se ha incrementado en el año 2 009.

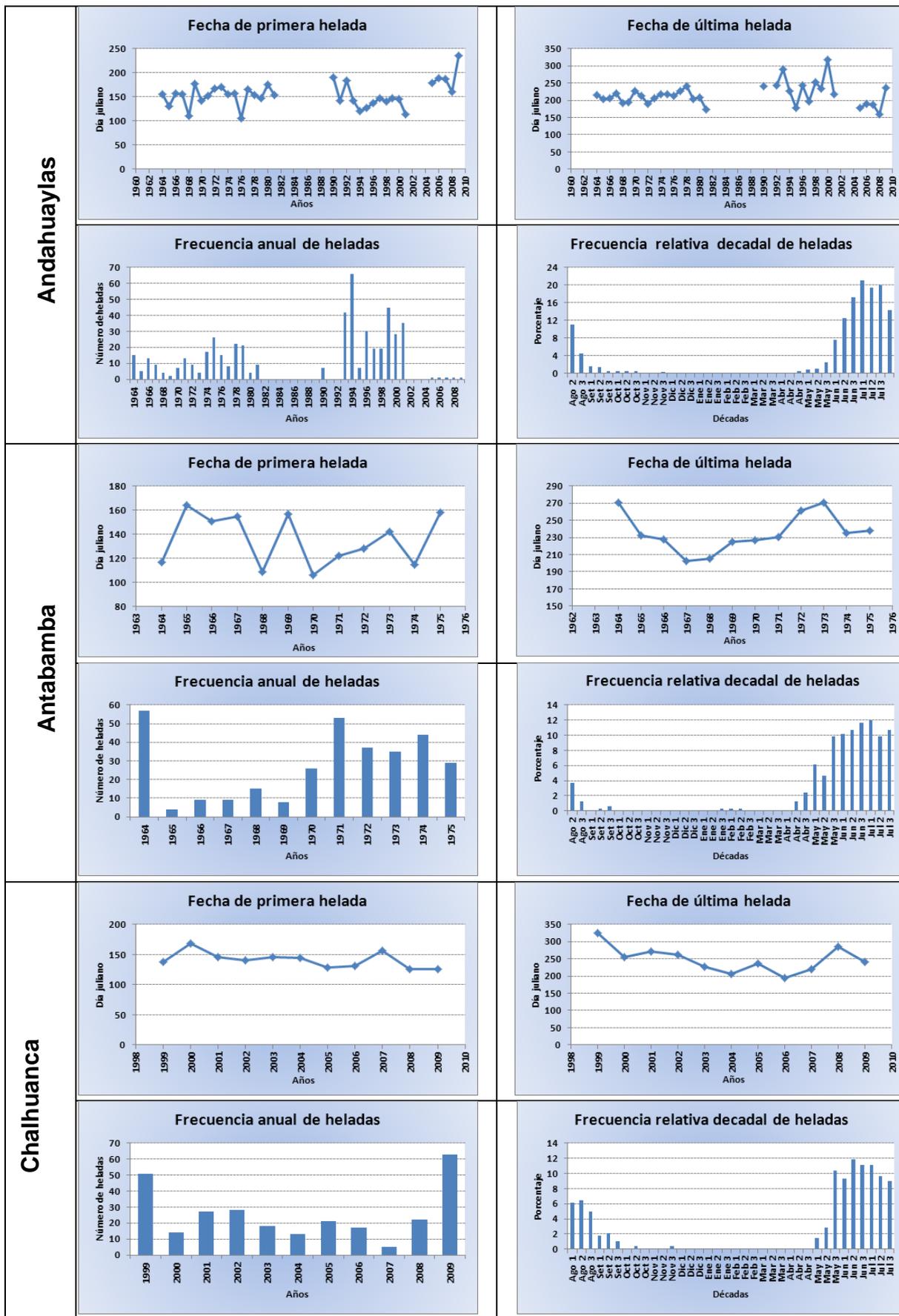
Las primeras heladas generalmente se presentan en otoño y las últimas en primavera; sin embargo hacia mayores altitudes y latitudes las primeras heladas se pueden presentar entre enero y julio (SENAMHI, 2010); en este caso, en las partes bajas las primeras heladas se presentan en promedio entre marzo y mayo (71 a 150 días) y más hacia el sur a mayores altitudes pueden presentarse desde enero a mayo, siendo de mayor riesgo para los cultivos andinos (**mapa 09**).

En el **mapa 10** se muestra la fecha promedio de la última helada en la región Apurímac, donde se observa que en las partes bajas, las heladas se presentan entre junio y setiembre (151 a 270 días) y hacia las partes altas, al sur, pueden registrarse entre setiembre y diciembre.

En el **mapa 11** se muestra la distribución del período libre de heladas donde se observa ausencia de heladas en las partes bajas de la región, hacia los valles; conforme se avanza en altitud la presencia de heladas es más frecuente y el periodo libre de heladas se acorta, en los valles interandinos éste fluctúa entre 240 y 260 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 el 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).

¹⁰ 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.



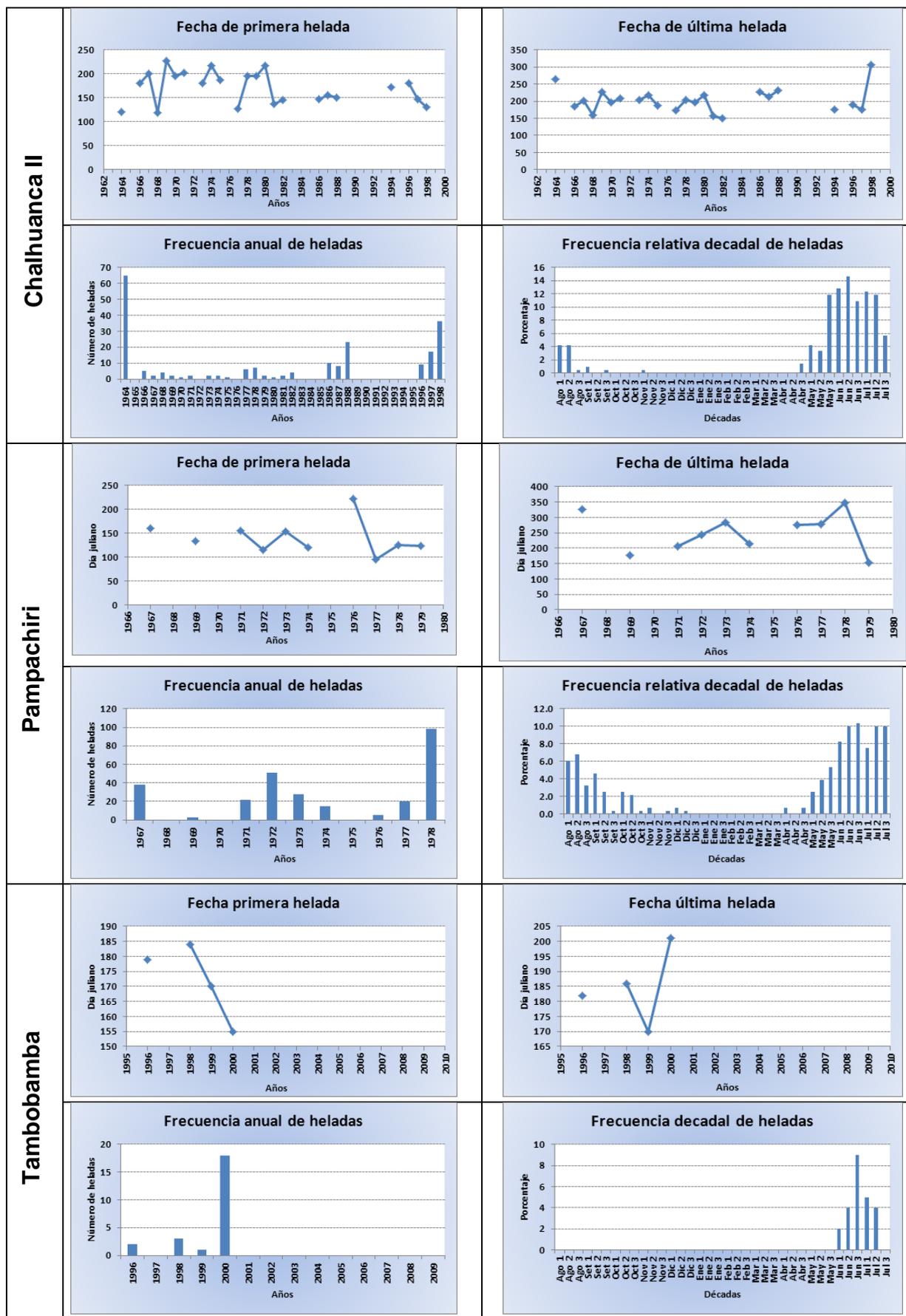
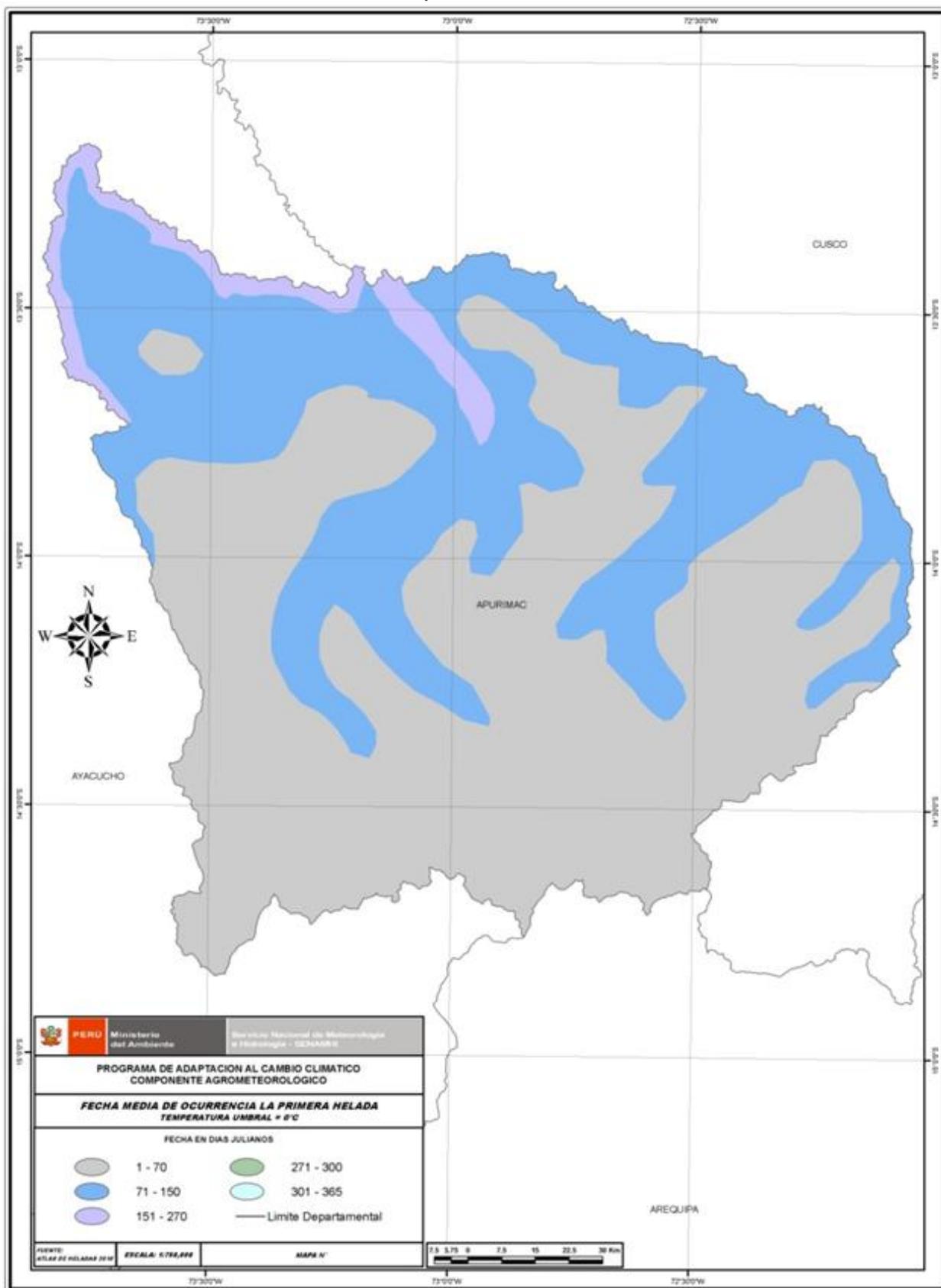
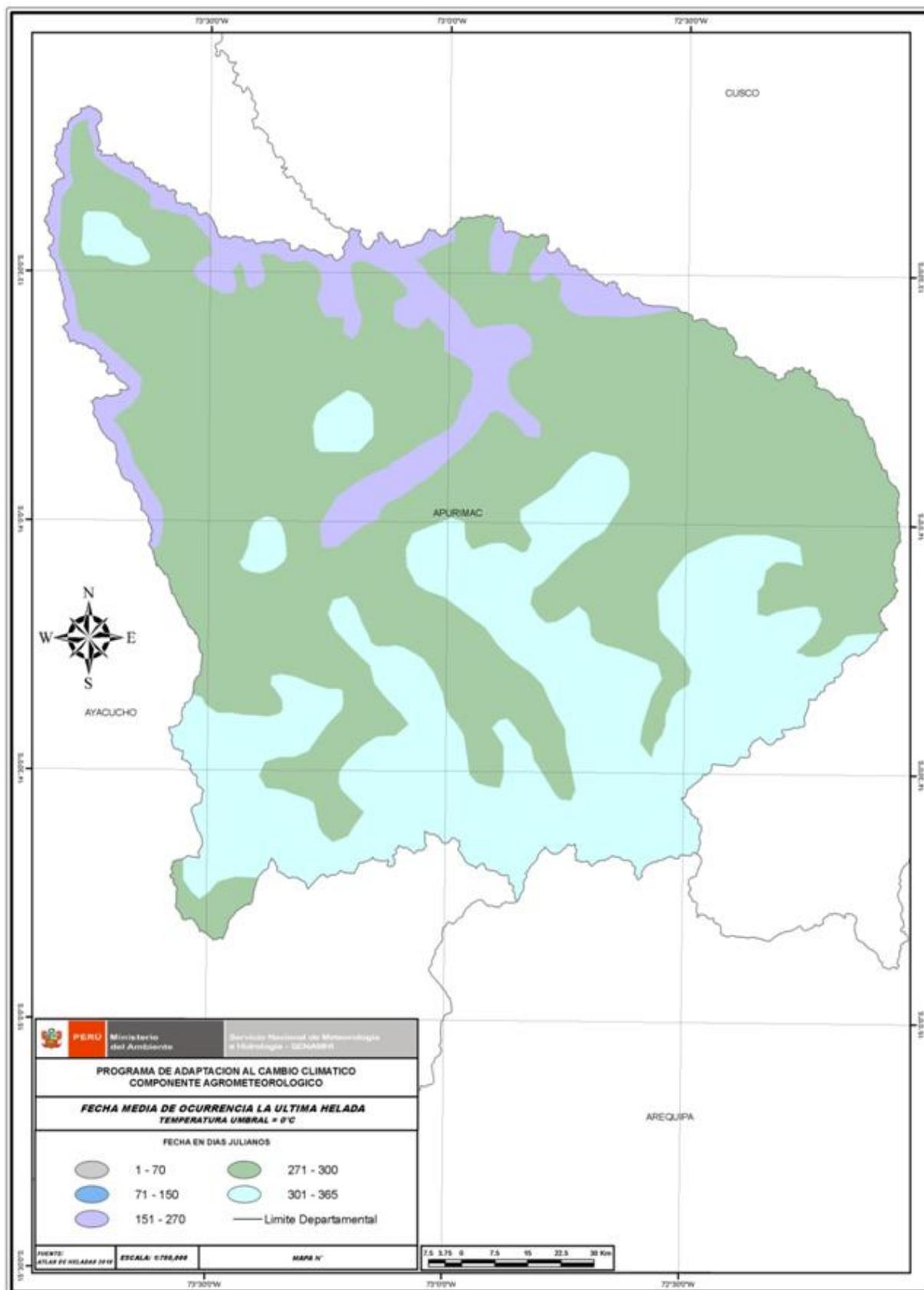


Figura 16. Caracterización de las heladas por estación meteorológica de la región Apurímac

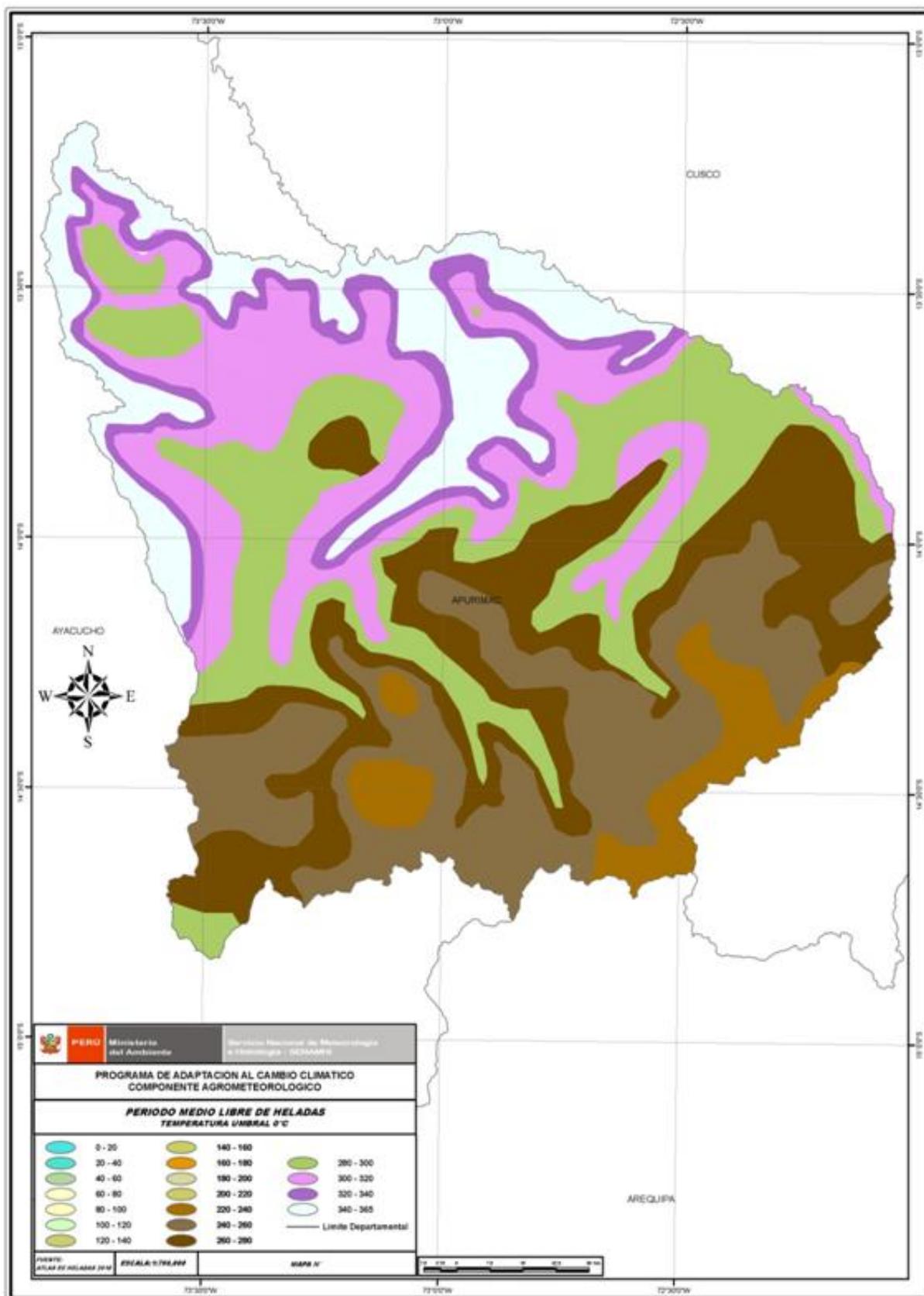
Mapa 09. Distribución de la fecha promedio de la primera helada en la región Apurímac



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



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

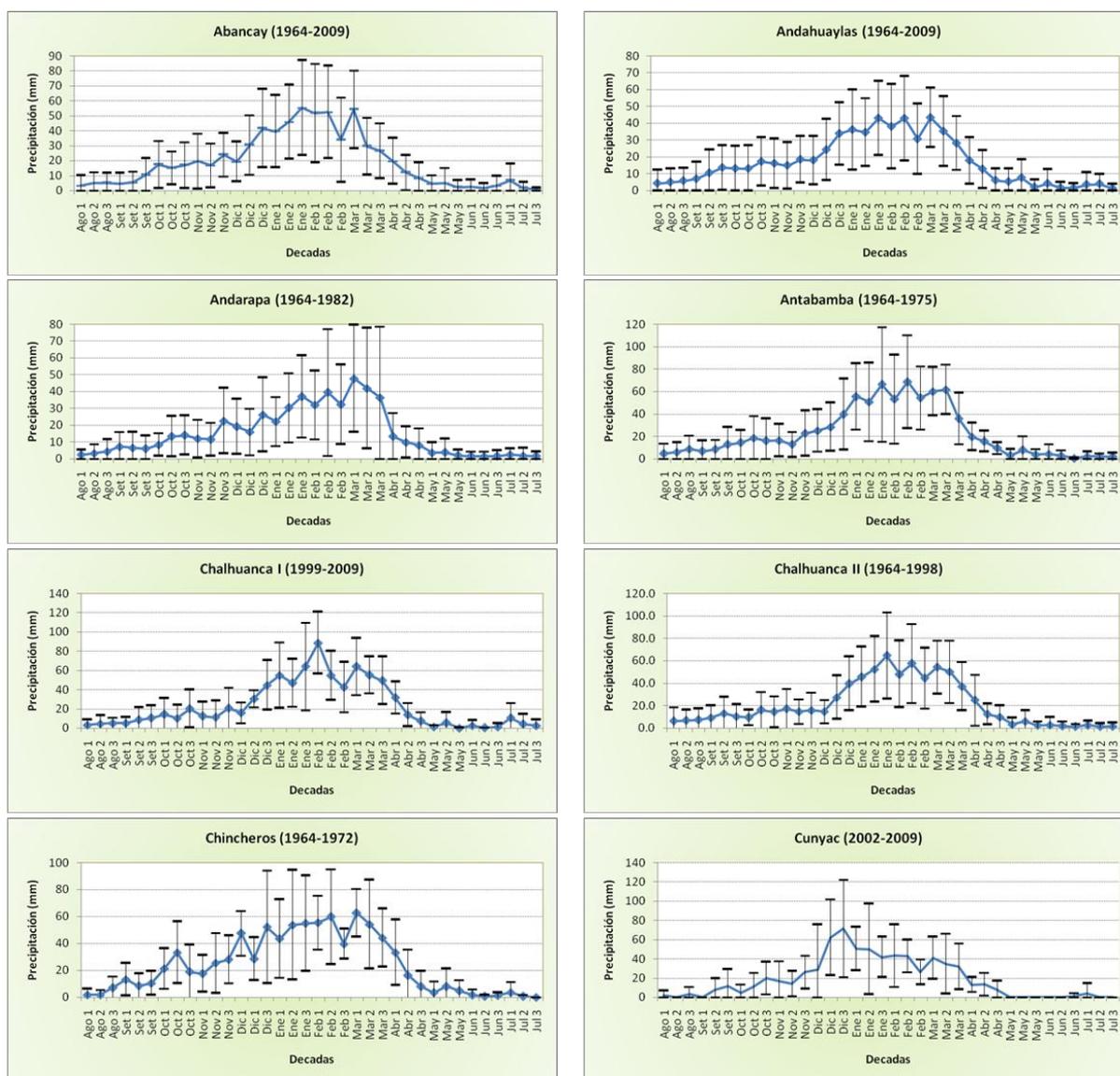


6.1.3 Régimen de la precipitación

6.1.3.1 Distribución temporal

La distribución temporal de la precipitación en la región de Apurímac es típica de las regiones subtropicales, es decir con precipitaciones máximas en los meses de verano y precipitaciones escasas en los meses invernales. Los meses de enero, febrero y marzo, son los que registran mayores valores. La lluvia anual de la región varía entre 470,8 mm en Pampas hasta 967,7 mm en Tambobamba.

En la **figura 17** 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. El coeficiente de variabilidad en toda la región es irregular con valores que varían entre 19,1 (Chalhuanca I) y 57,7 (Cunyac).



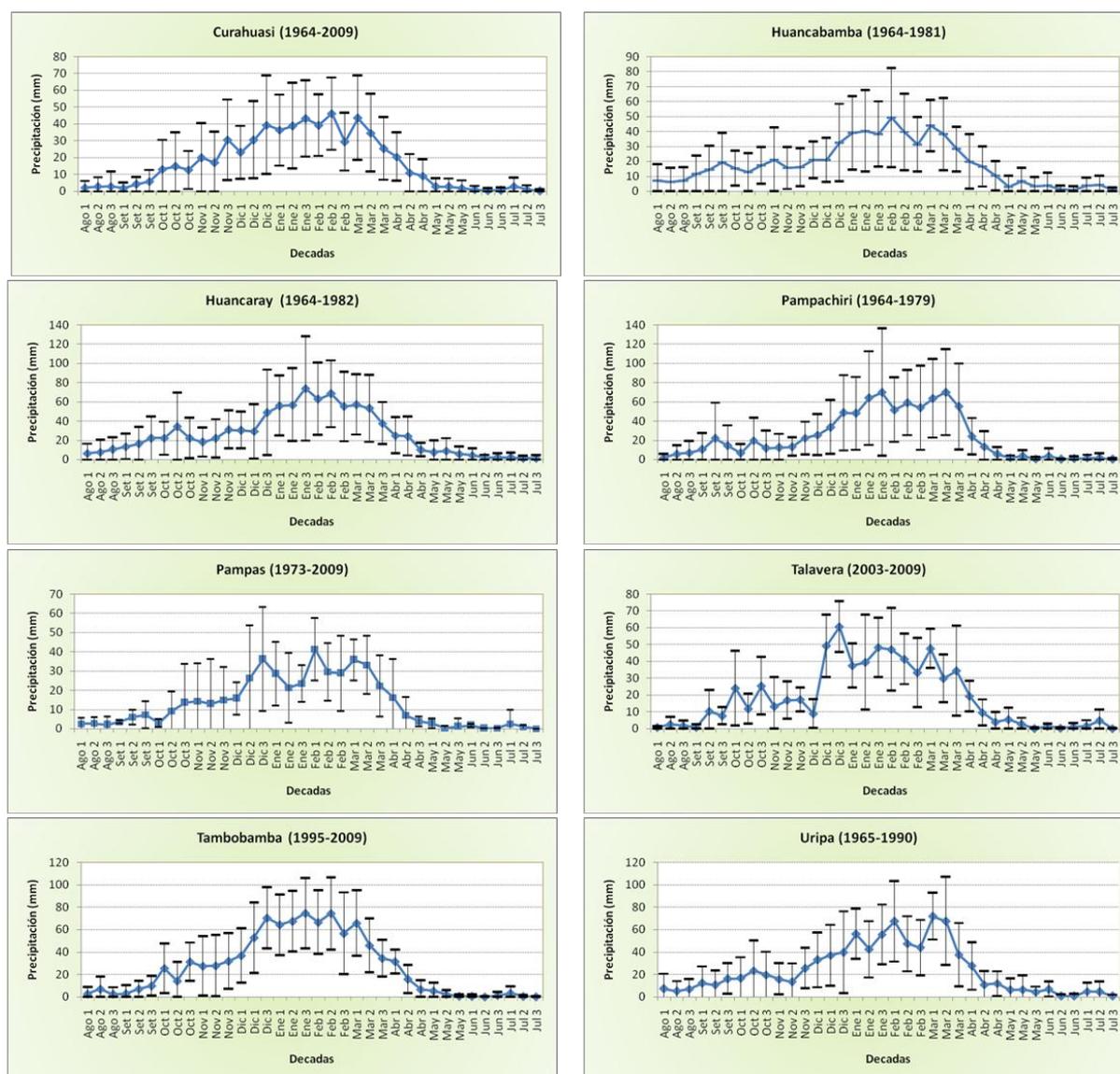


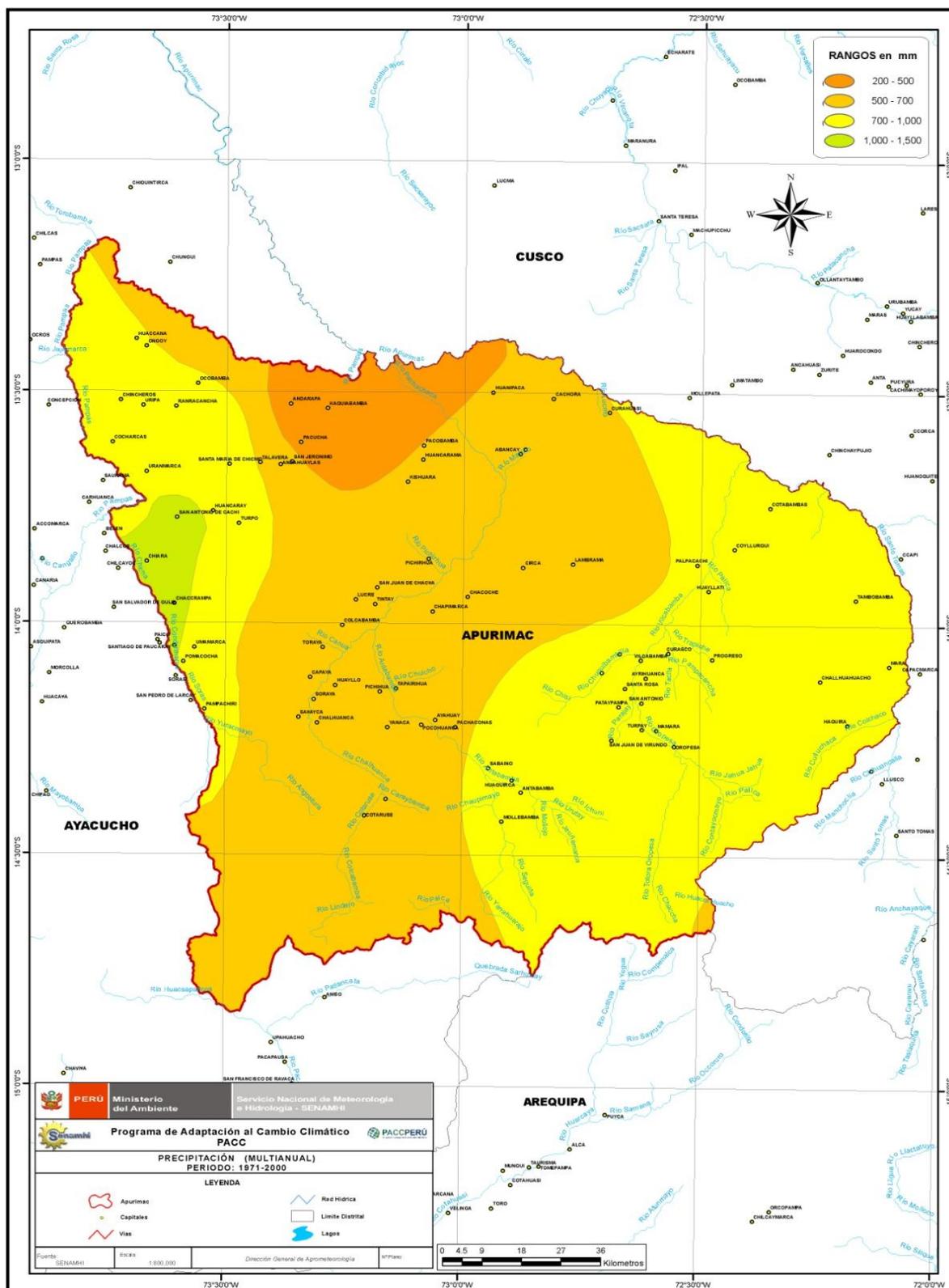
Figura 17. Distribución temporal de la precipitación en estaciones de la Región Apurímac

6.1.3.2 Distribución espacial

Debido a la topografía abrupta de la región Apurímac, el comportamiento espacial de la precipitación es muy variado (**mapa 12**).

Analizando el comportamiento espacial de la precipitación total anual, se puede distinguir una región central con precipitaciones entre 500 a 700 mm (Abancay, Andahuaylas, Curahuasi, Aymaraes), disminuyendo hacia el norte (Andarapa) donde totaliza cantidades inferiores a 500 mm. Hacia el oeste (Uripa, Pampachiri), noreste y este las precipitaciones son superiores, totalizando de 700 a 1 000 mm/año (Antabamba, Tambobamba)

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



6.1.3.3 Distribución porcentual y estación lluviosa

Por lo general, la estación lluviosa en Apurímac varía entre 4 y 5 meses, el inicio de ésta fluctúa entre los meses de noviembre y diciembre y finaliza en marzo. Entre estos meses se registra la precipitación más significativa (75% del total) y siendo los meses de enero y febrero los de mayor magnitud (**tabla 52**).

Tabla 52. Precipitación porcentual y duración de la estación lluviosa

ESTACIÓN	MESES												ESTACIÓN LLUVIOSA		
	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	INICIO	FIN	PERIODO
Abancay	1,9	2,9	7,2	8,7	13,3	20,4	20,0	16,0	5,8	1,7	1,1	1,1	Nov	Mar	5
Andahuaylas	2,5	5,1	7,1	8,1	12,4	18,5	18,2	17,4	6,0	2,5	1,2	1,2	Dic	Mar	4
Andarapa	1,8	3,6	6,6	8,5	11,3	16,5	19,1	23,3	5,7	1,7	0,8	0,8	Nov	Mar	5
Antabamba	2,3	3,4	6,0	6,3	11,3	21,0	21,4	19,2	5,4	1,8	0,9	0,9	Dic	Mar	4
Chalhuanca I	1,6	3,0	5,5	5,5	11,3	20,6	23,1	21,0	6,6	0,8	0,5	0,5	Dic	Mar	4
Chalhuanca II	2,7	4,4	5,3	6,4	10,9	21,8	20,1	19,0	6,3	1,6	0,8	0,8	Dic	Mar	4
Chincheros	1,2	3,7	8,5	8,2	14,8	17,6	17,9	18,6	6,7	1,9	0,4	0,4	Dic	Mar	4
Cunyac	0,8	2,8	5,2	8,4	24,0	20,9	16,5	15,9	5,1	0,0	0,2	0,2	Nov	Mar	5
Curahuasi	1,3	1,9	6,7	11,1	15,2	19,4	18,9	17,0	6,6	1,2	0,3	0,3	Nov	Mar	5
Huancabamba	3,1	6,9	6,9	8,0	11,3	17,9	18,3	16,8	7,1	2,0	0,9	0,9	Dic	Mar	4
Huancaray	2,6	5,4	8,2	7,4	11,4	19,5	19,5	15,5	6,2	2,3	0,9	0,9	Dic	Mar	4
Pampachiri	2,1	5,3	4,3	5,3	12,2	21,2	19,7	22,3	5,6	0,8	0,6	0,6	Dic	Mar	4
Pampas	1,6	3,6	5,5	9,0	16,7	15,6	21,2	19,4	5,7	0,9	0,5	0,5	Nov	Mar	5
Talavera	0,8	2,9	9,3	7,2	18,0	19,0	18,5	17,0	5,0	1,3	0,5	0,5	Dic	Mar	4
Tambobamba	1,3	2,1	7,3	9,0	16,6	21,4	20,4	15,1	5,6	0,8	0,2	0,2	Nov	Mar	5
Uripa	2,3	4,6	7,0	6,4	12,8	18,0	18,5	20,6	5,9	2,0	1,0	1,0	Dic	Mar	4

6.1.4 Evapotranspiración Referencial

En la **figura 18** se muestran los valores calculados de Evapotranspiración referencial (ET_o), donde se puede ver que los valores máximos de ET_o se dan en los meses de octubre a noviembre, coincidiendo con las épocas de mayor temperatura máxima en la región.

Específicamente, los valores más altos en la región se dan en la tercera década de octubre, excepto la zona de Pampachiri que se registra en la tercera década de enero. La ET_o mínima se registra entre la primera década de junio y primera década de julio.

La ET_o total anual varía entre 1650,8 mm (Chalhuanca I) y 1177,8 mm (Andahuaylas).

Los valores más altos de ET_o se registran durante la tercera década de octubre (60,5 mm) en la estación de Chalhuanca y el valor más bajo en la tercera década de febrero (25,6 mm) en las localidades de Abancay y Andahuaylas.

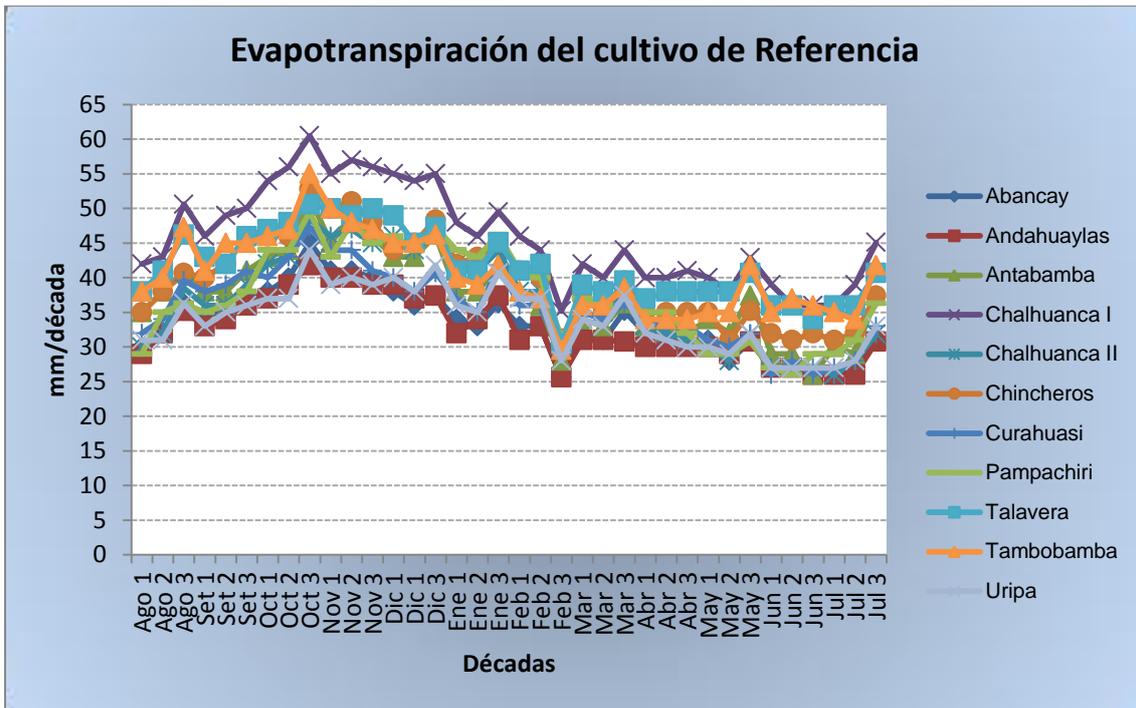


Figura 18. Distribución temporal de la Evapotranspiración de referencia en la región Apurímac

6.1.5 Balance Hídrico

Se analiza el Balance Hídrico Climático para estaciones seleccionadas a nivel de la región Apurímac; donde se observa que 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 en la época de desarrollo de los cultivos.

Los dos primeros meses de inicio de temporada lluviosa (noviembre a diciembre), las precipitaciones no cubren las necesidades hídricas de la fase de establecimiento de los cultivos. Asimismo, casi en todas las estaciones evaluadas, excepto en Pampas, que presenta déficit en todo el año, la recarga de agua en el suelo ocurre a partir de la tercera década de diciembre hasta la tercera década de febrero y el mayor consumo de agua en toda la zona se registra entre la primera década de marzo y tercera década de mayo que es donde la mayoría de los cultivos se encuentran en sus fases fenológicas productivas. Sin embargo, en gran parte de las estaciones, tampoco la precipitación en éste período cubre totalmente las necesidades, generando deficiencias más críticas entre febrero a marzo, las cuales deben superarse optando por el riego complementario a fin de no afectar la productividad de sus cultivos.

La mayor parte de las estaciones presentan déficit de humedad anual que varían entre 442,4 mm (Uripa) y 671,7 mm (Chalhuanca I).

Los resultados de los balances hídricos se presentan en la **figura 19**

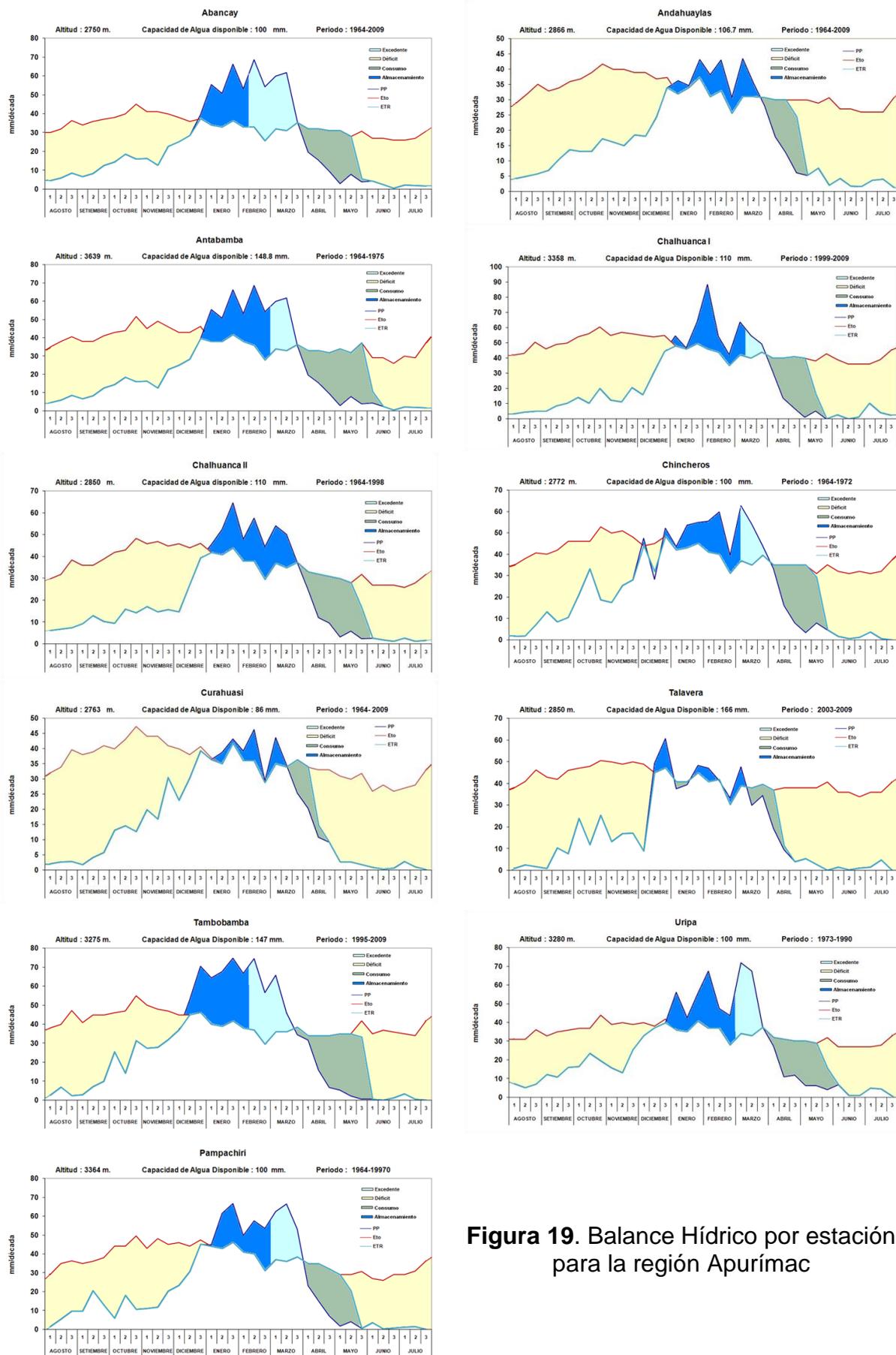


Figura 19. Balance Hídrico por estación para la región Apurímac

6.2 Zonas priorizadas

6.2.1 Distrito de Curahuasi

La evaluación de las condiciones agroclimáticas del distrito de Curahuasi se realizó a través del análisis de la información de la estación meteorológica ubicada en Curahuasi cuyo record de información corresponde de 1964 al 2009.

Estación	Provincia	Distrito	Longitud	Latitud	Altitud (m)	Parámetro	Período		Total
							Inicio	Fin	
Curahuasi	Abancay	Curahuasi	72° 44'6	13° 33'9	2763	Humedad relativa	1964	2009	46
						Horas de sol	2001	2009	9
						Precipitación	1964	2009	46
						Temperatura máxima	1964	2009	46
						Temperatura mínima	1964	2009	46
						Velocidad del viento	1964	2009	46

El análisis decadal (10 días) corresponde a la campaña agrícola octubre a julio y para los cultivos priorizados de papa, maíz y anís.

Clima

El clima del distrito 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 53** se muestra las condiciones promedio para la campaña agrícola, así como los valores extremos promedio a nivel decadal para temperatura y precipitación.

Tabla 53. Valores promedio de temperatura y precipitación para la campaña agrícola

Estación	Media	Máxima	Mínima	Década más cálida		Década más fría		Oscilación térmica
Curahuasi	17,2	23,6	8,4	25,3	3ra. octubre	8,4	3ra. mayo	16,9

Estación	Total	Década más lluviosa		Década más seca		% periodo	
		Precipitación	Década	Precipitación	Década	octubre-mayo	junio-setiembre
Curahuasi	584,9	46,3	2da. febrero	1,9	3ra. mayo	95,8	4,2

Con respecto a otros parámetros climáticos durante el período agrícola; la evapotranspiración potencial total es de 890,8 mm, con mayores valores en la tercera década de octubre (47,3 mm) y menores en la tercera década de febrero (28,8 mm).

La humedad relativa promedio es 76%, los valores más elevados se registran en la segunda década de febrero (80%) y las más bajas en la primera década de noviembre (71%).

Las horas de sol promedio es de 6,1 horas, con valores máximos en la primera década de noviembre y mínimos en la segunda década de febrero (**figura 20**).

La velocidad del viento promedio es de 2,0 m/s, los valores más altos se presentan en la tercera década de octubre (3,0 m/s) y los más bajos en la tercera década de febrero (1,4 m/s).

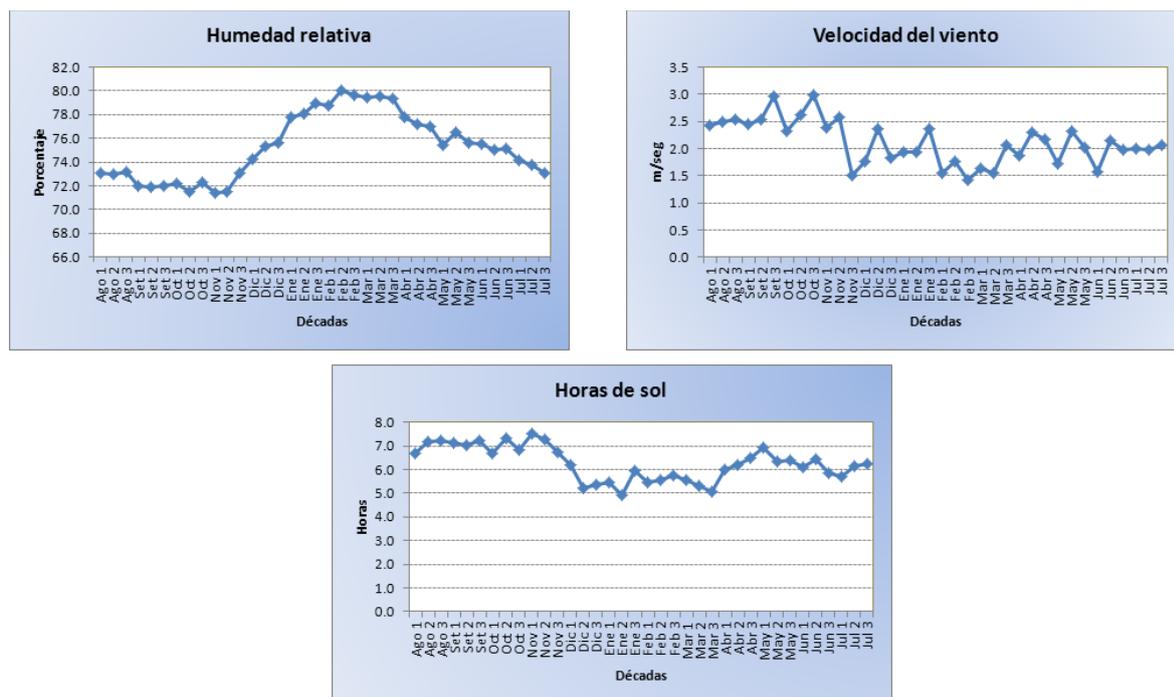


Figura 20. Comportamiento temporal de la humedad relativa, velocidad del viento y horas de sol para Curahuasi.

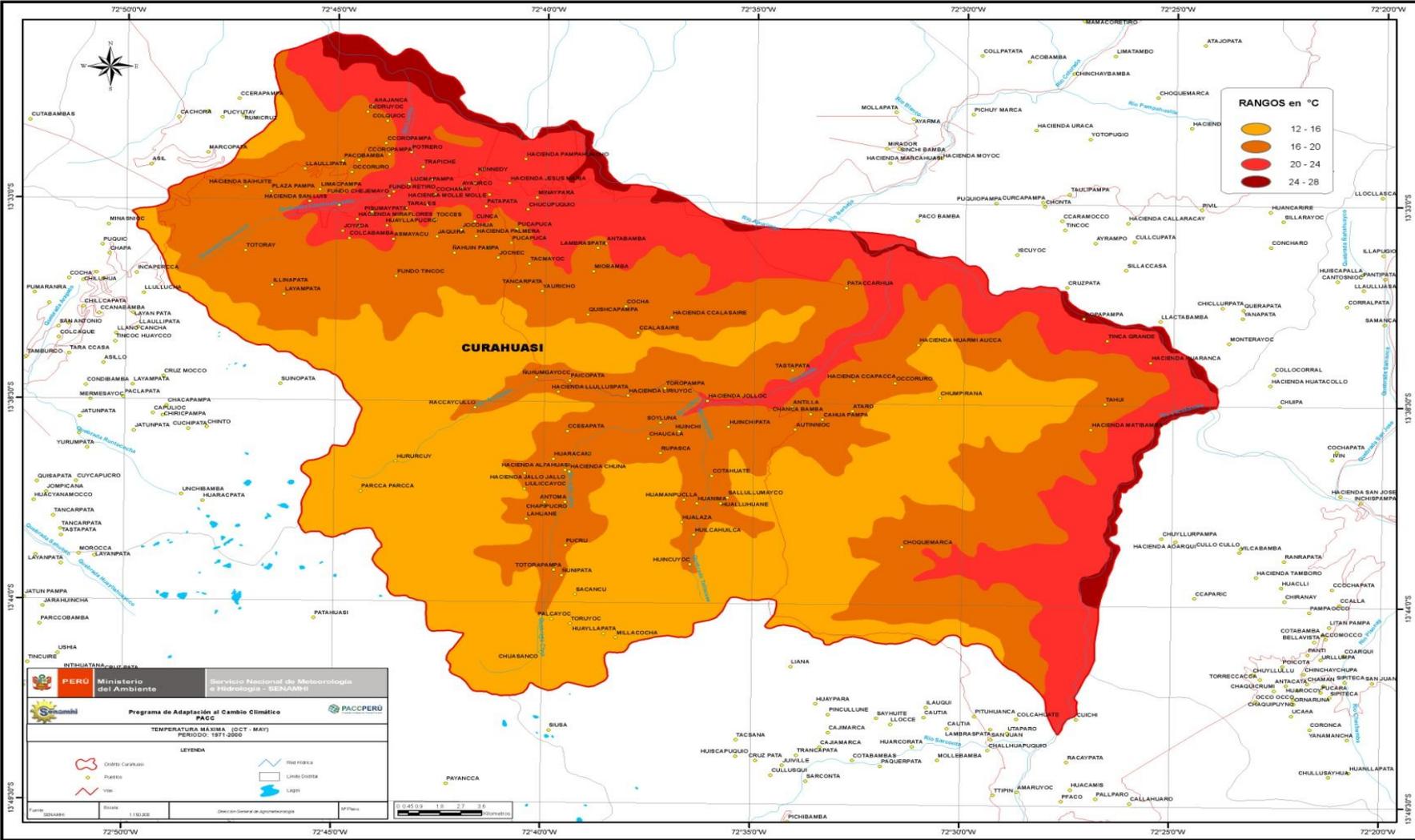
6.2.1.2 Distribución espacial de la temperatura y la precipitación

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

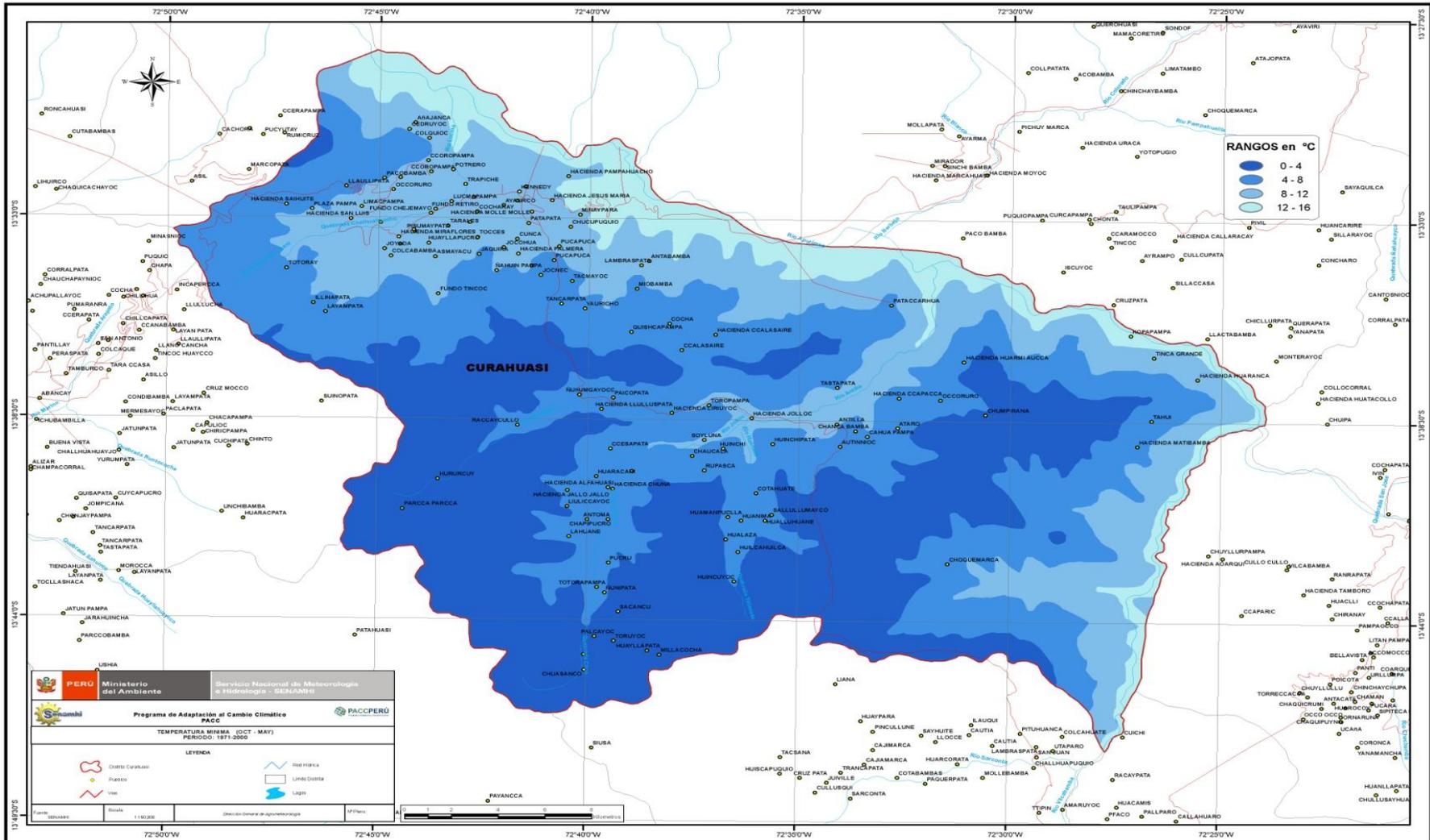
La temperatura máxima, fluctúa entre los 16 a 24 °C en los valles agrícolas y donde se asienta la mayor parte de la población, estas temperaturas se reducen a mayores altitudes (**mapa 13**), mientras que la distribución de la temperatura mínima es variable, predominando valores entre 8 a 12 °C alrededor de las zonas agrícolas y mayor densidad poblacional (**mapa 14**).

En relación al comportamiento espacial de la precipitación total de la campaña agrícola, se puede distinguir tres regiones, la primera hacia el oeste de la provincia con precipitaciones entre 400 a 700 mm, la segunda hacia la zona central y este con valores entre 700 y 1000 mm y la tercera zona hacia el norte con un núcleo que varía entre 1000 y 2000 mm (**mapa 15**).

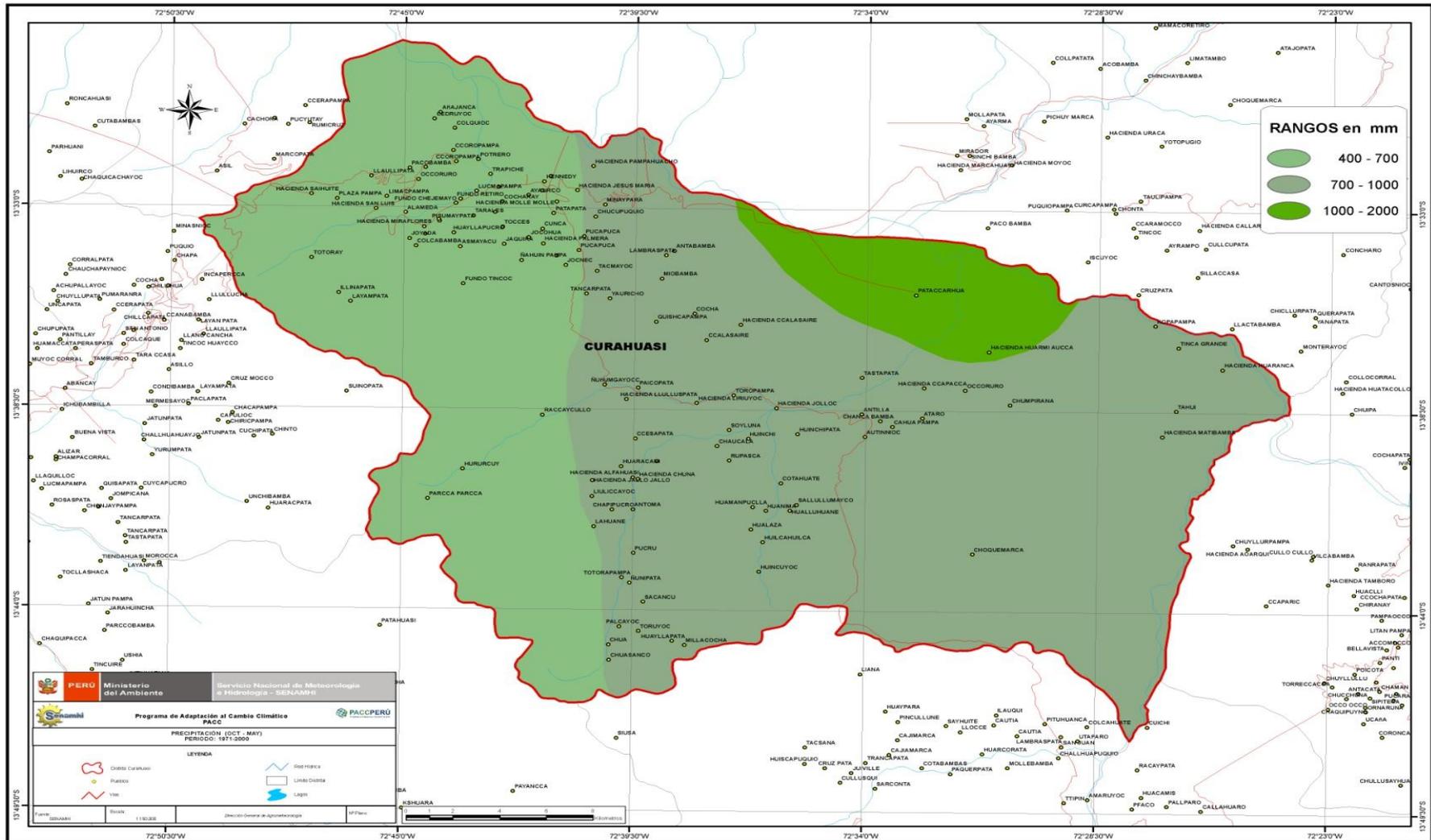
Mapa 13. Distribución espacial de la temperatura máxima en Curahuasi



Mapa 14. Distribución espacial de la temperatura mínima en Curahuasi



Mapa 15. Distribución espacial de la precipitación en Curahuasi



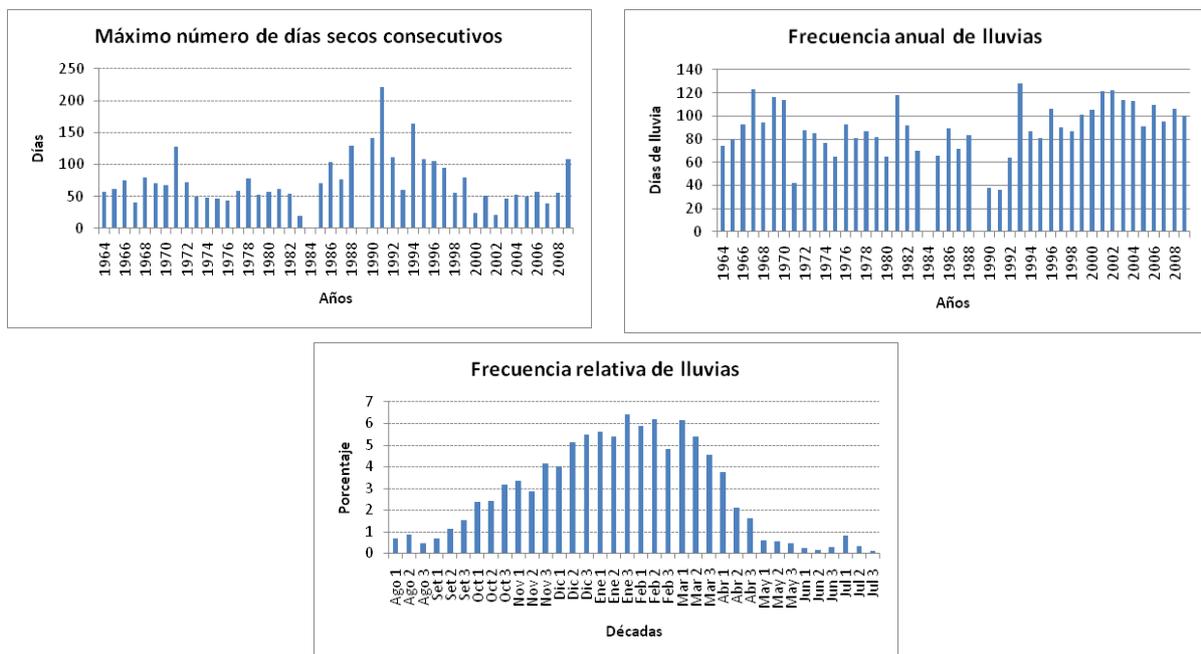
6.2.1.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias

En la **figura 21** se muestra la duración de las rachas de días secos (con precipitación menor a 1 mm; en 1984 y 1989 no hubo registro de precipitación) y la frecuencia de lluvias.

Se puede observar que el año 1991, es el que presenta el periodo más largo de días secos consecutivos (221 días), que ocurrió desde el 17 abril hasta el 23 de diciembre. El año 1994 hubo otro periodo seco largo (164 días), el que se presentó desde el 22 abril hasta el 2 de octubre. En los últimos años (1999-2009) este período fluctuó entre 21 (2002) y 108 días (2009), el que se presenta entre los meses de mayo y setiembre fuera de la campaña agrícola de la provincia.

El año 1993 es el que presenta mayor frecuencia de lluvias, seguida de los años 1967, 2001 y 2002. En los últimos años (1999-2009) la frecuencia de lluvias fluctuó entre 91 (2005) y 122 (2002) días.

Las décadas con mayor frecuencia de lluvias se encuentran entre la tercera década de noviembre y tercera década de marzo, siendo la tercera década de enero la que tiene mayor frecuencia de lluvias. La campaña agrícola, en la provincia (octubre-mayo) inicia con frecuencia de lluvias bajas, alcanzando su picos más altos entre los meses de diciembre a marzo, para luego decaer al final de la campaña agrícola.



Los años 1 984 y 1 989 no hay información

Figura 21. Periodos secos y frecuencia de lluvias en Curahuasi

6.2.1.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados

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

6.2.1.4.1 Período de crecimiento efectivo

El período de crecimiento efectivo de los cultivos se estableció a partir de los parámetros de temperatura y humedad (precipitación).

En la **figura 22** y **tabla 54** se muestra que la temperatura no es un factor limitante para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (no se registran heladas meteorológicas), por lo que el periodo de crecimiento efectivo en la zona, climáticamente solo estaría determinado por la variación temporal de la precipitación, principalmente al inicio de la campaña agrícola.

En este caso el período de crecimiento efectivo es de 151 días, se inicia en la segunda década de noviembre y concluye en la segunda década de abril.

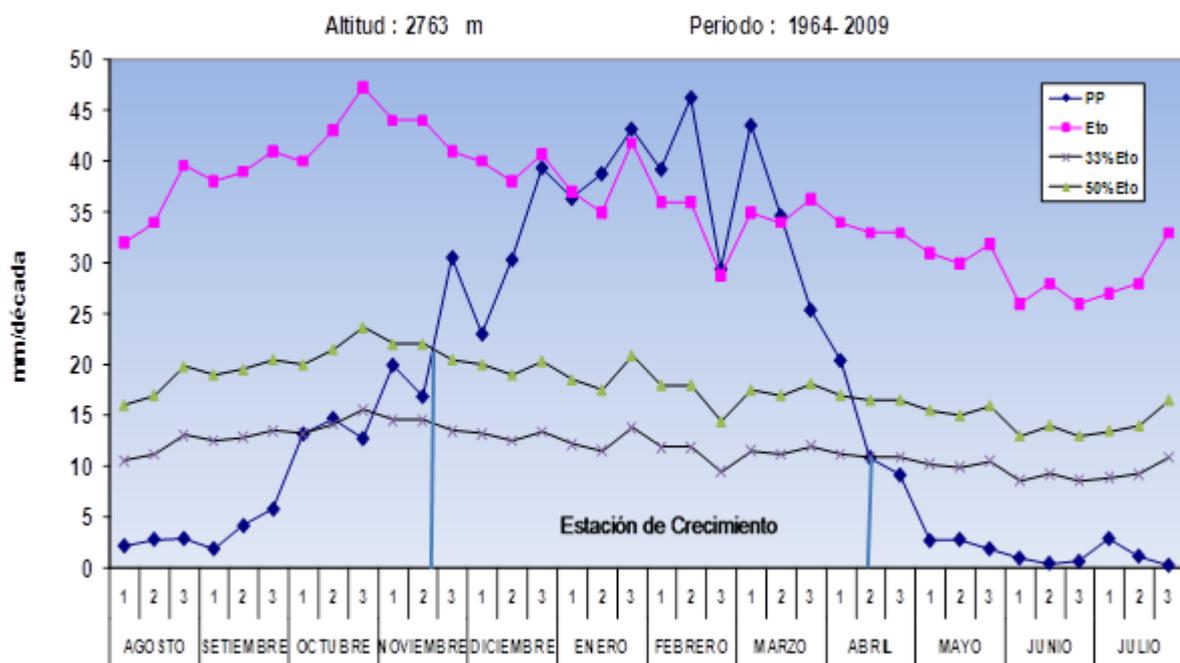


Figura 22. Período de crecimiento por humedad en Curahuasi

Tabla 54. Período de crecimiento efectivo en Curahuasi

Por humedad			Por temperatura (Heladas)			Por humedad y temperatura		
Inicio	Fin	Días	Ultimas	Primeras	Duración	Período		Días
3ra. década noviembre	2da. década abril	151	---	---	365	3ra. década noviembre	2da. década abril	151

6.2.1.4.2 Cultivo de papa

Se presenta la distribución temporal de las temperaturas máxima, mínima y media, y precipitación para cada una de las etapas fenológicas del cultivo de papa. Por lo general, la temperatura media se encuentra dentro de los umbrales óptimos del

cultivo (14 a 20 °C); mientras que las temperaturas máximas y mínimas se ubican dentro de los umbrales máximos y mínimos (25 y 5 °C, respectivamente).

La precipitación total que se registra para la campaña agrícola se encuentra dentro del rango óptimo que requiere el cultivo de papa para su crecimiento y desarrollo.

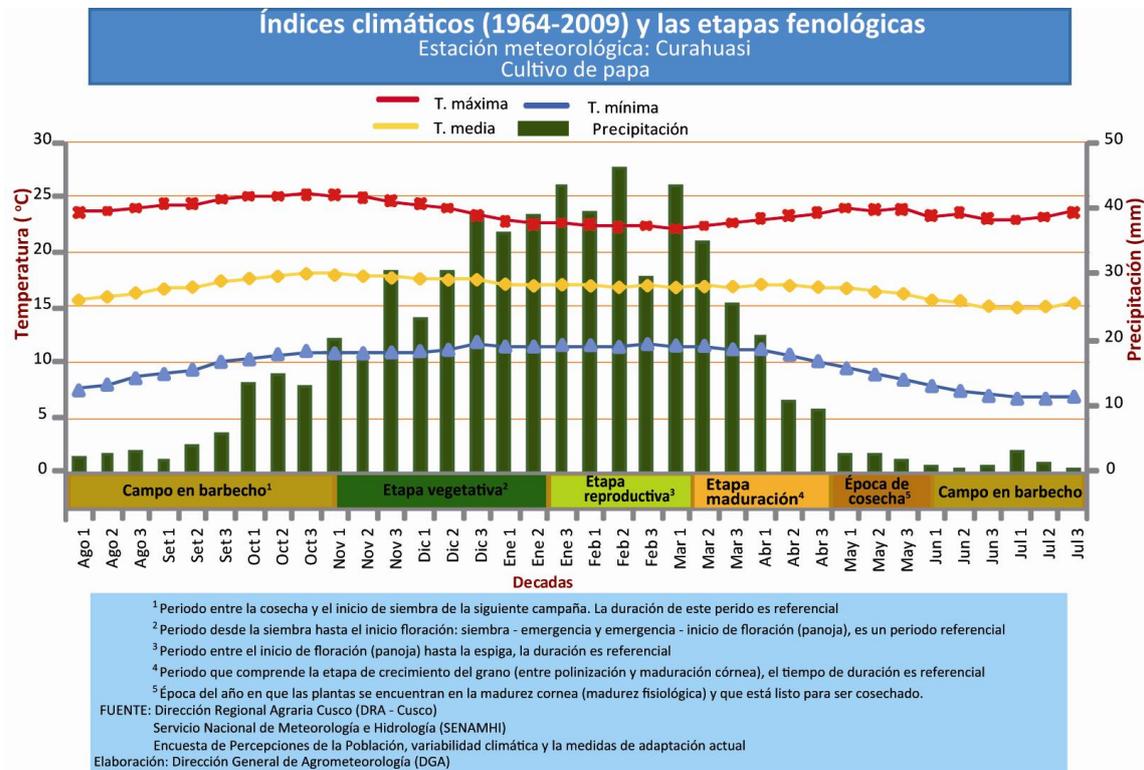


Figura 23. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de papa

Si observamos el balance hídrico, el periodo agrícola se inicia con buena cantidad de humedad, satisfaciendo las necesidades de agua de este cultivo; sin embargo, a partir de la primera década de enero las precipitaciones son abundantes generando excesos de humedad hasta la primera década de marzo, lo cual generaría algunos problemas de índole sanitario. A partir de la segunda década de marzo las precipitaciones disminuyen, y el cultivo utiliza la reserva de agua del suelo para cumplir su ciclo vegetativo, al final de la maduración existe déficit de precipitación favorable, que ayudaría en las labores de cosecha.

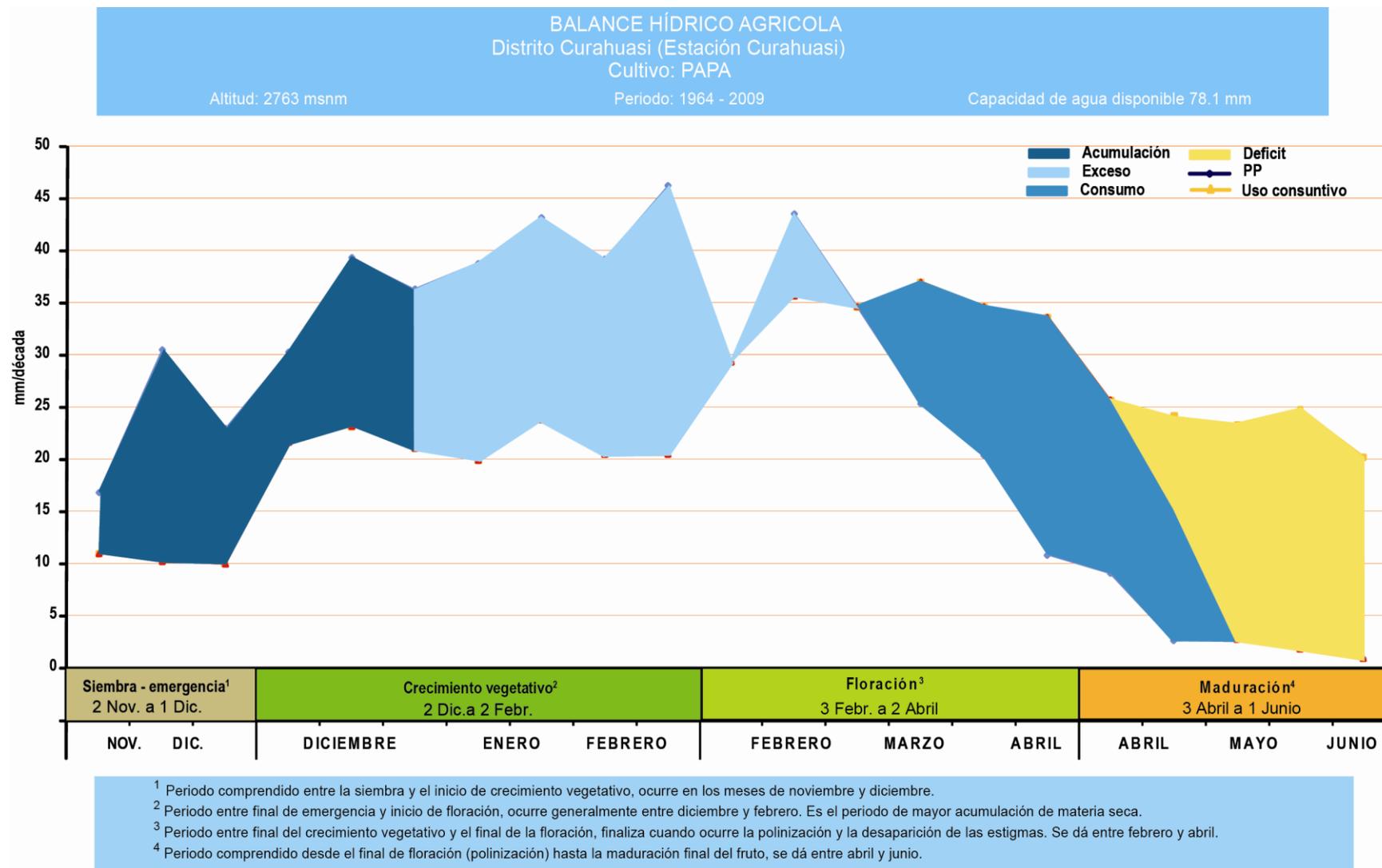


Figura 24. Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa

6.2.1.4.3 Cultivo de maíz

La temperatura media se encuentra dentro de los umbrales óptimos del cultivo (15 a 20 °C); mientras que las temperaturas máximas y mínimas se ubican dentro de los umbrales máximos y mínimos (30 °C y 8 °C respectivamente).

La precipitación total que se registra para la campaña agrícola se encuentra dentro del rango óptimo que requiere el cultivo de maíz; sin embargo, ésta se distribuye de tal forma que no cubre las necesidades de agua requeridas por el cultivo en las fases iniciales de crecimiento.

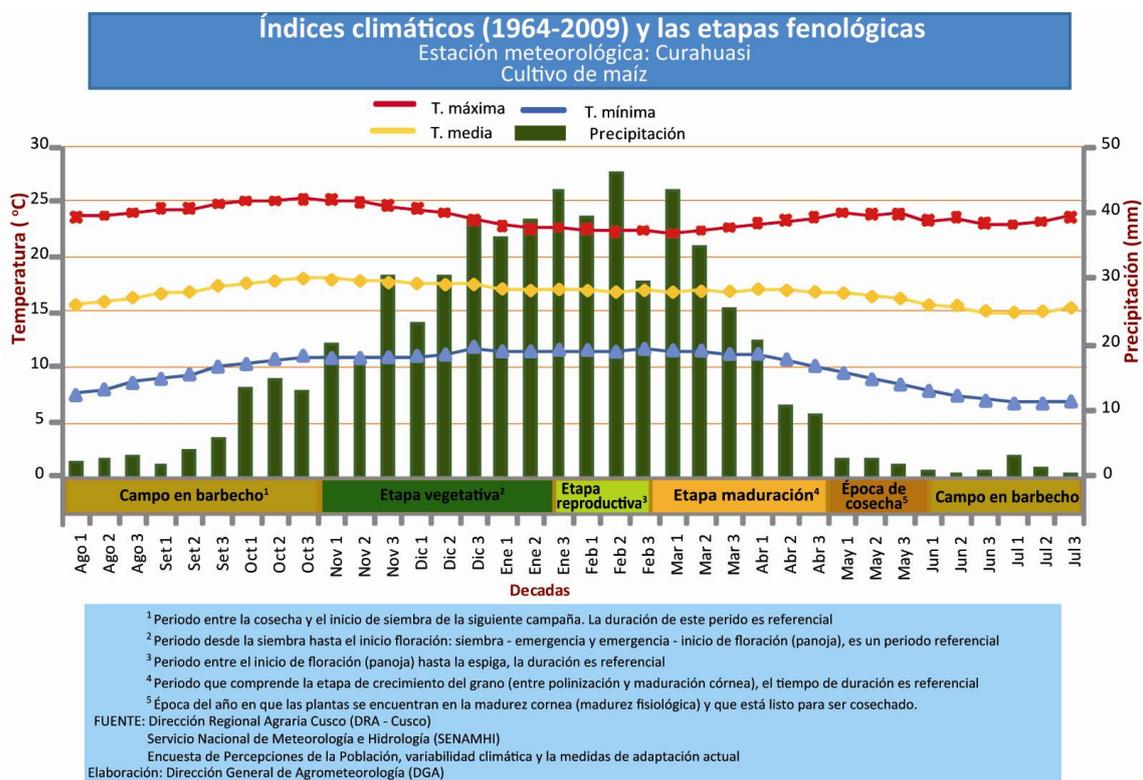


Figura 25. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de maíz

Se observa en el gráfico del balance hídrico (**figura 26**), que las lluvias son deficitarias en la siembra y en el primer mes de crecimiento vegetativo (noviembre), sin embargo a partir del mes de diciembre la lluvia cubre las necesidades de agua de este cultivo, hasta la primera década de marzo donde las lluvias disminuyen por lo que el cultivo consume toda la reserva de humedad del suelo, hasta la primera década de mayo. A partir de esta fecha, existe déficit de humedad para la planta.

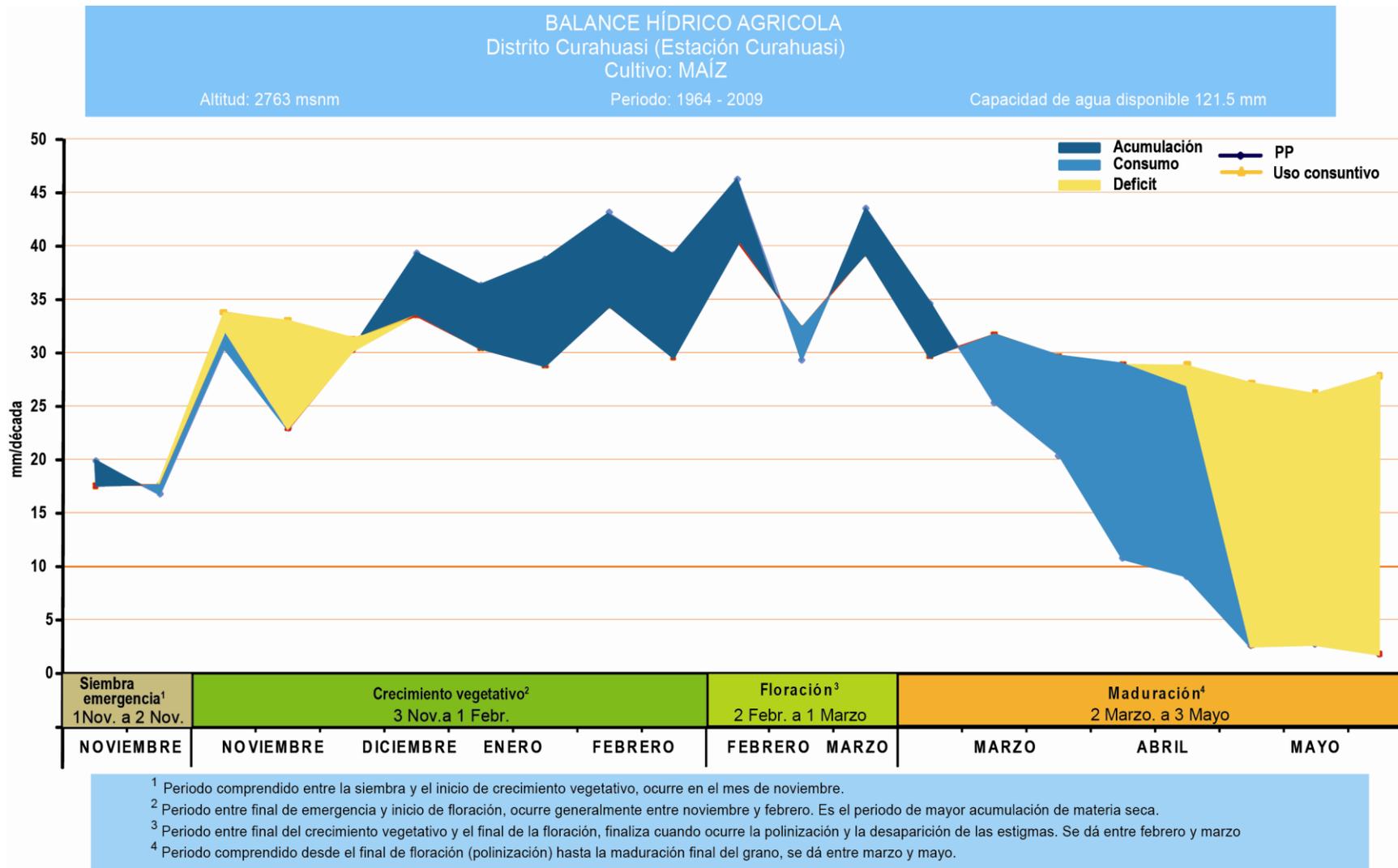


Figura 26. Balance hídrico agrícola para el cultivo de maíz

6.2.1.4.4 Cultivo de anís

La temperatura media se encuentra dentro de los umbrales óptimos para el cultivo (15 a 18° C); mientras que las temperaturas máximas y mínimas se ubican dentro de los umbrales máximos y mínimos (25 °C y 7 °C respectivamente).

La precipitación total que se registra durante la campaña agrícola se encuentra dentro del rango óptimo que requiere el cultivo de anís para su crecimiento y desarrollo; sin embargo, no está bien distribuida por cuanto en la fase inicial del cultivo no satisface sus requerimientos hídricos.

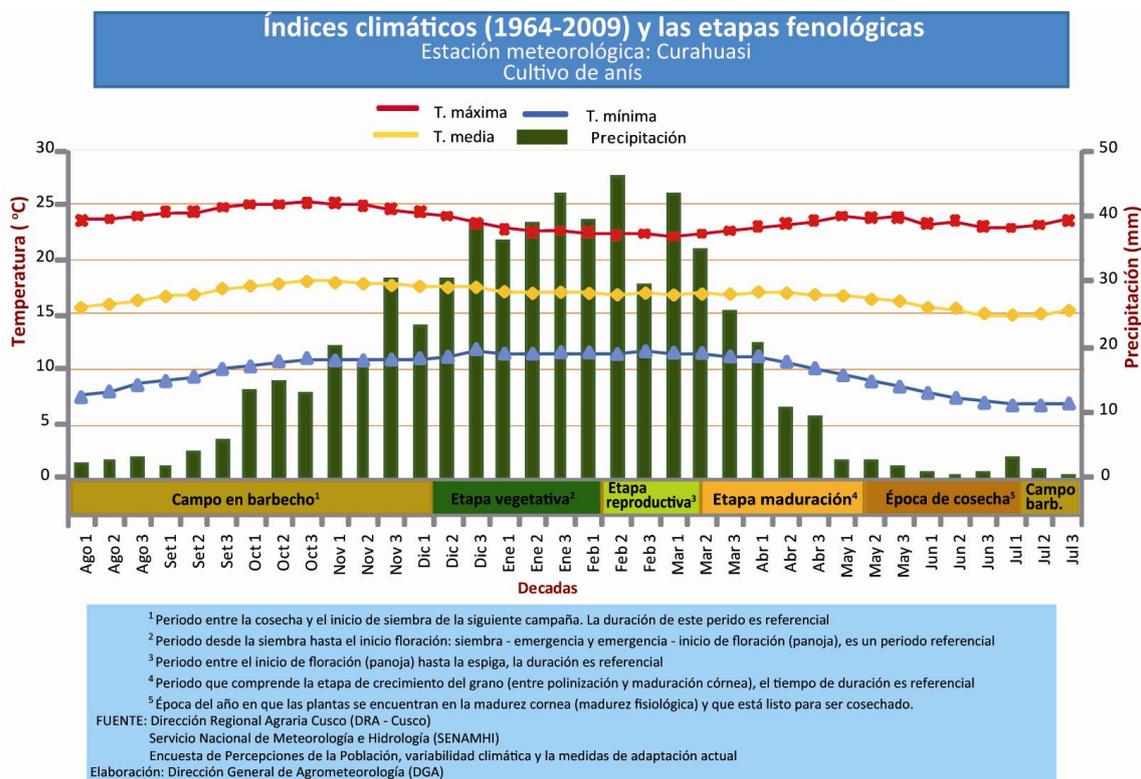


Figura 27. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de anís

A partir del balance hídrico se observa que la campaña se inicia con un déficit de humedad en los suelos, por lo cual sería necesario aplicar riego complementario. A partir de la tercera década de diciembre las precipitaciones se incrementan cubriendo las necesidades de humedad de este cultivo, generando excesos en parte de las etapas de crecimiento vegetativo y floración. Aunque después de la segunda década de abril las lluvias disminuyen y la planta utiliza el agua almacenado en el suelo, al final del periodo vegetativo se presenta un ligero déficit.

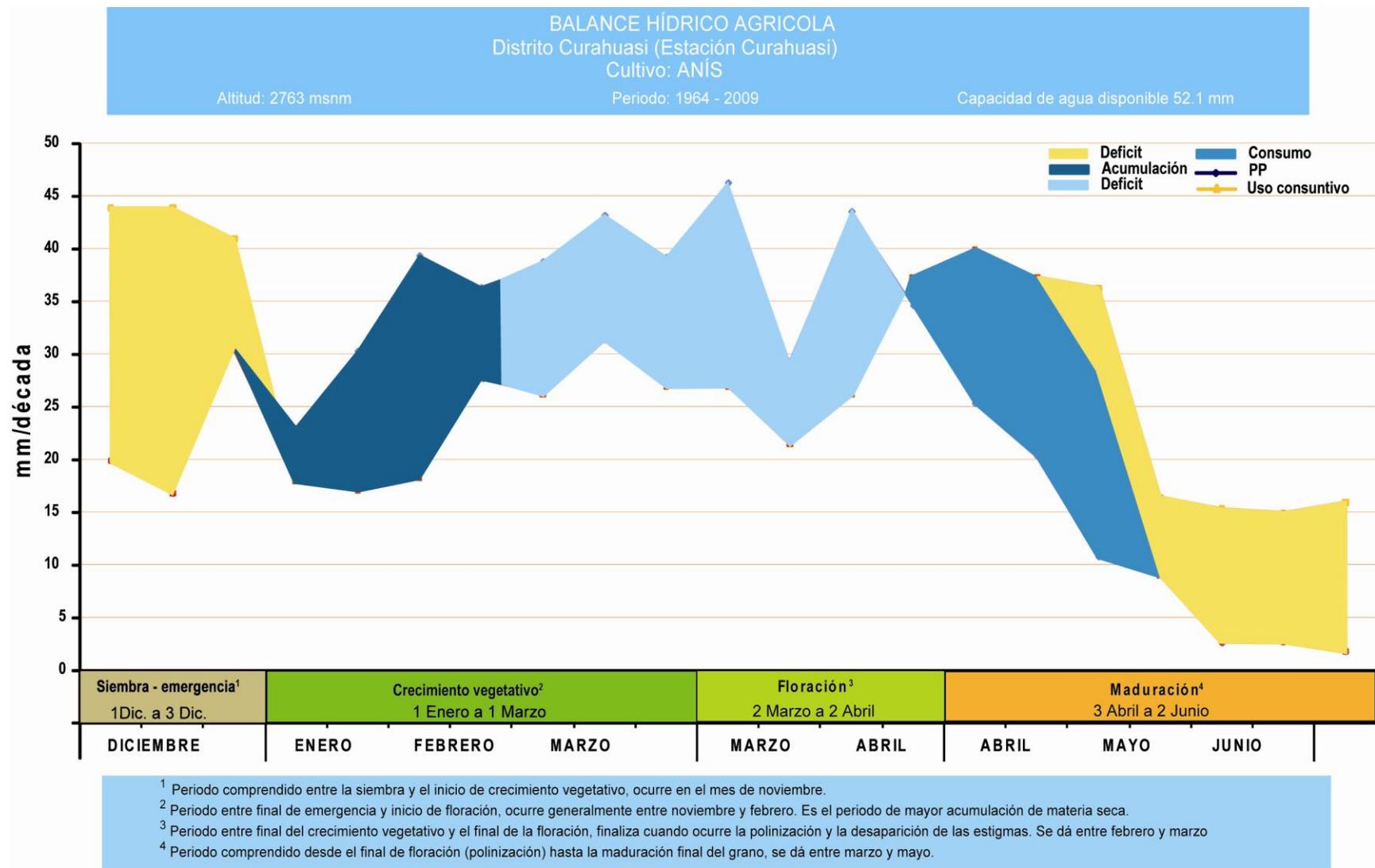


Figura 28. Balance hídrico agrícola para el cultivo de anís

6.2.1.5 Eventos extremos

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

6.2.1.5.1 Heladas

En la **tabla 55** se muestra las fechas medias de la primera y última helada para 5 temperaturas críticas. Se puede observar que no ocurren heladas meteorológicas de 0 °C; sin embargo sí se registran heladas agronómicas por encima de 2 °C.

A manera de ejemplo, para la temperatura de 6 °C la fecha media de la primera helada ocurre el 11 junio y la fecha media de la última helada el 12 de agosto. La variabilidad está representada por la desviación estándar, la primera helada tiene una variabilidad de ± 15 días de la fecha media, lo cual significa que la primera helada puede ocurrir desde el 27 de mayo, para el caso de la última helada es ± 24 días de la fecha media, lo que significa que la última helada se puede dar hasta el 5 de setiembre.

Tabla 55. 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	s/h	s/h	04 julio	11 junio	14 abril	30 enero
	Desviación Estándar	s/h	s/h	10	15	54	43
	Máxima	s/h	s/h	25 junio	08 mayo	02 enero	02 enero
	Mínima	s/h	s/h	19 julio	02 julio	21 julio	13 mayo
	Intensidad Media	s/h	s/h	3,9	5,4	7,6	9,6
	Desviación Estándar	s/h	s/h	0,2	0,4	0,4	0,5
Últimas heladas	Fecha Media	s/h	s/h	07 julio	12 agosto	12 octubre	15 diciembre
	Desviación Estándar	s/h	s/h	9	24	46	31
	Máxima	s/h	s/h	26 junio	02 julio	27 julio	14 setiembre
	Mínima	s/h	s/h	19 julio	29 setiembre	26 diciembre	31 diciembre
	Intensidad Media	s/h	s/h	3,9	5,7	7,6	9,5
	Desviación Estándar	s/h	s/h	0,2	0,3	0,4	0,6
Período libre de heladas	Fecha Media	s/h	s/h	364	312	188	47
	Desviación Estándar	s/h	s/h	111	107	92	74

S/h = Sin heladas

6.2.1.5.2 Sequías

En la **figura 29** se muestra el análisis sobre la frecuencia de índices húmedos y secos y el porcentaje correspondiente a cada categoría. Se puede observar que para el distrito de Curahuasi, los casos húmedos son más frecuentes que los casos secos (56% del total).

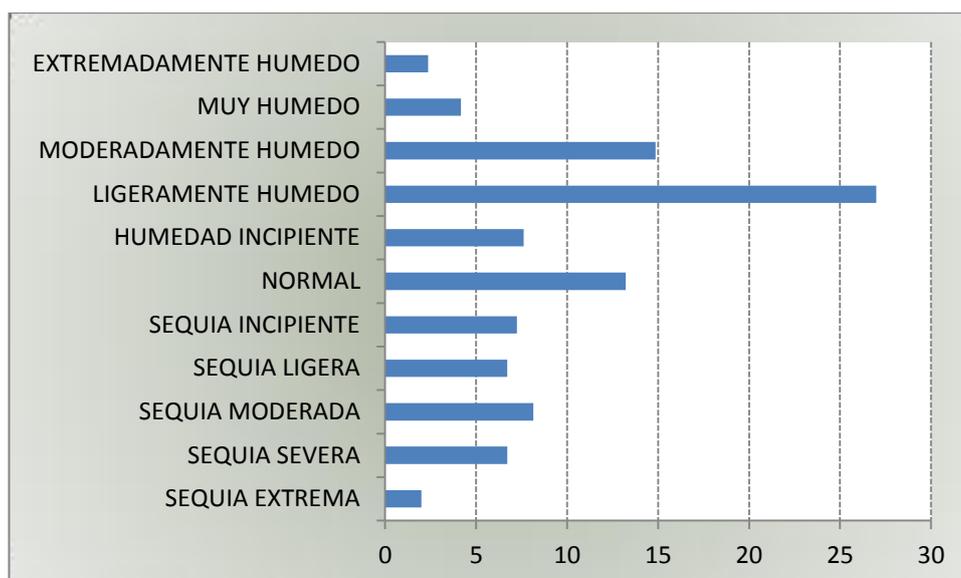


Figura 29. Frecuencia del Índice de sequía en Curahuasi

Del período analizado (552 meses), en el 30,8% de los casos ocurrieron sequías con distinto grado de intensidad. Las mayores frecuencias se encuentran en las categorías de sequía ligera, incipiente y moderada con el 7,2%, 6,7% y 8,2% respectivamente (**figura 29**).

Del análisis mensual (**figura 30**), se deduce que noviembre presenta la mayor frecuencia de sequías (37,0%) y febrero registra el menor número de casos (26,1%).

Las sequías extremas se observan desde enero a julio (23,9%). El mayor porcentaje sequías incipientes a moderadas (30,4%) se producen en el mes de noviembre.

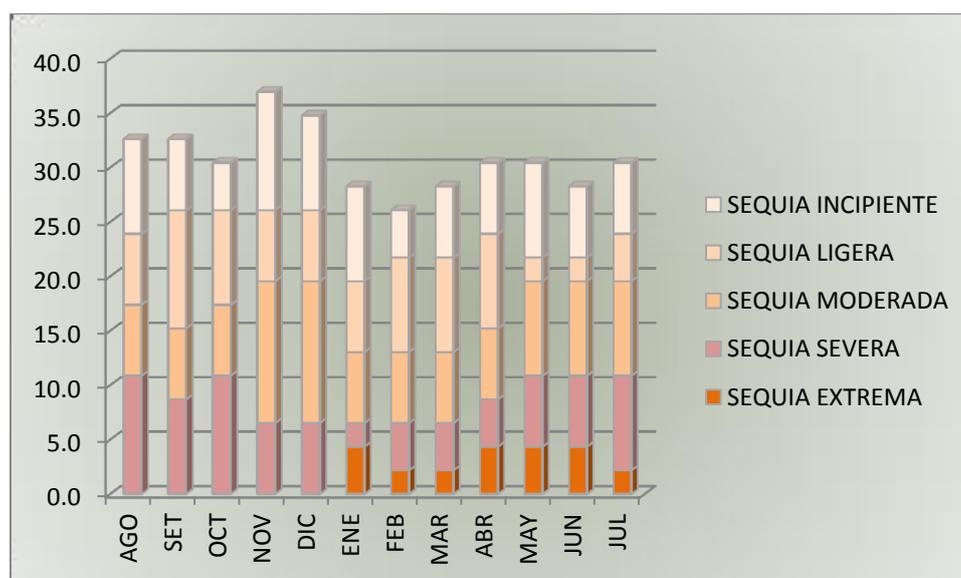


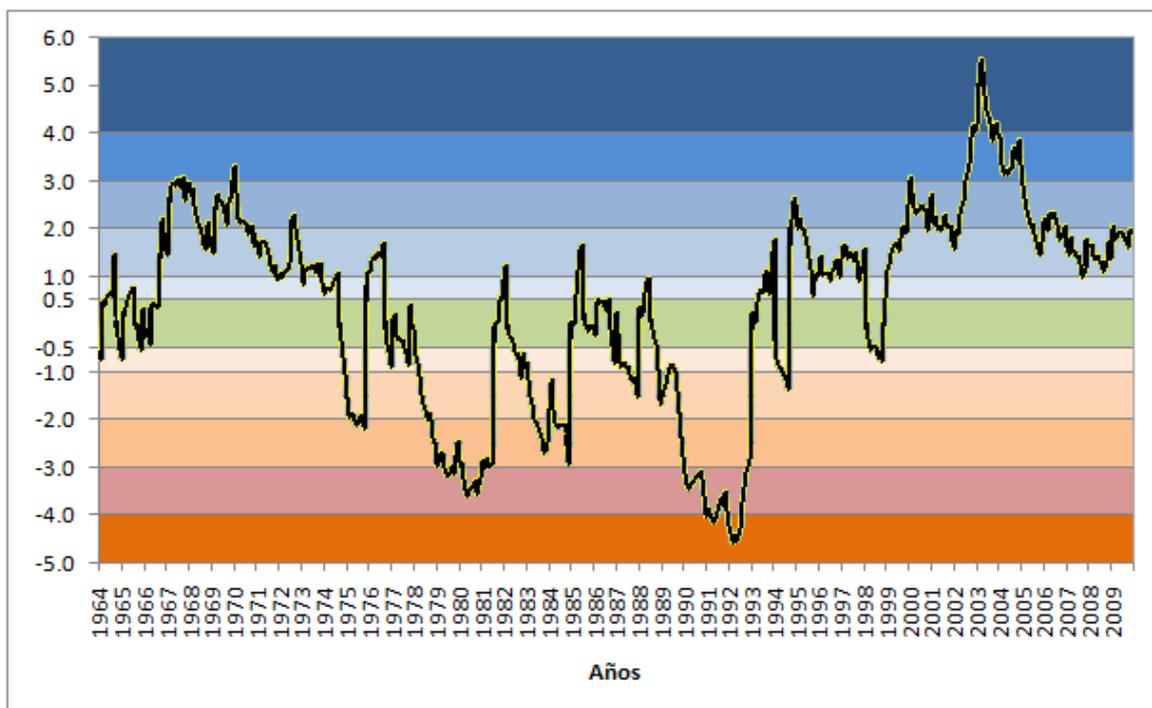
Figura 30. Porcentaje mensual de sequías en Curahuasi

En la **figura 31** se presenta la distribución temporal de los índices de sequía desde 1964 hasta 2009, se observa que los índices negativos más frecuentes se registraron a partir del año 1975 hasta 1999.

Dentro de este periodo, el año 1975 presentó sequías moderadas; entre 1979 y 1982 se registraron sequías de moderadas a severas; desde 1990 hasta 1993 sequías entre severas y extremas, y en el año 1992 se ocurre una sequía extrema.

El evento seco más prolongado se registró durante 1988-92, con 53 meses de sequía ininterrumpida y un índice máximo de $-4,58$ en el mes de marzo.

Mientras que entre los años 1966 al 1974, el año 1995 y entre los años 1999 hasta el 2009, los índices húmedos aumentan en intensidad, presentándose como año extremadamente húmedo el año 2002.



Sequía extrema	≤ -4	Humedad incipiente	0,5 a 0,99
Sequía severa	-3 a -2,99	Ligeramente húmedo	1 a 1,99
Sequía moderada	-2 a -1,99	Moderadamente húmedo	2 a 2,99
Sequía ligera	-1 a -0,99	Muy húmedo	3 a 3,99
Sequía incipiente	-0,5 a -0,99	Extremadamente húmedo	≥ 4
Normal	0,49 a -0,49		

Figura 31. Índice de Severidad de Sequía

6.2.2 Valle del río Chumbao (Andahuaylas)

Para la evaluación de las condiciones agroclimáticas del Valle de Chumbao se utilizó la información de la estación meteorológica de Andahuaylas, con un récord de información de 1964 al 2009.

ESTACIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (m)	PARÁMETRO	PERIODO		TOTAL
							INICIO	FIN	
Andahuaylas	Andahuaylas	Andahuaylas	73° 22'15	13° 39'25	2866	Humedad relativa	1964	2009	46
						Horas de sol	2002	2009	8
						Precipitación	1964	2009	46
						Temperatura máxima	1964	2009	46
						Temperatura mínima	1964	2009	46
						Velocidad del viento	1964	2009	46

El análisis se realizó a nivel decadal (10 días) y para la campaña agrícola: octubre a mayo y para los cultivos de papa, maíz, haba, trigo y cebada.

Clima

El clima del valle es Semiárido (D) con nulo o pequeño exceso de agua (d) y megatermal (A').

6.2.2.1 Régimen de las variables climáticas

La **tabla 56** presenta las condiciones climáticas promedio de temperatura y precipitación para la campaña agrícola, así como los promedios extremos decadales de la estación de Andahuaylas.

Tabla 56. Valores promedio y extremos decadales de la temperatura y precipitación

Estación	Media	Máxima	Mínima	Década más cálida		Década más fría		Oscilación térmica
Andahuaylas	13,9	20,4	7,4	21,9	2da. octubre	3,3	3ra. mayo	18,6

Estación	Total	Década más lluviosa		Década más seca		% período	
		Precipitación	Década	Precipitación	Década	octubre - mayo	junio - setiembre
Andahuaylas	555,1	43,5	1ra. marzo	2,1	3ra. mayo	89,8	10,2

Con respecto a otros parámetros, para la campaña agrícola en Andahuaylas, la evapotranspiración referencial para el periodo agrícola es de 815,8 mm, con mayores valores en la tercera década de octubre (41,8 mm) y menores en la tercera década de febrero (25,6 mm).

La humedad relativa promedio es de 76,5%, la máxima promedio se da en la primera década de marzo 81,4% y la mínima promedio en la segunda década de octubre 70,7% (**figura 32**).

La velocidad del viento promedio es de 2,6 m/s, los valores mayores se presentan en la primera década de diciembre (3,0 m/s) y los más bajos entre la tercera década de marzo y primera década de abril (2,3 m/s).

Las horas de sol promedio para el periodo agrícola son de 5,6 horas, con valores máximos en la tercera década de mayo y valores mínimos en la tercera década de enero.

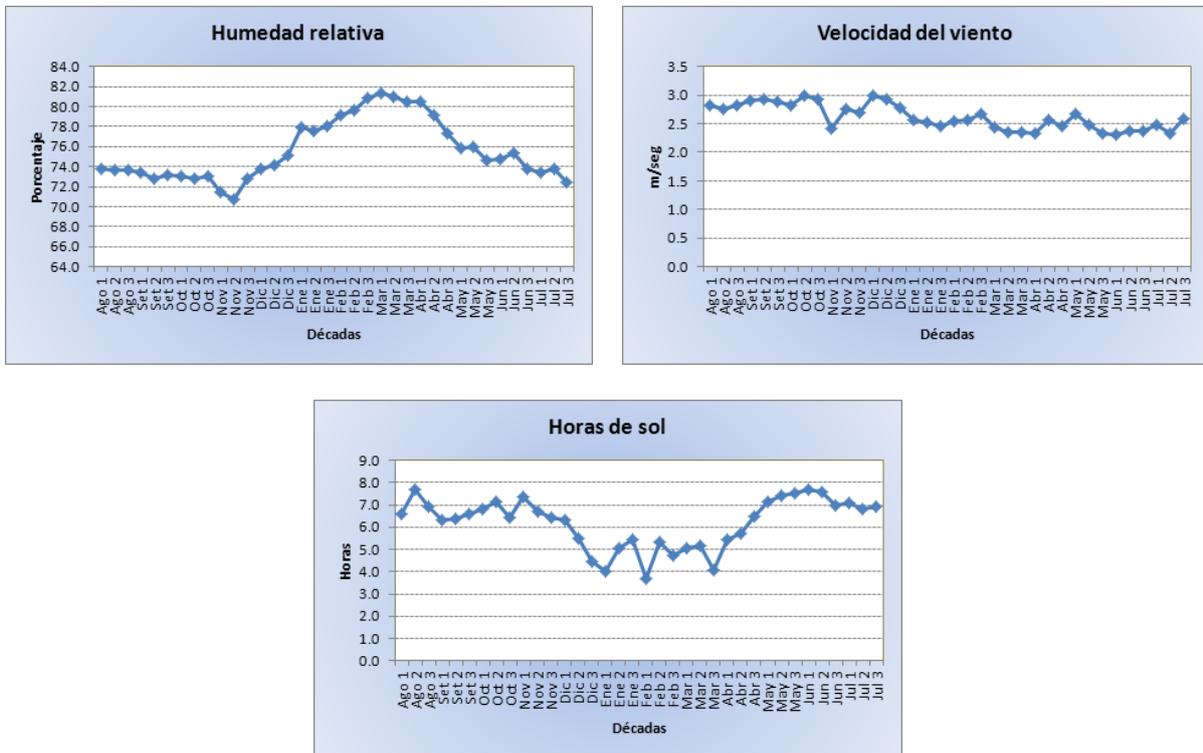


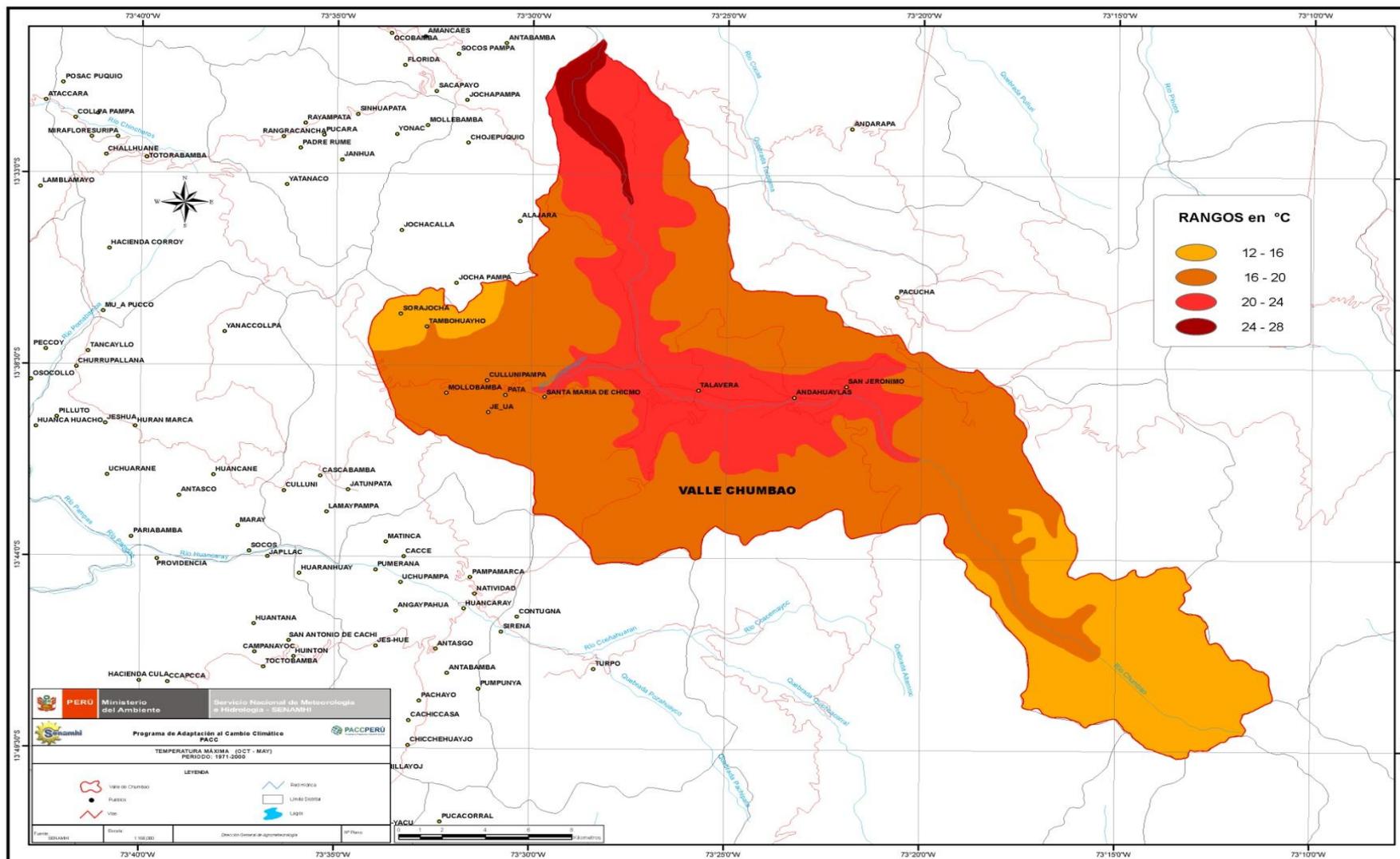
Figura 32. Comportamiento temporal de la humedad relativa, viento y horas de sol en Andahuaylas

6.2.2.2 Distribución espacial de la temperatura y la precipitación

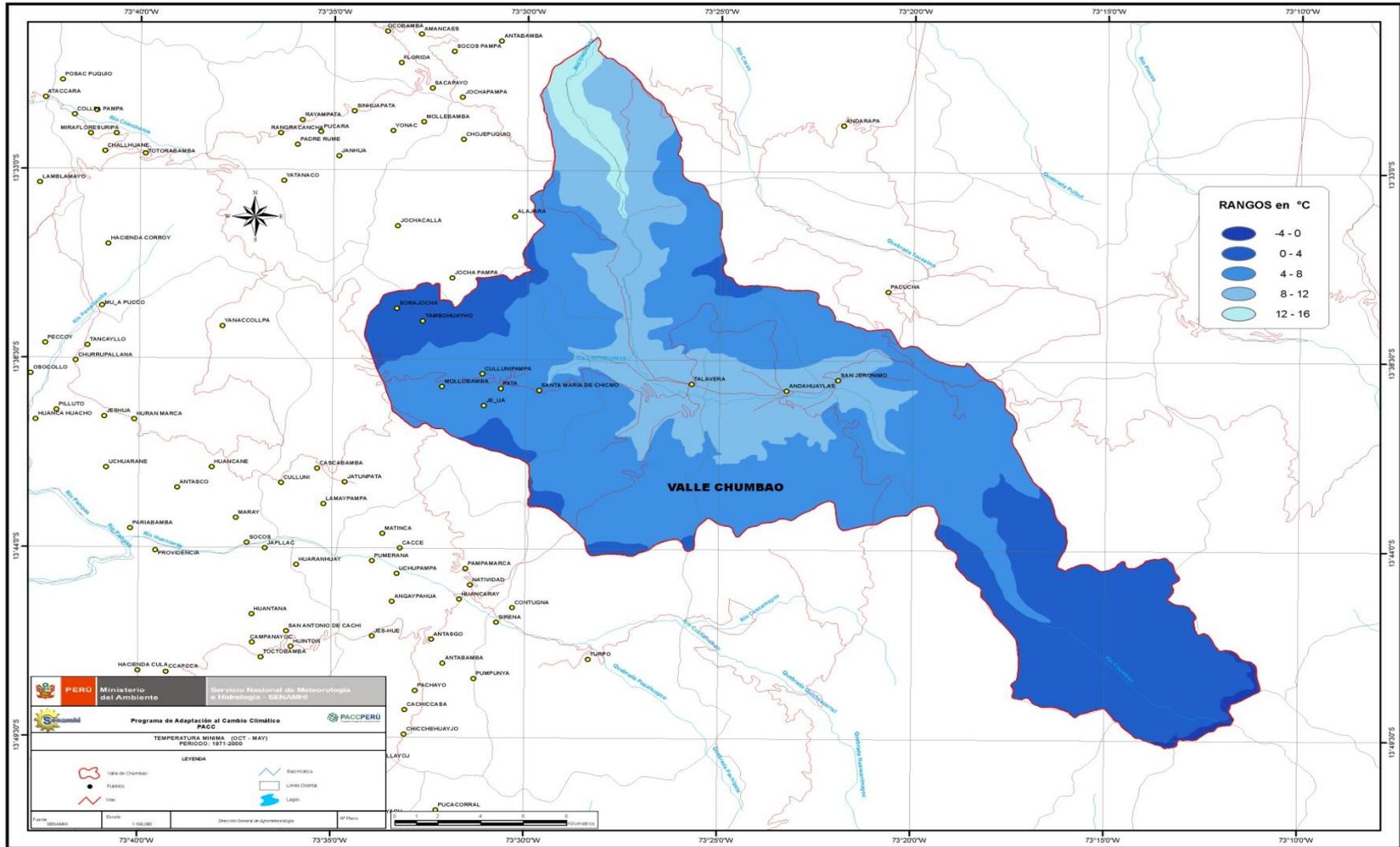
En los **mapas 16, 17 y 18** se muestra la variación espacial de la temperatura máxima, mínima y la precipitación promedio anual para el período agrícola de octubre a mayo. La temperatura máxima fluctúa entre 12 a 24,5 °C y la temperatura mínima promedio entre 0 °C a 12 °C.

En relación al comportamiento espacial de la precipitación total de la campaña agrícola, se puede distinguir tres zonas, la primera hacia el sur del valle del Chumbao con precipitaciones hasta 400 mm, la segunda que abraza la mayor parte de la cuenca con valores que fluctúan entre 400 y 700 mm y la tercera zona hacia el oeste donde la precipitación se incrementa variando entre 700 y 1 000 mm

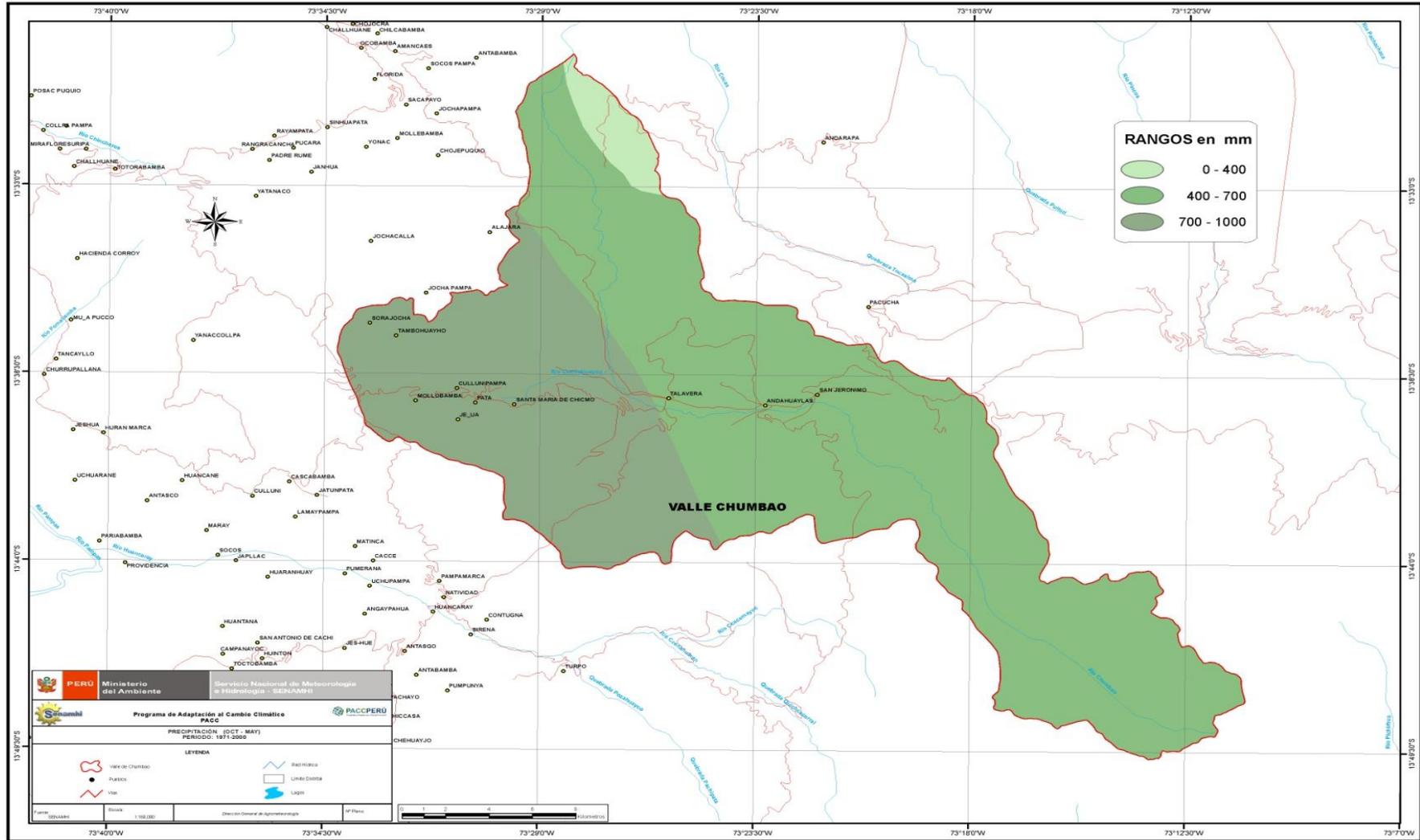
Mapa 16. Distribución espacial de la temperatura máxima en el Valle de Chumbao



Mapa 17. Distribución espacial de la temperatura mínima en el Valle de Chumbao

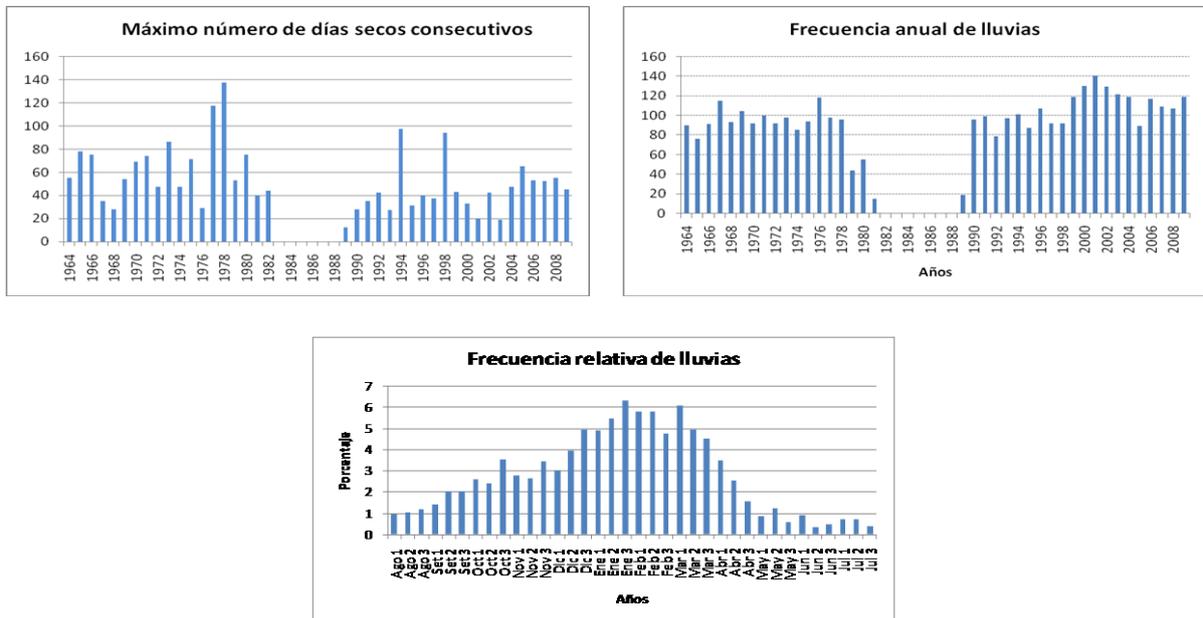


Mapa 18. Distribución espacial de la precipitación en el Valle de Chumbao



6.2.2.3 Periodos secos y frecuencia de lluvias

En la **figura 33** se muestran la duración de las rachas de días secos (con precipitación menor a 1 mm); desde 1983 a 1988 no hubo registro de precipitación.



1983 a 1988 sin registro de precipitación

Figura 33. Periodos secos y frecuencia de lluvias en Andahuaylas

Se puede observar que el año 1978 es el que presenta el período más largo de días secos consecutivos (137 días), el que ocurre desde el 28 abril hasta el 12 de setiembre. El año 1977 hubo otro período seco largo (117 días), el que se presentó desde 1 de mayo hasta el 6 de agosto. En los últimos años (1999-2009) este período fluctuó entre 19 días (2003) y 65 días (2009) el que se presenta entre los meses de mayo y setiembre fuera de la campaña agrícola de la provincia.

El año 2001 es el que presenta mayor frecuencia de lluvias, seguida de los años 2001 y 2002. En los últimos años (1999-2009) la frecuencia de lluvias fluctuó entre 89 (año 2005) y 140 (año 2001) días.

Las décadas con mayor frecuencia de precipitación se encuentran entre la tercera década de diciembre y tercera década de enero, siendo la década con mayor precipitación la tercera década de enero. La campaña agrícola de la provincia (octubre-mayo) inicia con frecuencia de lluvias bajas para luego alcanzar su picos más altos entre los meses de diciembre a marzo, para luego decaer al final de la campaña agrícola.

6.2.2.4 Evaluación agroclimática de los cultivos priorizados

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

6.2.2.4.1 Período de crecimiento efectivo

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

En la **figura 34** y **tabla 57** 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 entre el 30 agosto y 14 mayo. 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 141 días, siendo el inicio de este periodo en la primera década de diciembre y la culminación en la segunda década de abril.

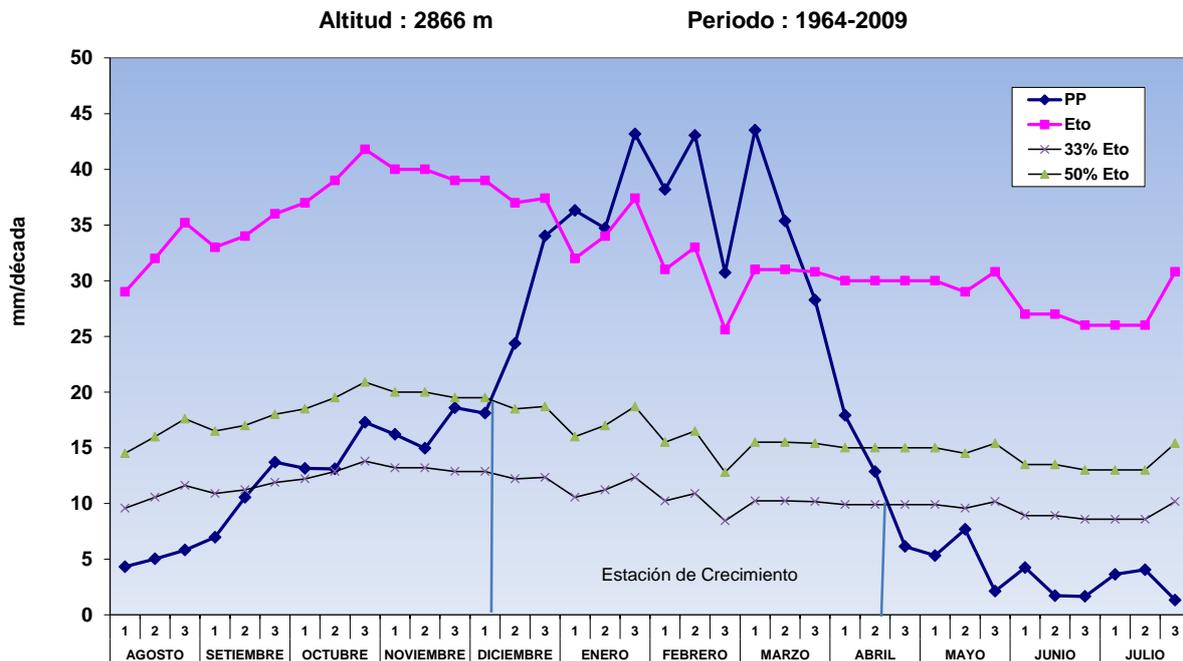


Figura 34. Período de crecimiento por humedad en Andahuaylas

Tabla 57. Período de crecimiento efectivo

Estación	Por humedad			Por temperatura			Por humedad y temperatura		
	Inicio	Fin	Días	Ultimas heladas	Primeras heladas	Duración	Período		Días
Andahuaylas	1ra. década diciembre	2da. década abril	141	30 agosto	14 mayo	257	1ra. década diciembre	2da. década abril	141

6.2.2.4.2 Cultivo de maíz

La temperatura media en la zona se presenta ligeramente debajo de la temperatura óptima para el cultivo; sin embargo la temperatura máxima se presenta dentro del umbral óptimo y la temperatura mínima dentro del umbral mínimo para el crecimiento y desarrollo del cultivo (**figura 35**).

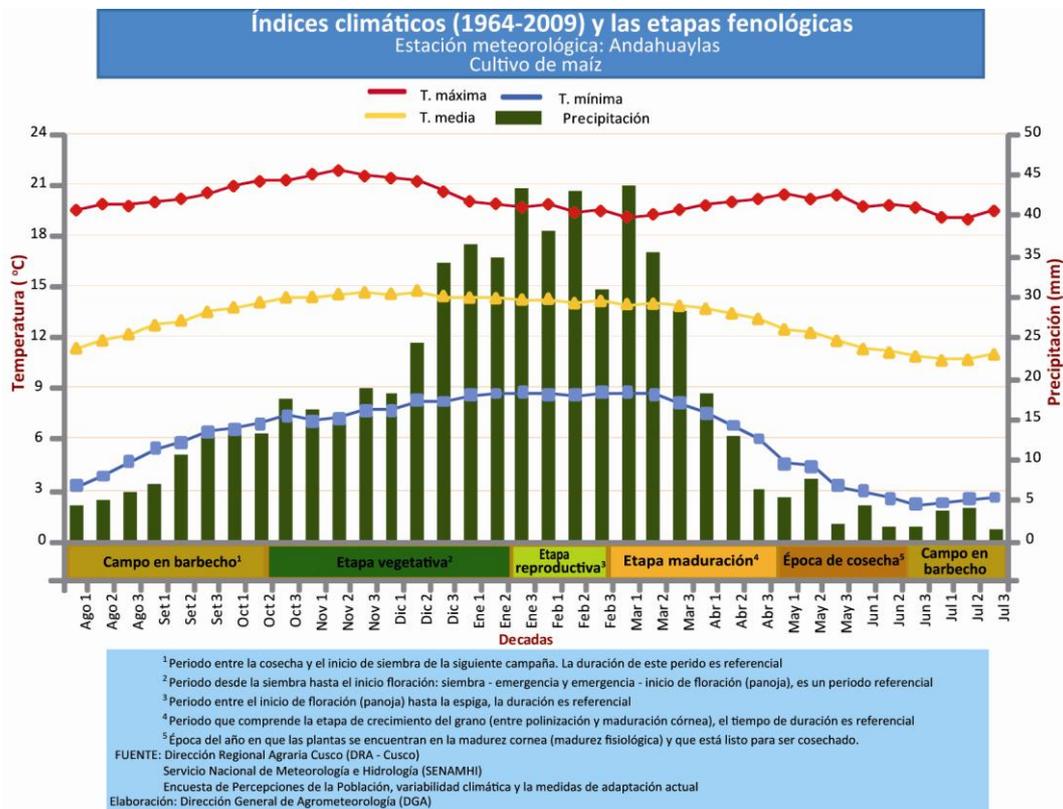


Figura 35. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de maíz

El total de precipitación registrado en toda la campaña agrícola se encuentra dentro del rango óptimo; sin embargo su distribución no favorece las primeras fases de establecimiento del cultivo. La campaña agrícola de este cultivo se inicia con déficit de humedad, por lo que es necesario un riego complementario. Pero, a partir de mediados de diciembre las lluvias si alcanzan a cubrir las necesidades hídricas de este cultivo hasta el final de su periodo vegetativo (**figura 36**).

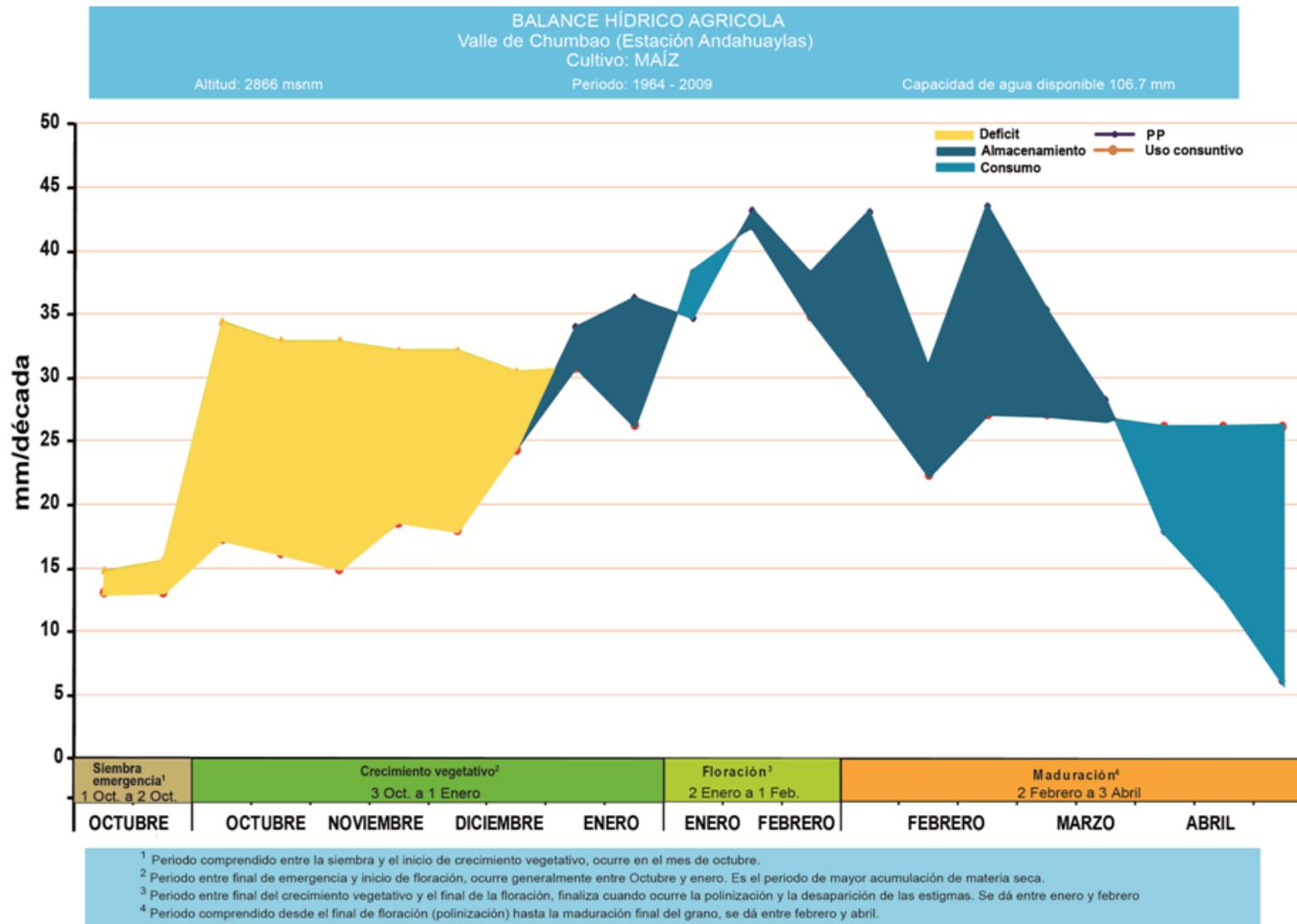


Figura 36. Balance hídrico agrícola para el cultivo de maíz en Andahuaylas

6.2.2.4.3 Cultivo de papa

La temperatura media y máxima en la zona se presenta dentro del umbral óptimo del cultivo (15 a 20 °C), mientras que la temperatura mínima dentro del umbral mínimo (7 °C) (figura 37).

La precipitación total registrada se encuentra dentro del rango óptimo; más bien su distribución no es favorable, se registra excesiva al final del crecimiento vegetativo y parte de la floración; mientras que al final de la etapa de floración las precipitaciones se reducen, permitiendo que las plantas utilicen el agua de reserva del suelo para completar su ciclo de vida. Al final del período se produce un ligero déficit.

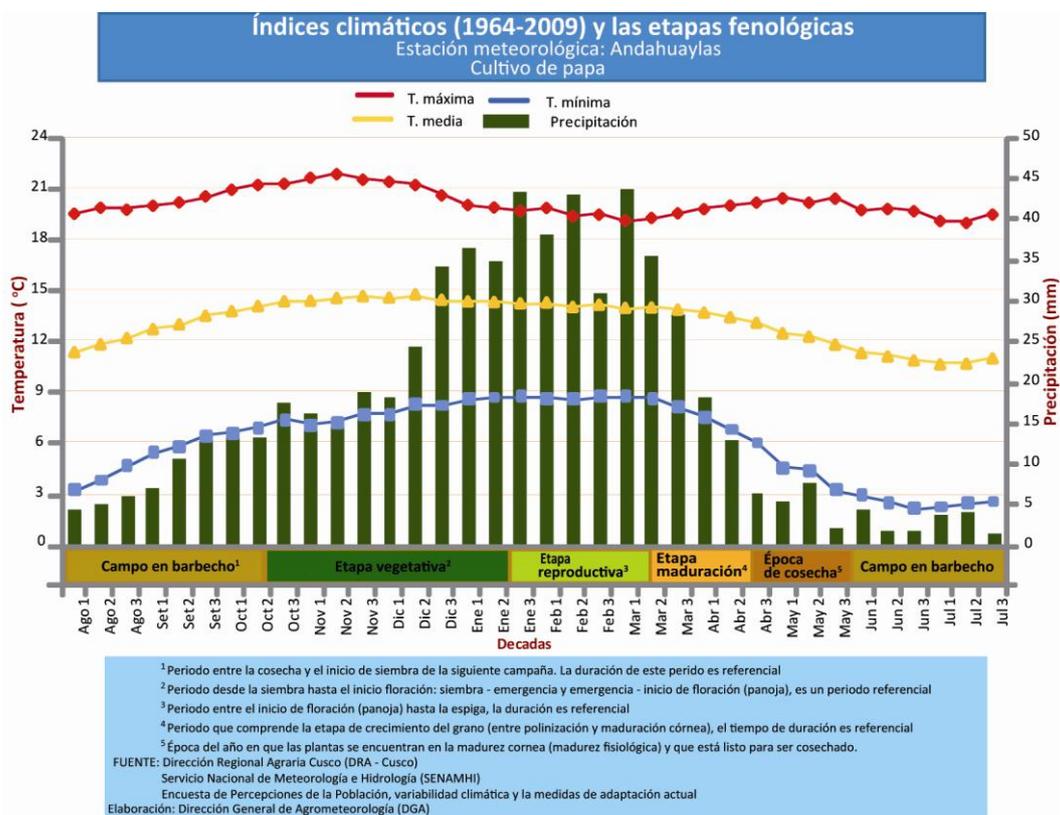


Figura 37. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de papa

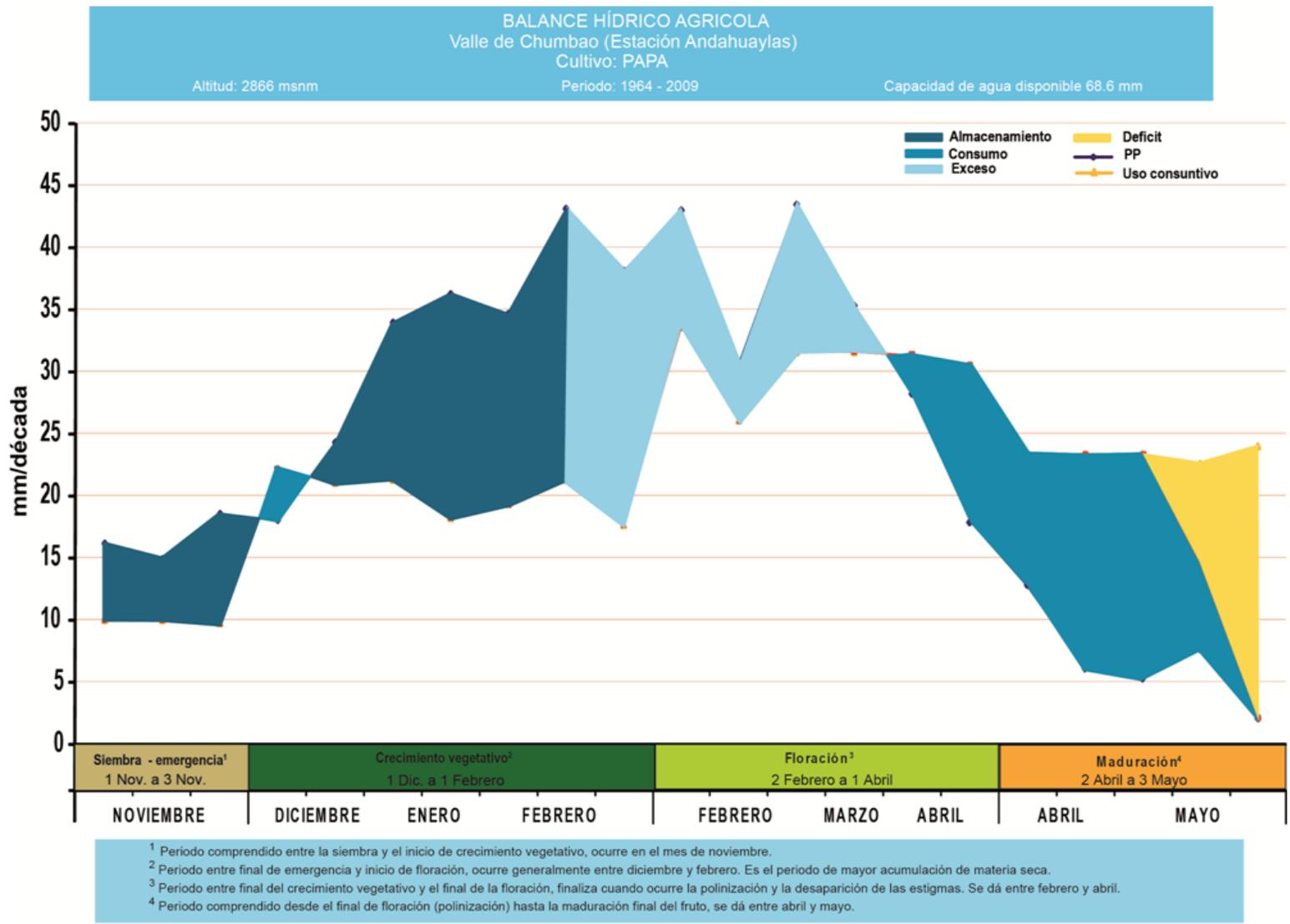


Figura 38. Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa en Andahuaylas

6.2.2.4.4 Cultivo de haba

Las temperaturas media y máxima que se presentan en la zona se encuentran dentro del umbral óptimo para el cultivo, la temperatura mínima dentro del umbral mínimo.

La precipitación se encuentra dentro del rango óptimo. Las condiciones hídricas son adecuadas para el cultivo durante todo su periodo vegetativo, principalmente en la etapa de crecimiento vegetativo y floración. A partir de la primera década de abril y a finales de la fase fenológica de floración las precipitaciones se reducen y el cultivo consume las reservas de agua del suelo. Al final del periodo vegetativo existe un ligero déficit, que no perjudica la madurez.

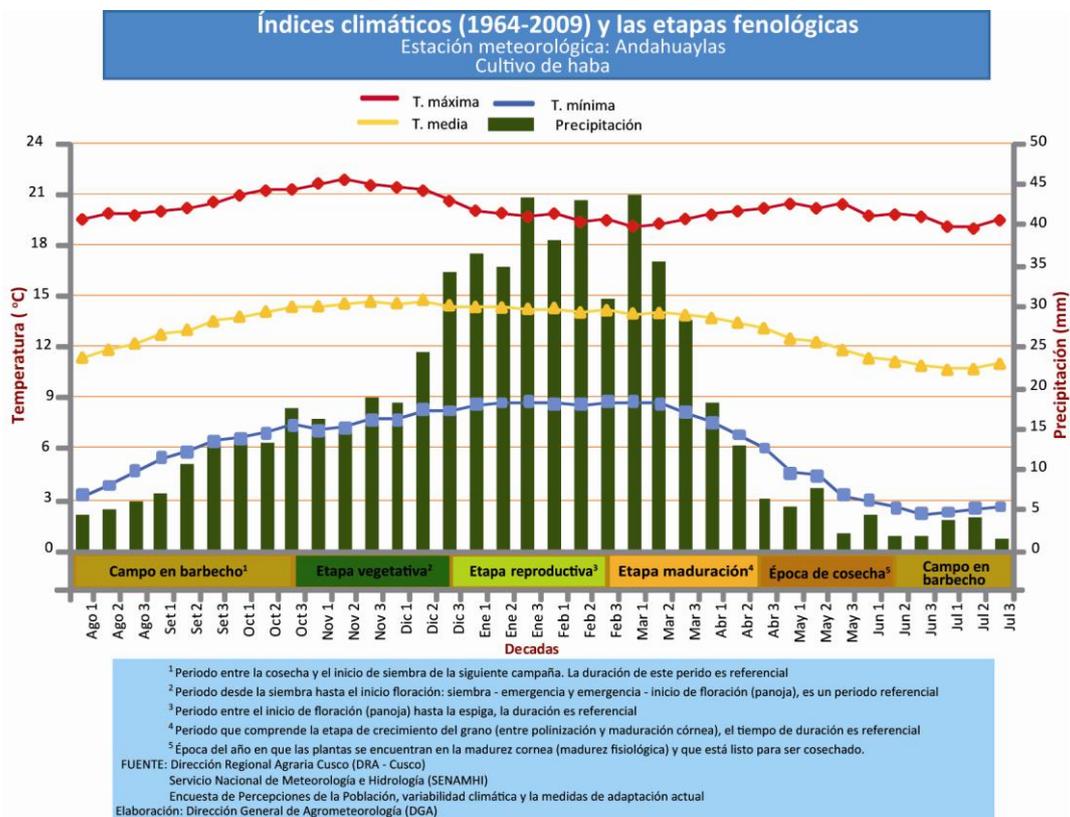


Figura 39. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de haba

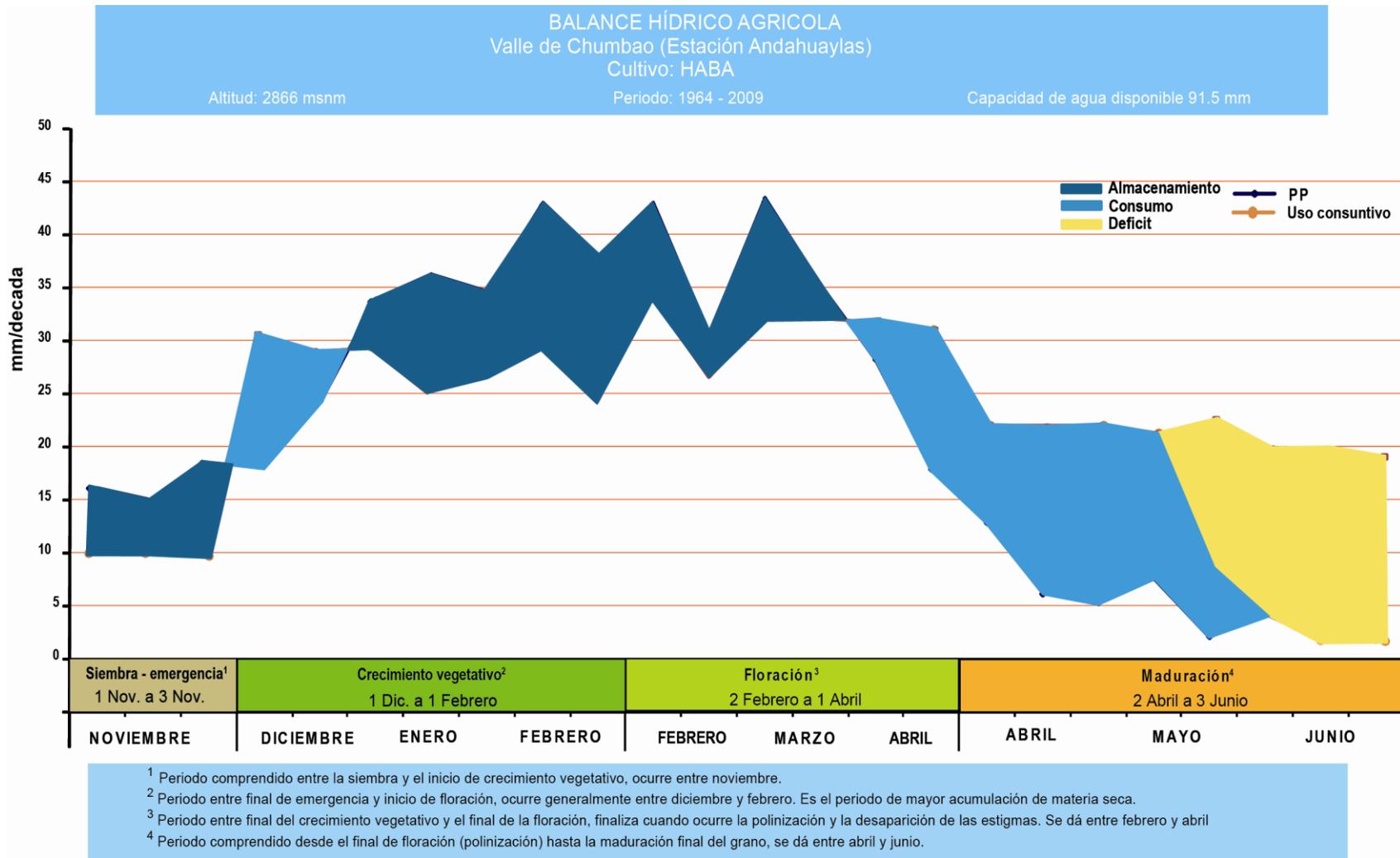


Figura 40. Balance hídrico agrícola para el cultivo de haba en Andahuaylas

6.2.2.4.5 Cultivo de trigo

La temperatura media y la mínima de la zona se encuentran dentro del rango mínimo para el cultivo; mientras que la temperatura máxima dentro del rango óptimo para el crecimiento del cultivo de trigo.

La precipitación total para la campaña se encuentra dentro del rango óptimo aunque no muy bien distribuida. Al inicio de la campaña se registra buena disponibilidad de agua para el desarrollo de este cultivo, sin embargo, a partir de los primeros días de enero, cuando la planta se encuentra en pleno crecimiento vegetativo se producen excesos, los que acarrearían problemas de estrés hídrico y aparición de enfermedades. Este exceso se extiende hasta los inicios de la floración, a partir de esta etapa las precipitaciones disminuyen y el cultivo utiliza el agua almacenada en el suelo durante toda la floración. Luego de esta fase, las lluvias son deficitarias.

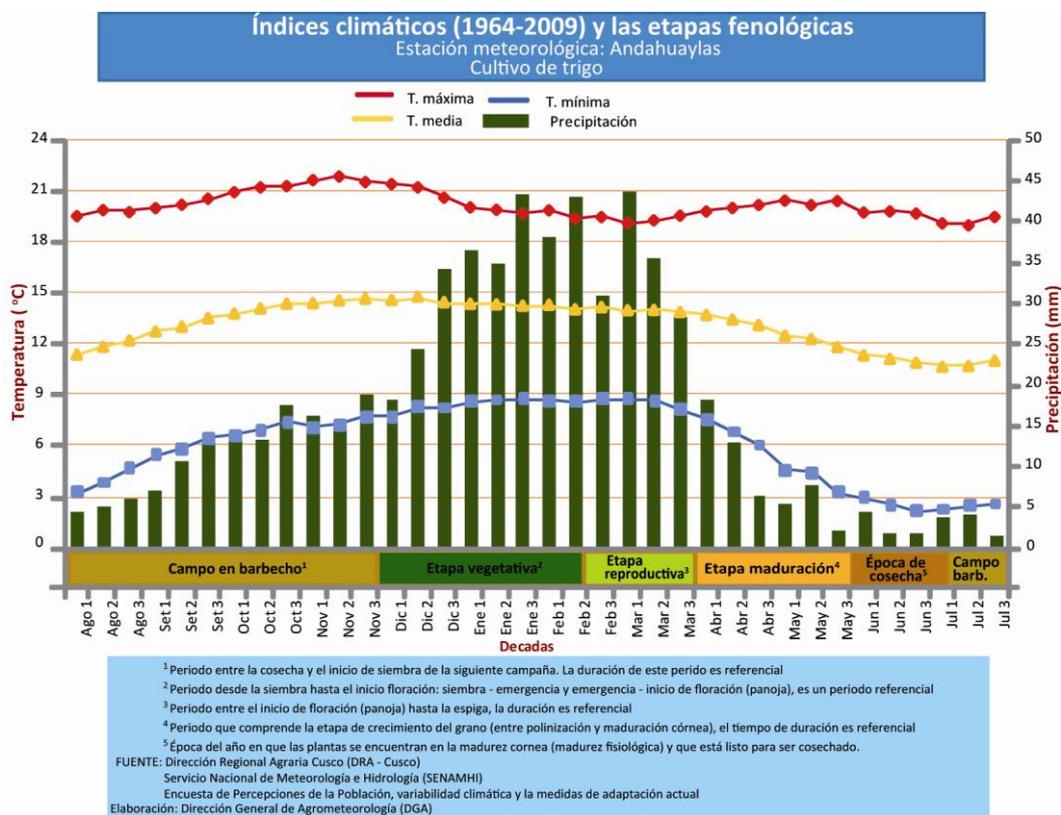


Figura 41. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de trigo

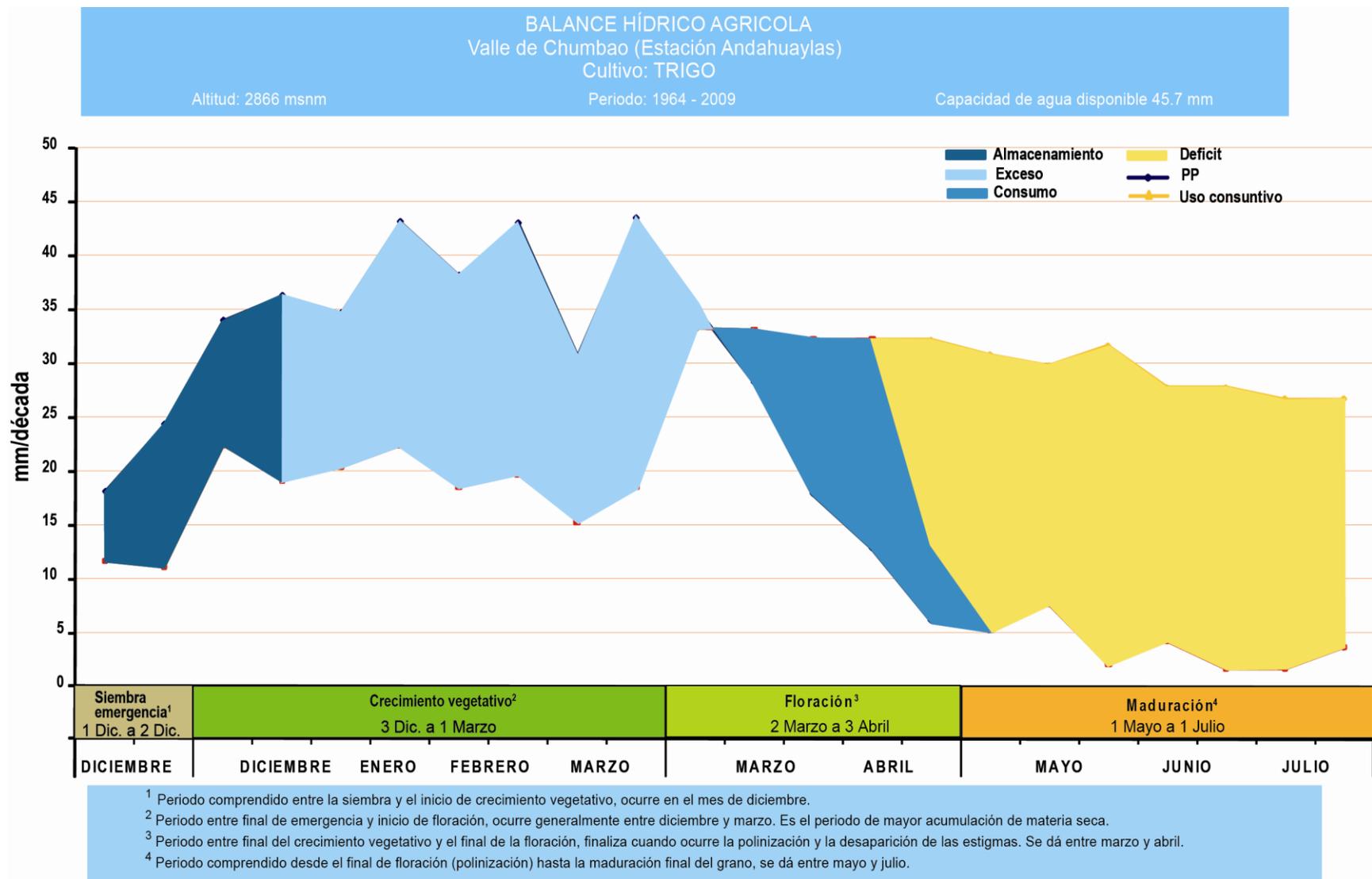


Figura 42. Balance hídrico agrícola para el cultivo de trigo en Andahuaylas

6.2.2.4.6 Cultivo de cebada

En promedio durante el período agrícola, las temperaturas media y máxima se encuentran dentro del rango óptimo, en tanto que la temperatura mínima dentro del umbral mínimo.

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 y un ligero déficit al final del periodo de maduración.

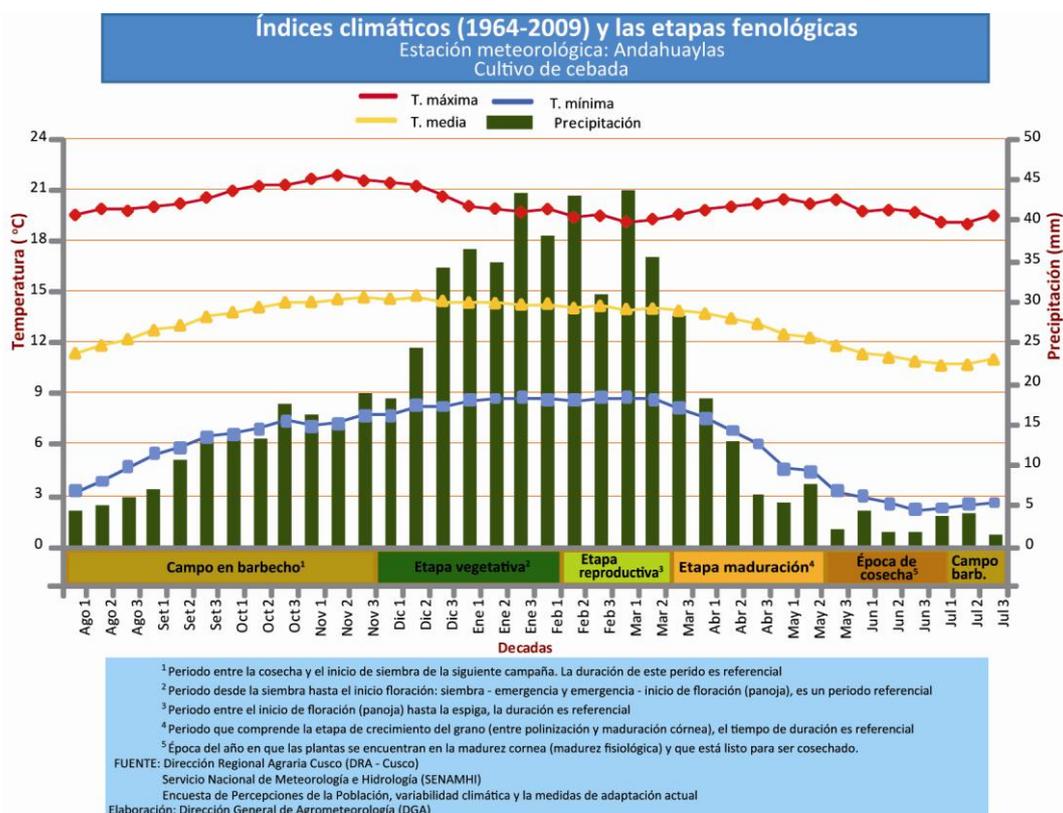


Figura 43. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de cebada

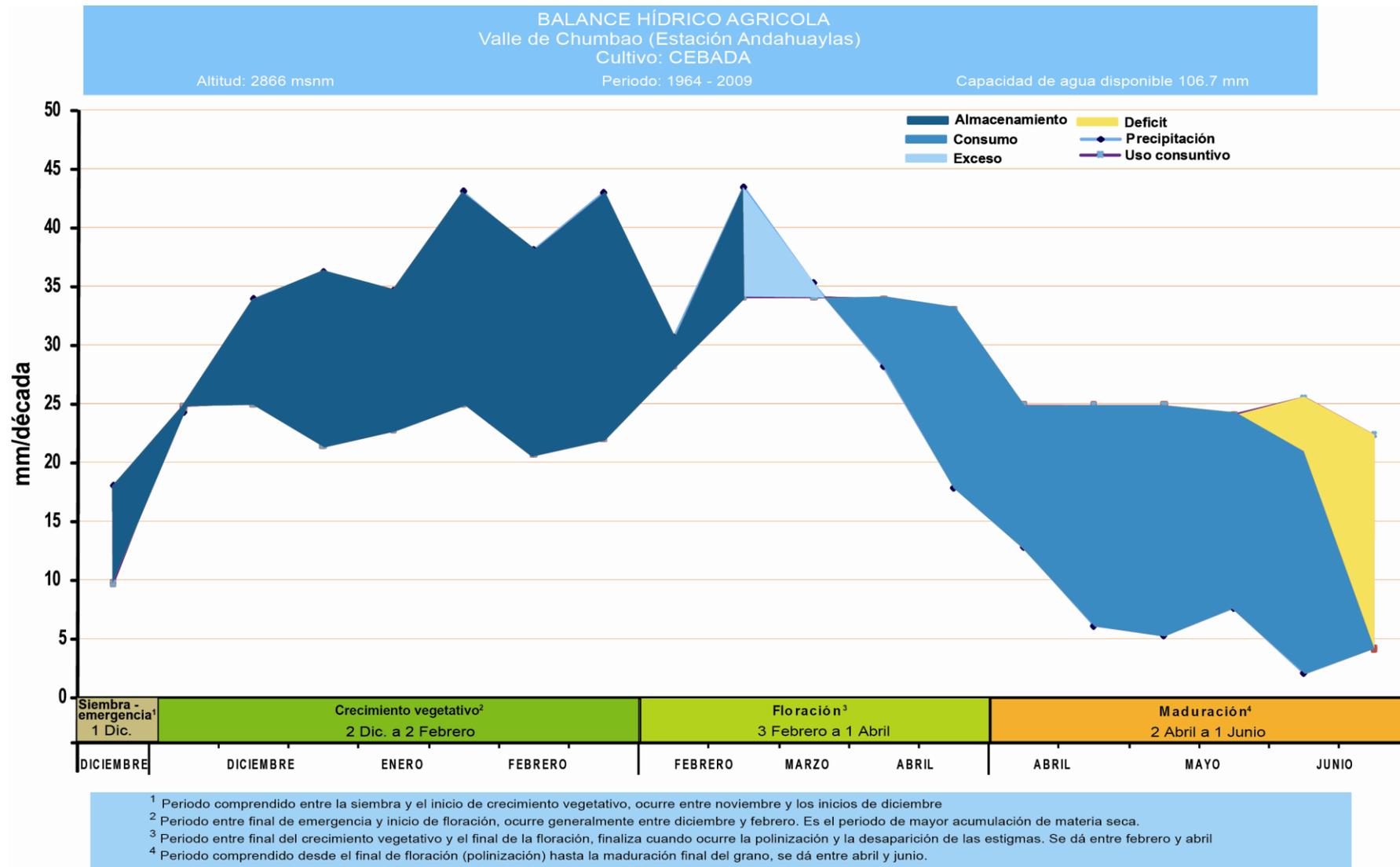


Figura 44. Balance hídrico agrícola para el cultivo de cebada en Andahuaylas

6.2.2.5 Eventos extremos

El distrito de Andahuaylas 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 58** y **figura 45** se presenta un análisis multianual de las heladas meteorológicas registradas durante el periodo 1964-2009 (No existen datos del 86 al 88, 91-92). El año 1994 registró una mayor frecuencia de heladas (66), en tanto que se observa una reducción de frecuencia de heladas en la última década. La frecuencia media anual es de 14 heladas.

Tabla 58. Frecuencia multianual de heladas meteorológicas

Años	Total de Heladas	Años	Total de Heladas	Años	Total de Heladas	Años	Total de Heladas
1964	15	1976	15	1988	s/d	2000	28
1965	5	1977	8	1989	s/d	2001	35
1966	13	1978	22	1990	7	2002	0
1967	9	1979	21	1991	s/d	2003	0
1968	4	1980	4	1992	s/d	2004	0
1969	2	1981	9	1993	42	2005	1
1970	7	1982	s/d	1994	66	2006	1
1971	13	1983	s/d	1995	7	2007	1
1972	9	1984	s/d	1996	30	2008	1
1973	4	1985	s/d	1997	19	2009	1
1974	17	1986	s/d	1998	19		
1975	26	1987	s/d	1999	45		
Total						506	

S/d= Sin dato

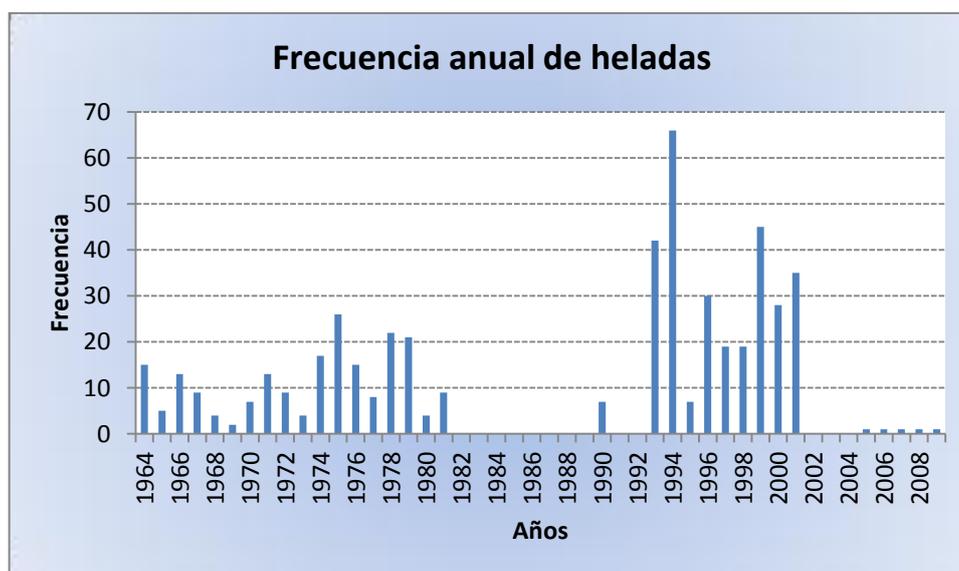


Figura 45. Frecuencia multianual de heladas meteorológicas

Frecuencia relativa de heladas

En la **tabla 59** y **figura 46** se observa que la mayor frecuencia de heladas se registra entre la tercera década de junio hasta la segunda década de julio (15 a 14,2% respectivamente). La estación de verano, cuando los cultivos por lo general se encuentran en crecimiento vegetativo no se registran heladas meteorológicas.

Tabla 59. Frecuencia relativa de heladas

Año		Total	%	Media	Máximo	Mínimo	Año		Total	%	Media	Máximo	Mínimo
ENE	1	0	0,0	0,0	0	0	JUL	1	70	13,8	1,9	8	0
	2	0	0,0	0,0	0	0		2	72	14,2	2,0	9	0
	3	0	0,0	0,0	0	0		3	57	11,3	1,6	9	0
FEB	1	0	0,0	0,0	0	0	AGO	1	40	7,9	1,1	8	0
	2	0	0,0	0,0	0	0		2	16	3,2	0,4	6	0
	3	0	0,0	0,0	0	0		3	6	1,2	0,2	1	0
MAR	1	0	0,0	0,0	0	0	SET	1	5	1,0	0,1	2	0
	2	0	0,0	0,0	0	0		2	2	0,4	0,1	2	0
	3	0	0,0	0,0	0	0		3	2	0,4	0,1	2	0
ABR	1	0	0,0	0,0	0	0	OCT	1	2	0,4	0,1	2	0
	2	2	0,4	0,1	1	0		2	2	0,4	0,1	2	0
	3	3	0,6	0,1	2	0		3	0	0,0	0,0	0	0
MAY	1	4	0,8	0,1	2	0	NOV	1	0	0,0	0,0	0	0
	2	9	1,8	0,3	6	0		2	1	0,2	0,0	1	0
	3	30	5,9	0,8	6	0		3	0	0,0	0,0	0	0
JUN	1	45	8,9	1,3	5	0	DIC	1	0	0,0	0,0	0	0
	2	62	12,3	1,7	8	0		2	0	0,0	0,0	0	0
	3	76	15,0	2,1	9	0		3	0	0,0	0,0	0	0
									3209	100			

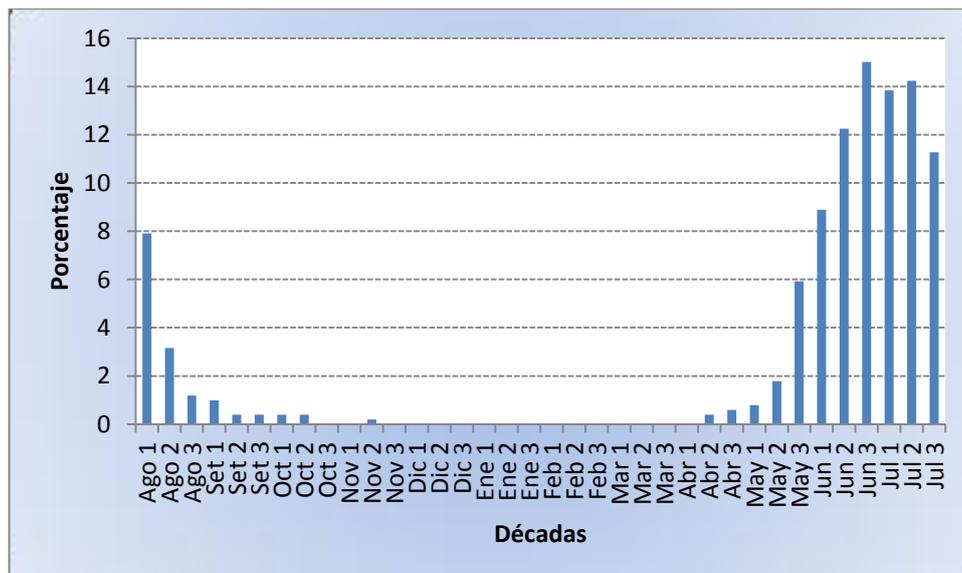


Figura 46. Frecuencia relativa decadal de heladas en Andahuaylas

Fecha media de la primera y última helada y su variabilidad

Tomando en cuenta tanto las heladas meteorológicas y agronómicas, en la **tabla 60** se muestra las fechas medias de la primera y última helada para 5 temperaturas críticas. Para la helada meteorológica de cero grados la fecha media de la primera helada ocurre el 4 junio y la fecha media de la última helada el 3 de agosto. La variabilidad está representada por la desviación estándar, la primera helada tiene una variabilidad de ± 26 días de la fecha media, lo cual significa que la primera helada puede ocurrir desde el 9 de mayo. Por otro la desviación estándar de la última helada es ± 32 días de la fecha media, lo que significa que la última helada se puede dar hasta el 3 de setiembre.

Tabla 60. 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	04 junio	07 mayo	25 marzo	04 febrero	13 enero	08 enero
	Desviación Estándar	26	26	46	40	30	30
	Máxima	23 agosto	02 julio	01 julio	01 julio	01 julio	01 julio
	Mínima	15 abril	16 enero	04 enero	02 enero	02 enero	02 enero
	Intensidad Media	-0,7	1,1	3,3	5,3	6,9	8
	Desviación Estándar	0,7	1,1	0,7	0,8	1,1	1,7
Últimas heladas	Fecha Media	03 agosto	04 octubre	22 noviembre	17 diciembre	21 diciembre	28 diciembre
	Desviación Estándar	32	43	30	13	31	7
	Máxima	14 noviembre	28 diciembre	31 enero	31 enero	31 enero	31 enero
	Mínima	09 junio	25 julio	15 setiembre	10 agosto	23 junio	30 noviembre
	Intensidad Media	-0,4	1,6	3,2	5,2	6,5	8,1
	Desviación Estándar	0,6	0,5	0,7	0,9	1,4	1,8
Período libre de heladas	Fecha Media	313	213	121	43	23	6
	Desviación Estándar	81	61	61	37	61	8

En la **figura 47** se muestra la variación multianual de las fechas de la primera y última helada. Se observa que 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.

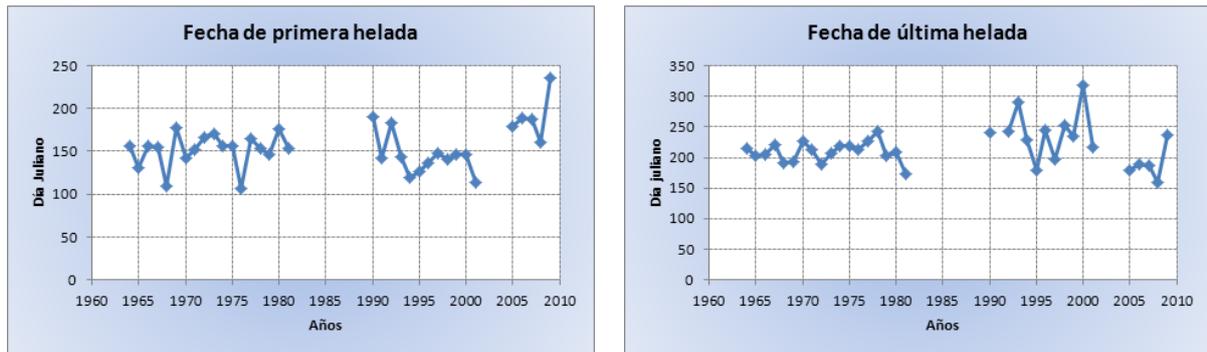


Figura 47. Variación multianual de las fechas de la primera y última helada en Andahuaylas

Intensidad de las heladas

La intensidad de las heladas se mide por el valor que alcanza la helada y éstas se clasifican por intervalos de clases térmicas (Da Motta, 1961). En la **tabla 61** se observa que del total de heladas ocurridas desde 1 964 al 2 009, el 76,3% fueron suaves, 17,6% moderadas, 3,8% fuertes, 2,1 % muy fuertes y el 0,2% fueron heladas severas. No se presentaron heladas muy severas.

Tabla 61. Intensidad de heladas

Andahuaylas		
Heladas	Frecuencia	%
Suaves	399	76,3
Moderados	92	17,6
Fuerte	20	3,8
Muy fuerte	11	2,1
Severa	1	0,2
Muy severa	0	0,0
Total	523	100,0

Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada

La utilización de los diferentes niveles de probabilidad de ocurrencia 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.

A manera de ejemplo, si deseamos saber la ocurrencia de la primera y última helada al 80%, éstas se presentarán el 20 junio y 8 de julio respectivamente, es decir que en 8 de cada 10 años no se presentan heladas antes del 20 de junio y tampoco después del 8 de julio, y el período libre de heladas al 80% de probabilidad sería de

345 días. Si definimos la probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada al 20%, estas se presentan el 14 mayo y 30 de agosto respectivamente, es decir 1 de cada 5 años no se presentarían heladas antes del 14 de mayo y tampoco después del 30 agosto, teniendo un período libre de heladas al 20% de 257 días (**tabla 62**).

Tabla 62. Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y período libre de heladas

Primeras heladas		Últimas heladas		Período libre de heladas
Probabilidad	Fecha	Probabilidad	Fecha	
90%	30 junio	90%	1 julio	365
80%	20 junio	80%	8 julio	347
70%	13 junio	70%	18 julio	330
60%	7 junio	60%	26 julio	316
50%	2 junio	50%	3 julio	302
40%	27 mayo	40%	11 agosto	289
30%	21 mayo	30%	20 agosto	274
20%	14 mayo	20%	30 agosto	257
10%	4 mayo	10%	13 setiembre	233

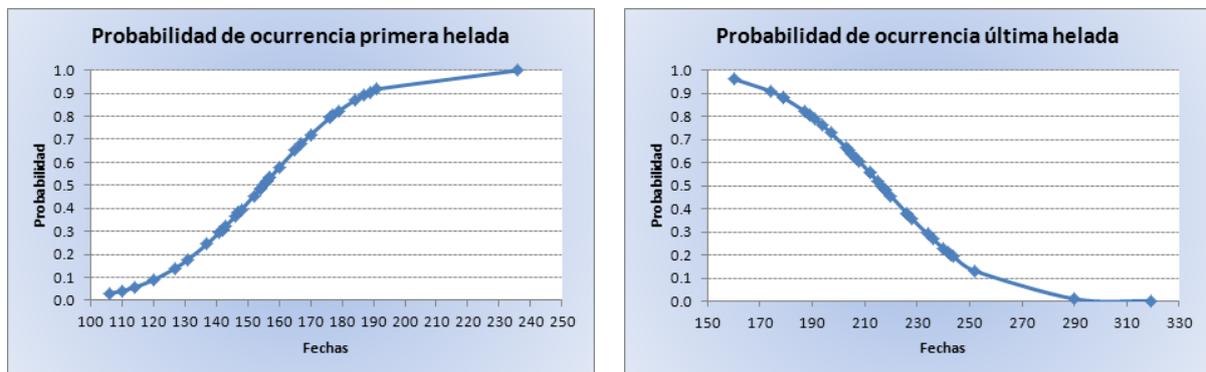


Figura 48. Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada en Andahuaylas

6.2.2.5.2 Sequías

En la **figura 49** se muestra el análisis de la frecuencia de índices húmedos y secos y el porcentaje que correspondiente a cada categoría. Se puede observar que los casos secos representan el 44,7% del total.

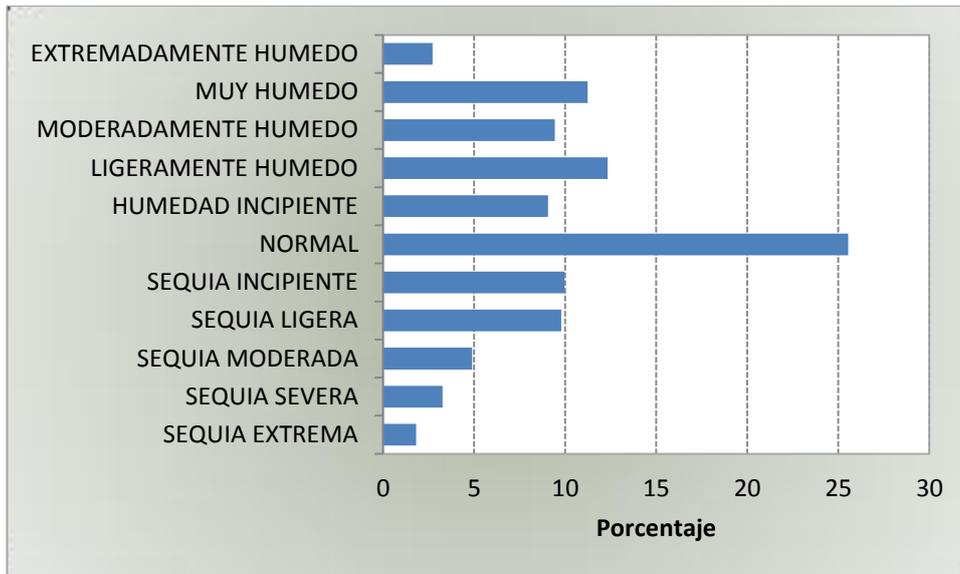


Figura 49. Frecuencia del Índice de sequía en Andahuaylas

Del período analizado (552 meses), en el 29,7% 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 10,6% y 9,8% respectivamente totalizando 20,4%. En la **figura 50** se analiza en forma mensual los porcentajes de ocurrencia de sequías, siendo marzo el que presenta la mayor frecuencia (39,13%) y los meses de marzo y abril los de menor número de casos (23,9%). Las sequías extremas se observan desde noviembre a enero (17,4%). El mayor porcentaje de sequías incipientes a moderadas (69,6%) se producen en el mes de julio.

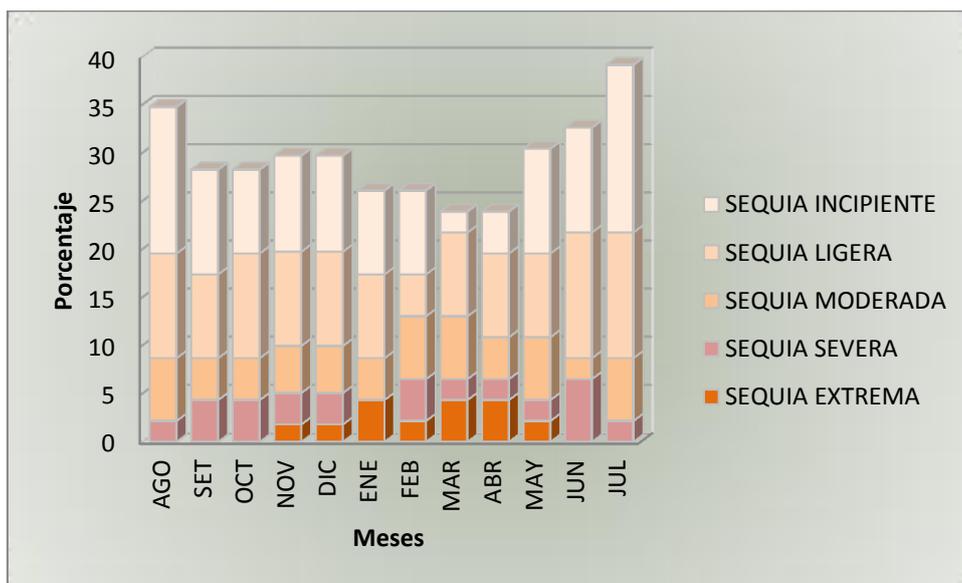
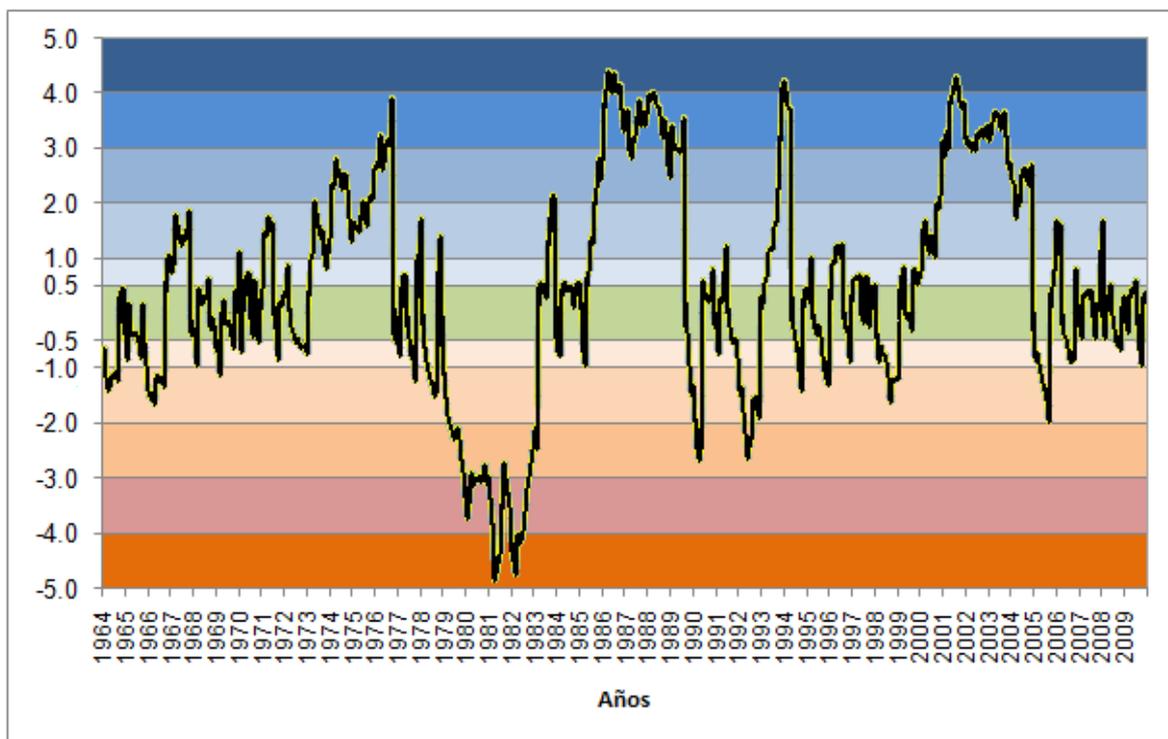


Figura 50. Porcentaje mensual de sequías en Andahuaylas

En la **figura 51** se presenta la distribución temporal de los índices de sequía desde 1964 hasta 2009. Se observa que la sequía extrema registrada en el período 1979-1983, fue una de las sequías más prolongadas, con 50 meses de sequía ininterrumpida y un índice de sequía máximo de $-4,85$.

También se registraron sequías de diferente magnitud; por ejemplo los años 1964 y 1966 mostraron sequías ligeras; desde 1977 hasta 1983 con diferentes intensidades; los años 1990 y 92 con sequías moderadas y los años 1994, 1996, 1998 y 2005 sequias ligera.

En cambio, en los años 1986, 1993 y 2001 los índices húmedos incrementaron en intensidad, presentando años extremadamente húmedos.



Sequía extrema	≤ -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	≥ 4
Normal	0,49 a -0,49		

Figura 51. Índice de severidad de sequía en Andahuaylas

6.2.3 Microcuenca de Mollebamba

La evaluación de las condiciones agroclimáticas de la microcuenca del río Mollebamba se realizó a través de la información meteorológica de las estaciones de Chalhuanca y Antabamba, cuyo record de información es el siguiente:

Estación	Provincia	Distrito	Longitud	Latitud	Altitud (m)	Parámetro	Período		Total
							Inicio	Fin	
Antabamba	Antabamba	Antabamba	72° 53'1	14° 22'1	3639	Humedad relativa	1964	1975	12
						Precipitación	1964	1975	12
						Temperatura máxima	1964	1975	12
						Temperatura mínima	1964	1975	12
						Velocidad del viento	1964	1975	12
Chalhuanca I	Aymaraes	Cotarusi	73° 10'45	14° 23'34	3358	Humedad relativa	1999	2009	11
						Precipitación	1999	2009	11
						Temperatura máxima	1999	2009	11
						Temperatura mínima	1999	2009	11
						Velocidad del viento	1999	2009	11

El análisis se realizó a nivel decadal (10 días), para la campaña agrícola noviembre a mayo y los cultivos priorizados de papa nativa, trigo, cebada y pastos cultivados.

Clima

El clima del distrito de Juan Espinoza Medrano es semiárido (D), con nulo o pequeño exceso de agua (d) y Megatermal (A')

6.2.3.1 Régimen de las variables climáticas

En la **tabla 63** se muestra las condiciones climáticas promedio para la campaña agrícola, así como los valores extremos promedio de la temperatura y precipitación.

Con respecto a otros parámetros climáticos registrados durante la campaña agrícola; la evapotranspiración potencial total anual varía entre 1 340 y 1 660 mm, con mayores valores en la tercera década de octubre (51 a 61 mm/década) y valores más bajos en la tercera década de junio (26 a 36 mm/década).

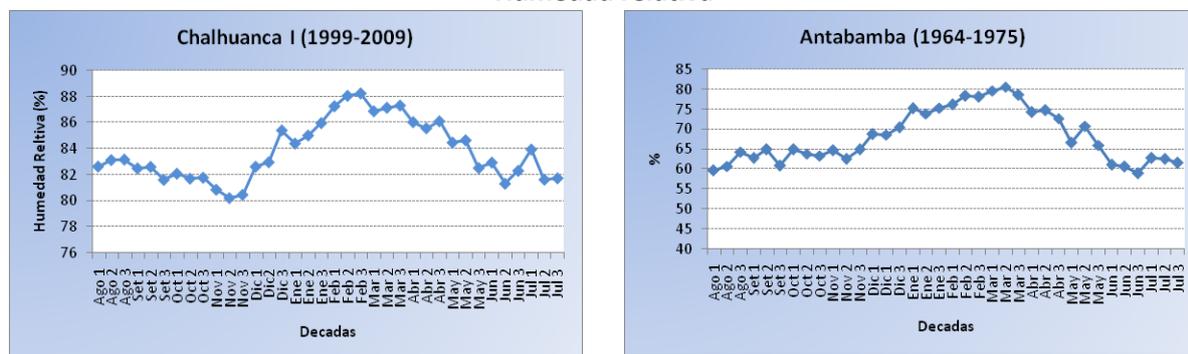
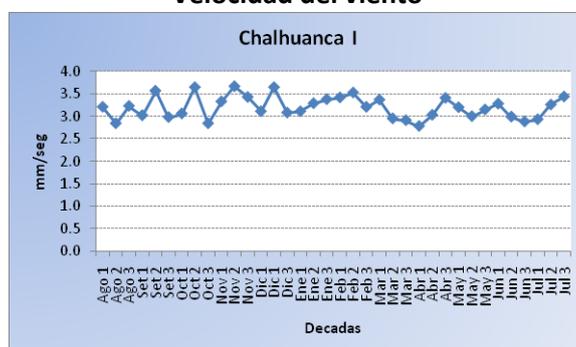
La humedad relativa media varía entre 68 y 84%, la máxima promedio decadal se registra entre la tercera década de febrero y segunda década de marzo (80 a 89%) y la más baja en noviembre y junio (**figura 52**).

La velocidad del viento promedio es de 3,7 m/s. La variación anual es muy irregular alcanzando valores máximos de 3,7 m/s y mínimos de 2,0 m/s.

Tabla 63. Valores promedio y extremos decadales para temperatura y precipitación

Estación	Media	Máxima	Mínima	Década más cálido		Década más fría		Oscilación térmica
Antabamba	11,2	18,1	4,3	21,0	2da. noviembre	1,3	3ra. mayo	19,7
Chalhuanca I	13,1	20,8	5,4	23,4	2da. noviembre	1,3	3ra. mayo	22,1

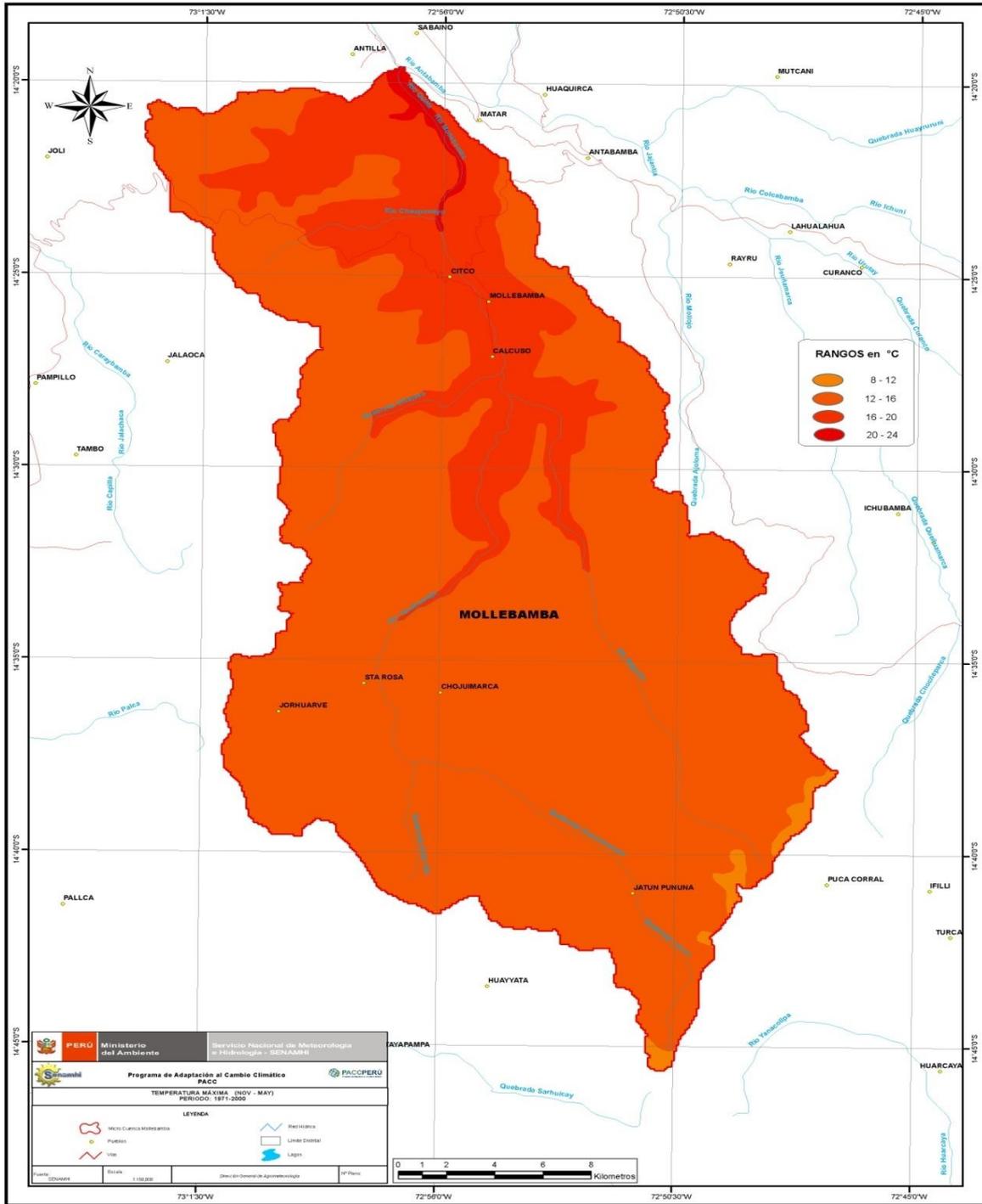
Estación	Total	Década más lluviosa		Década más seca		% período	
		Precipitación	Década	Precipitación	Década	noviembre-mayo	junio-octubre
Antabamba	710,7	68,7	2da. febrero	3,1	1ra. mayo	86,6	13,4
Chalhuanca I	641,7	64,6	3ra. enero	2,5	3ra. mayo	86,0	14,0

Humedad relativa**Velocidad del viento****Figura 52.** Comportamiento temporal de la humedad relativa, viento y horas de sol en Antabamba y Chalhuanca**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.

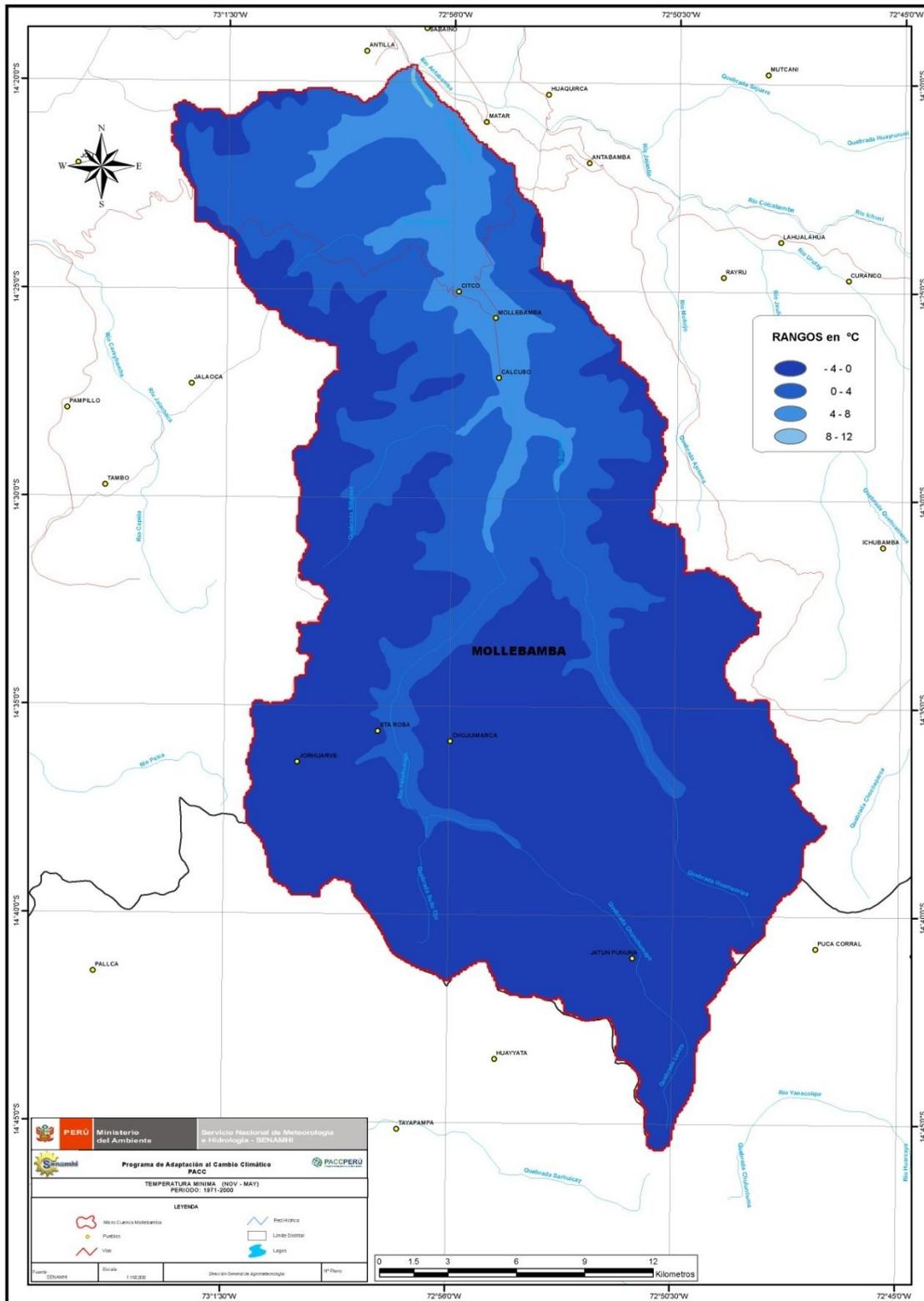
En cuanto a la temperatura máxima, en la parte más baja bordea los 20 a 24 °C; a lo largo de las riberas del río Mollebamba, la temperatura se encuentra entre 16 a 20 °C similar a lo registrado en Antabamba y Chalhuanca; hacia las partes más elevadas se registran valores de temperatura máxima entre 12 a 16 °C (**mapa 19**).

Mapa 19. Distribución espacial de la temperatura máxima en la Microcuenca de Mollebamba



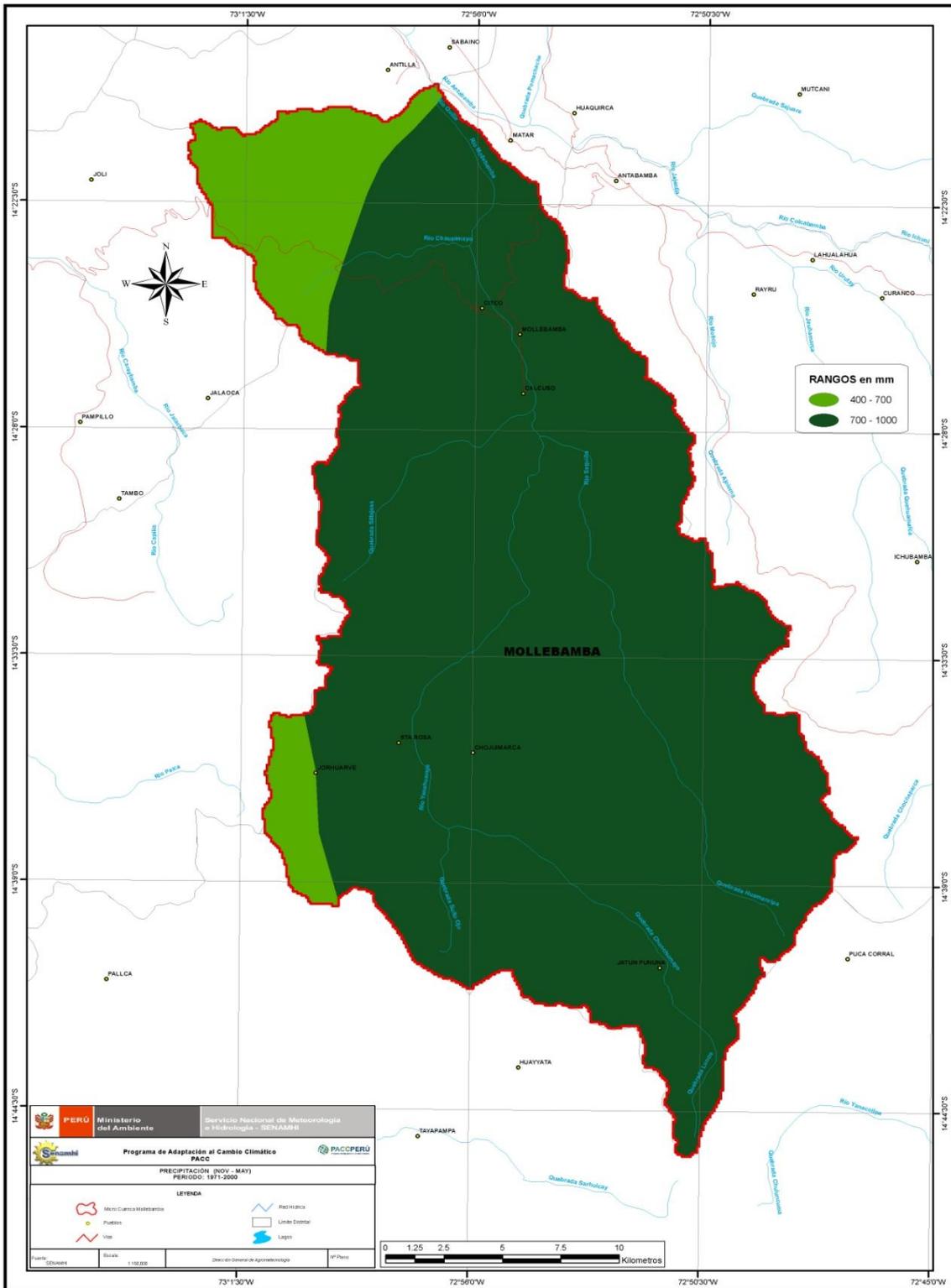
En cuanto a la temperatura mínima, a lo largo de la ribera del río predominan las temperaturas mínimas entre 4 a 8 °C, al igual que Antabamba y Chalhuanca, hacia las partes más elevadas disminuye entre 0 a 4 °C a inferiores (**mapa 20**).

Mapa 20. Distribución espacial de la temperatura mínima en la Microcuenca de Mollebamba



La precipitación para la campaña agrícola noviembre-mayo (**mapa 21**) en la microcuenca presenta dos zonas, la primera hacia el noroeste y sureste de la microcuenca con valores que varían entre 400 y 700 mm y la segunda que abarca la mayor parte de la cuenca con valores que van desde 900 hasta los 1 000 mm..

Mapa 21. Distribución espacial de la precipitación en la Microcuenca de Mollebamba



6.2.3.3 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 Antabamba y Chalhuanca I respectivamente.

Antabamba

El mayor número de días secos consecutivos se registró entre los años 1969 a 1970 (con 4 a 6 meses), asimismo presentaron menor frecuencia de lluvias. Las décadas más lluviosas son la tercera de febrero, primera y segunda de marzo.

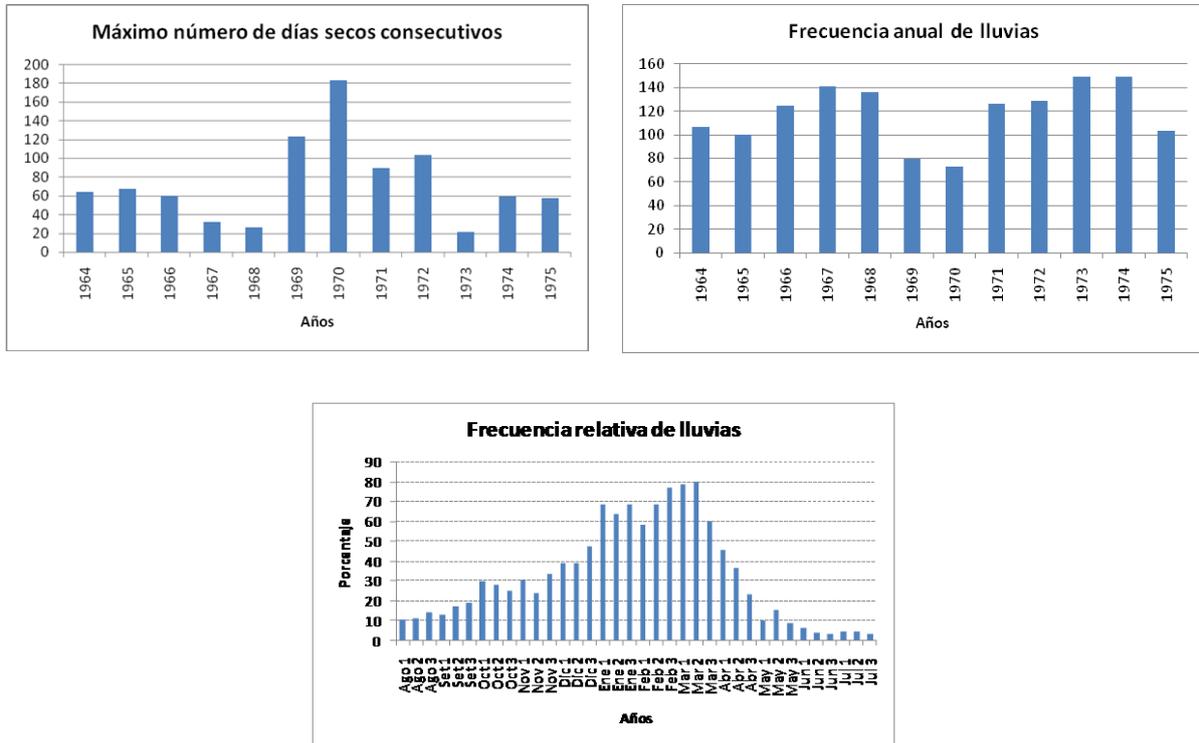


Figura 53. Periodos secos y frecuencia de lluvias en Antabamba

Chalhuanca

Los años 2005, 2006 y 2009 fueron los que mayor número de días secos consecutivos presentaron. Mientras que los años 2000 a 2002 presentaron mayores frecuencias de días con precipitación. En tanto que la década más lluviosa es la primera de febrero.

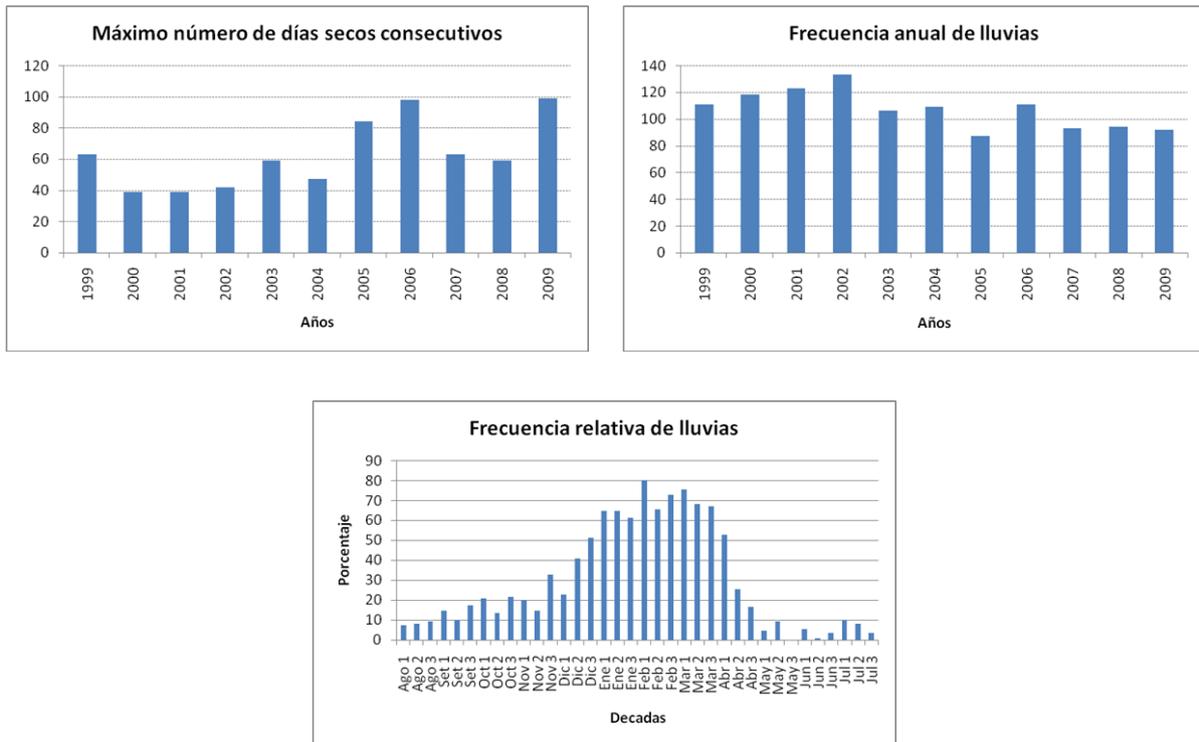


Figura 54. Periodos secos y frecuencia de lluvias en Chalhuanca

6.2.3.4 Evaluación Agroclimática de los cultivos priorizados

Se evalúa agroclimáticamente los cultivos de papa nativa, cebada y alfalfa 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 período de crecimiento efectivo fue estimado a partir de los criterios de temperatura y humedad (precipitación).

La **tabla 64** y las **figuras 55 y 56** muestran, que dentro del período agrícola la temperatura del aire no es un factor limitante en ambas localidades. Mientras que la precipitación sí es 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 151 días para Antabamba y de 121 días para Chalhuanca.

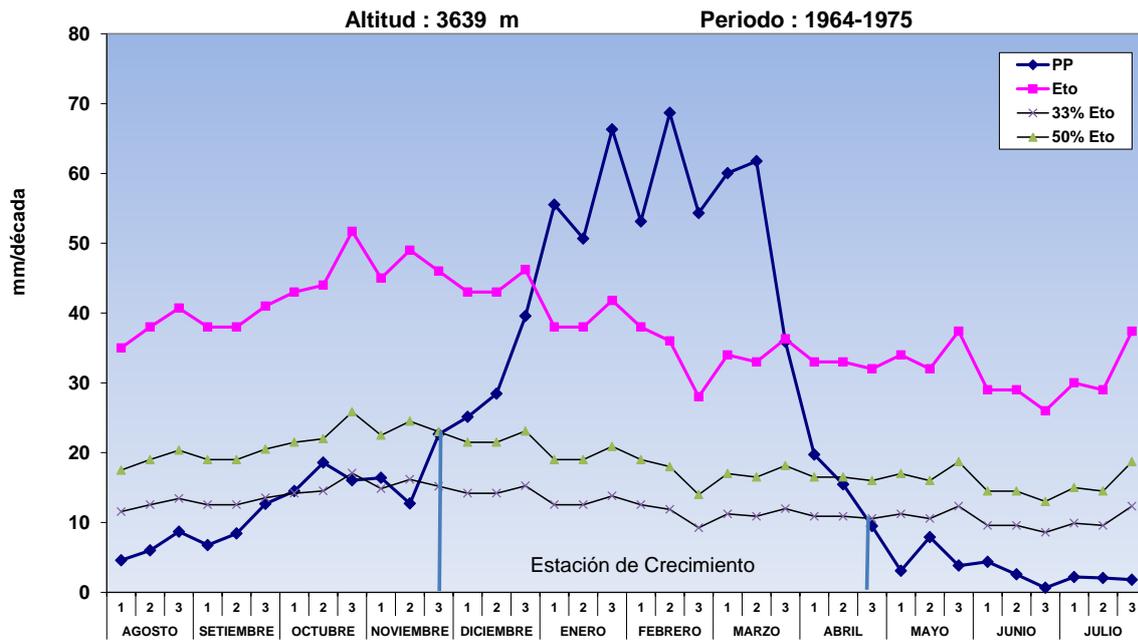


Figura 55. Período de crecimiento por humedad para Antabamba

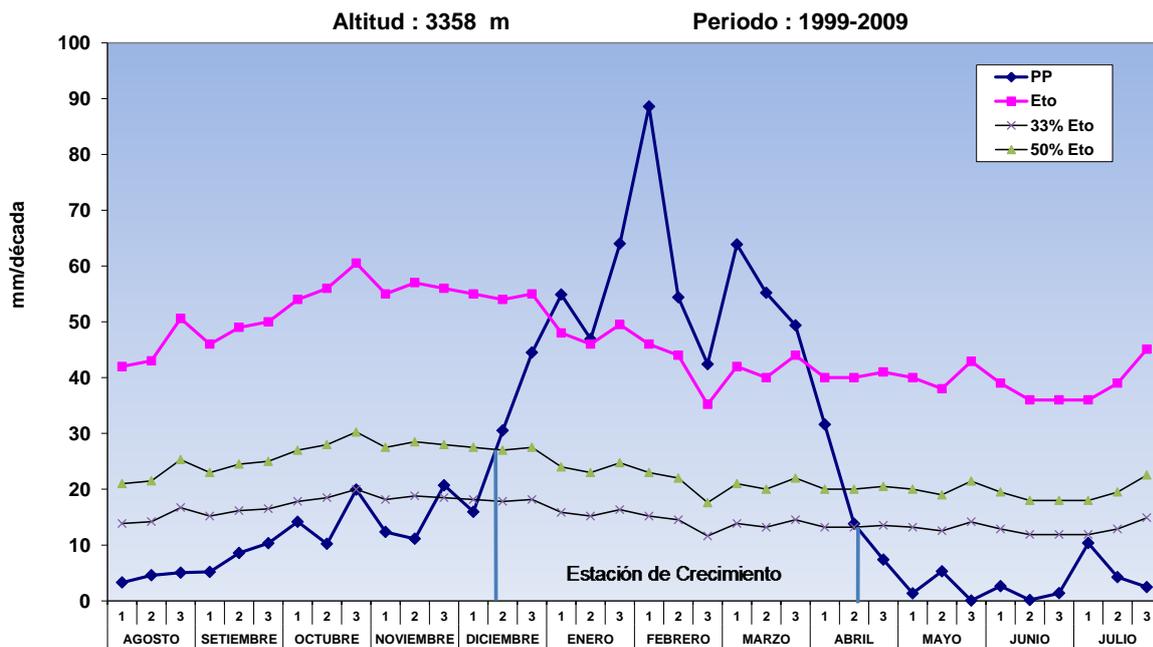


Figura 56. Período de crecimiento por humedad para Chalhuanca I

Tabla 64. Período de crecimiento efectivo

Estación	Por humedad			Por temperatura			Por humedad y temperatura		
	Inicio	Fin	Días	Últimas heladas	Primeras heladas	Duración	Período	Días	
Antabamba	3ra. dec. noviembre	2da. dec. abril	151	10 setiembre	27 abril	227	3ra. Dec. noviembre	2da. dec. abril	151
Chalhuanca	3ra. dec. diciembre	2da. dec. abril	121	30 setiembre	10 mayo	220	3ra. dec. diciembre	2da. dec. abril	121

6.2.3.4.2 Cultivo de Cebada

La temperatura media y máxima registrada en la zona se presenta dentro de los valores óptimos para el cultivo; mientras que la temperatura mínima se encuentra dentro del umbral mínimo para el crecimiento y desarrollo del cultivo de cebada.

El total de precipitación registrado en toda la campaña agrícola se encuentra dentro del rango óptimo; asimismo, su distribución es adecuada y llega a cubrir las necesidades hídricas del cultivo durante toda la campaña agrícola. Incluso se producen ligeros excesos en los meses de febrero y marzo. Aunque hay un ligero déficit al final de la campaña agrícola, lo cual no afecta a este cultivo.

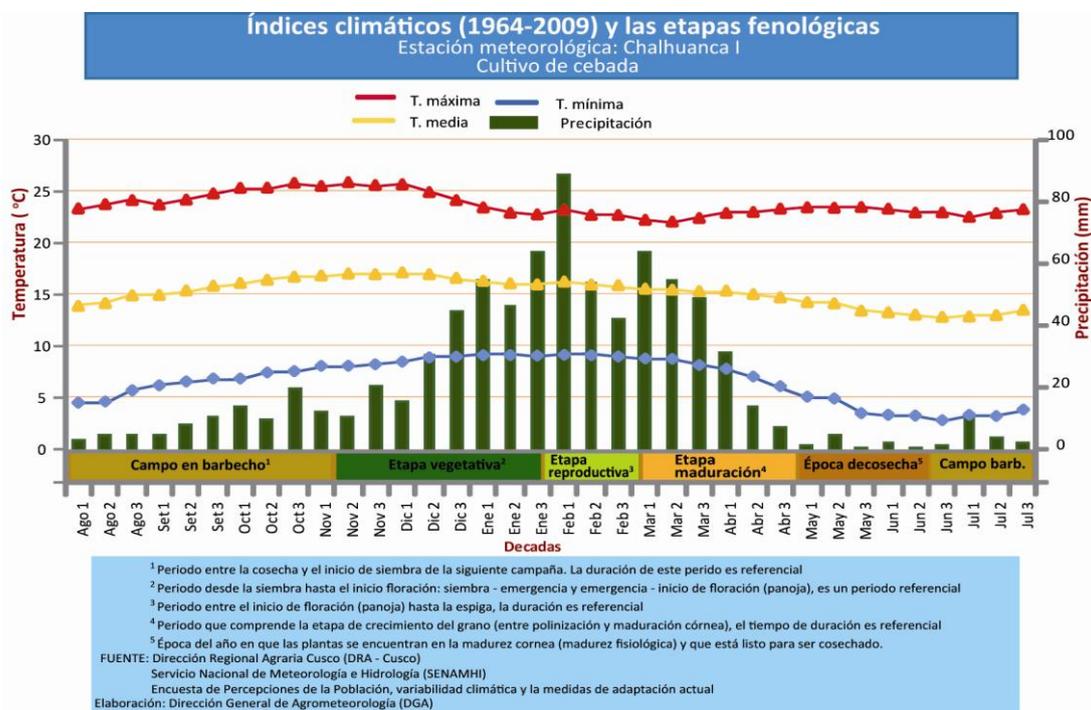


Figura 57. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de cebada

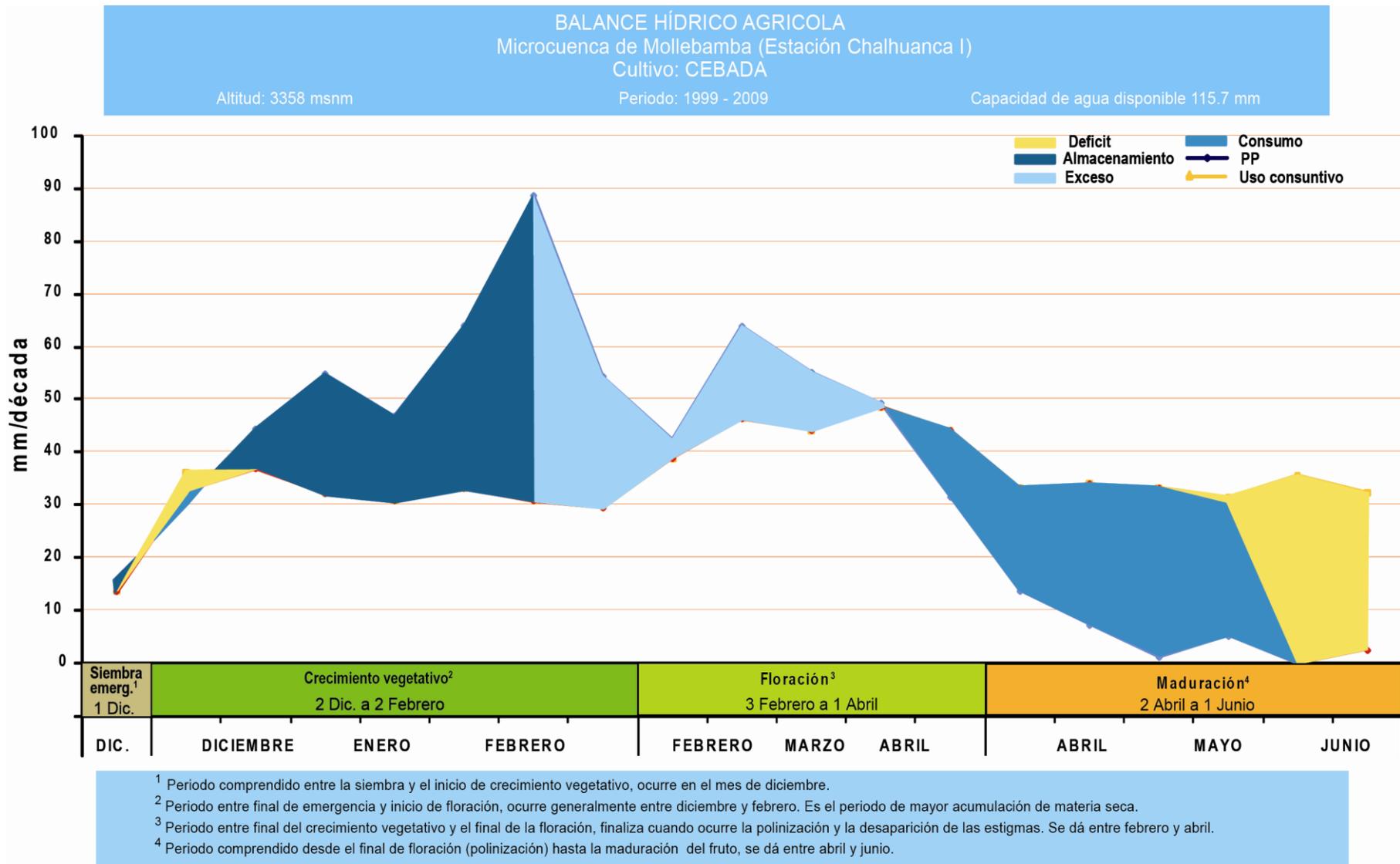


Figura 58. Balance hídrico agrícola para el cultivo de cebada

7.2.3.4.3 Cultivo de Alfalfa

La temperatura media de la zona se presenta dentro del rango óptimo para el crecimiento y desarrollo del cultivo; en tanto que las temperaturas máximas y mínimas se encuentran dentro de los umbrales máximo y mínimo respectivamente.

El total de precipitación registrado en toda la campaña agrícola se encuentra dentro del rango óptimo; sin embargo su distribución no favorece las etapas de crecimiento del cultivo, llegándose a cubrir las necesidades de agua durante los meses lluviosos, a partir de diciembre hasta fines de marzo. A partir de esta fecha hasta la segunda década de mayo el cultivo consume el agua almacenado en el suelo. El resto del año es necesario aplicar riego complementario (**figura 59**).

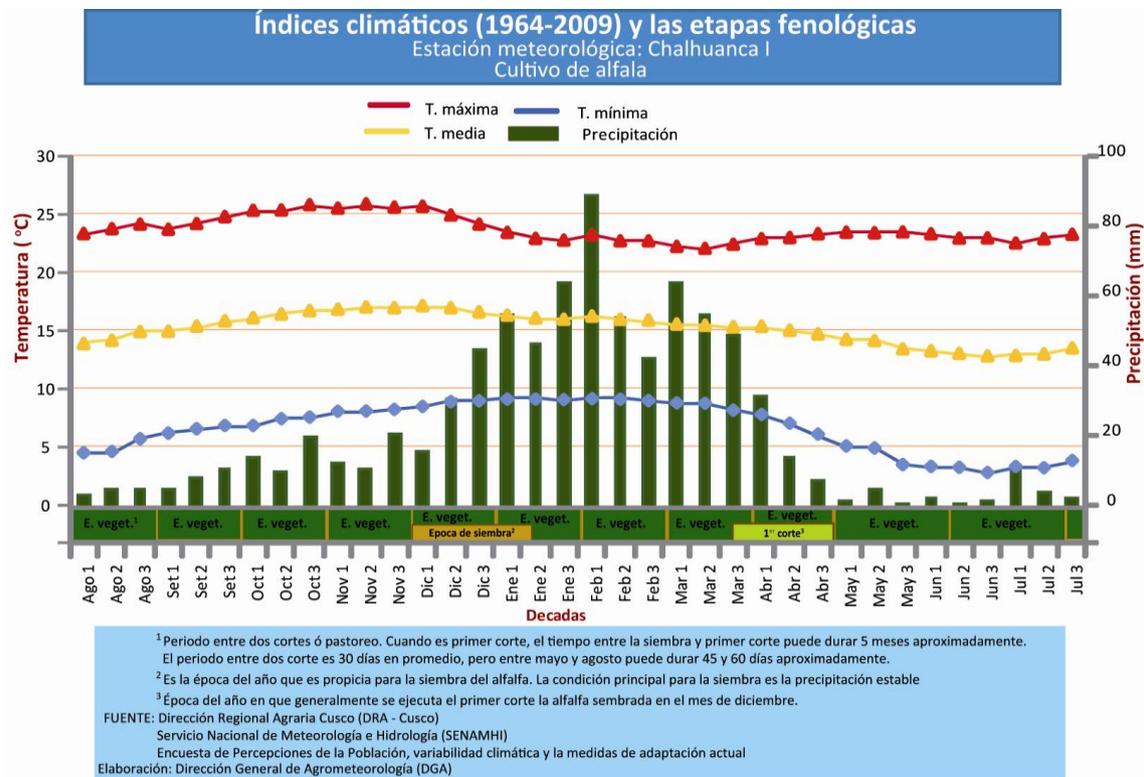


Figura 59. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de alfalfa

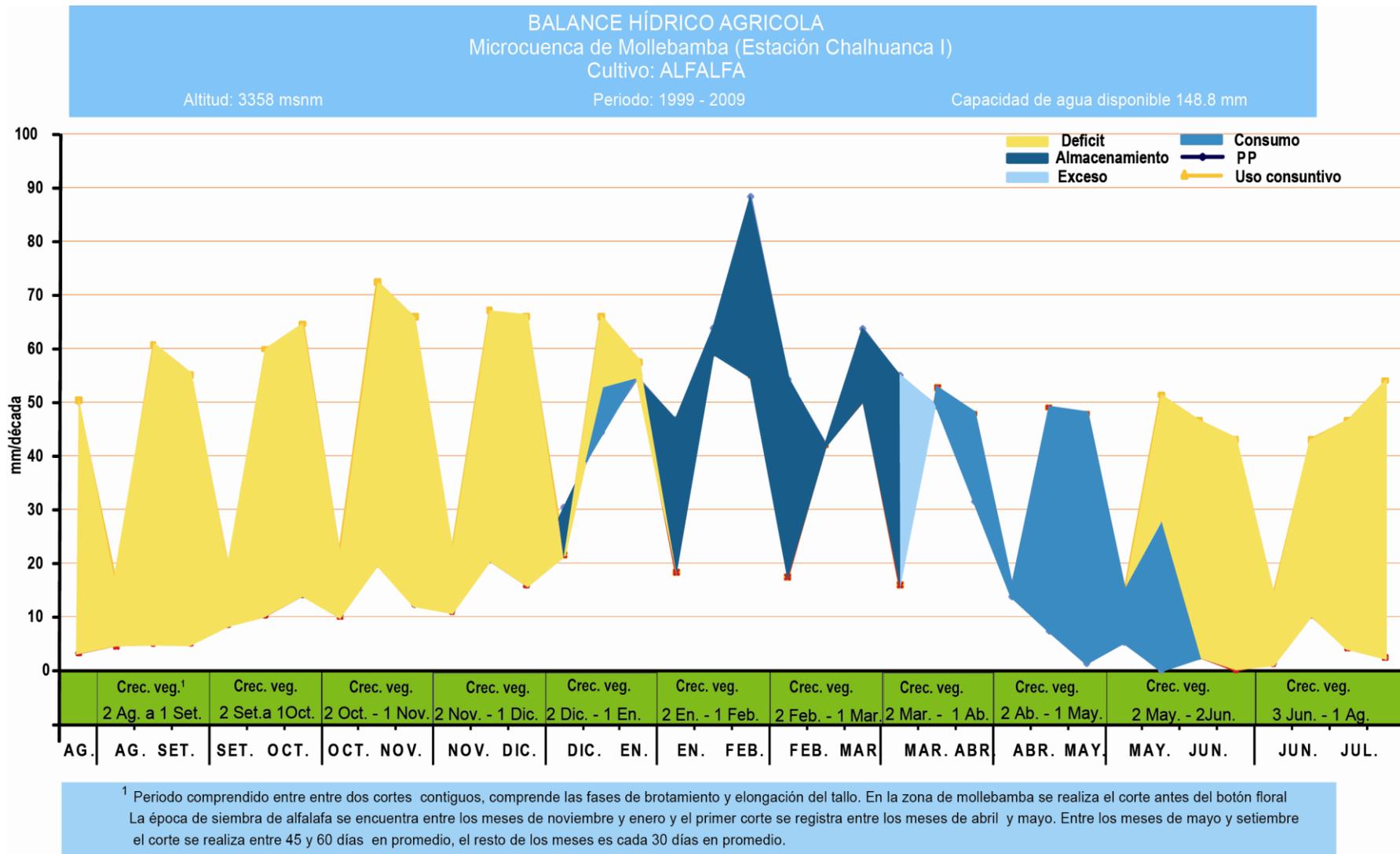


Figura 60. Balance hídrico agrícola para el cultivo de alfalfa

7.2.3.4.4 Cultivo de Papa nativa

La temperatura media de la zona se presenta ligeramente superior a la temperatura óptima para el cultivo de papa nativa; mientras que la temperatura máxima se encuentra fuera del umbral máximo y la temperatura mínima dentro del umbral mínimo para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Por lo que, para condiciones climáticas similares a Chalhuanca y a estas altitudes, la papa nativa no cuenta con el ambiente adecuado para su crecimiento y desarrollo, requiere menores temperaturas diurnas (**figura 61**).

Las precipitaciones registradas sí cubren las necesidades de agua de este cultivo, incluso se producen excesos a mediados de la fase de crecimiento y floración que puede favorecer la aparición de enfermedades fungosas. Al final de la etapa de maduración se produce un ligero déficit (**figura 62**).

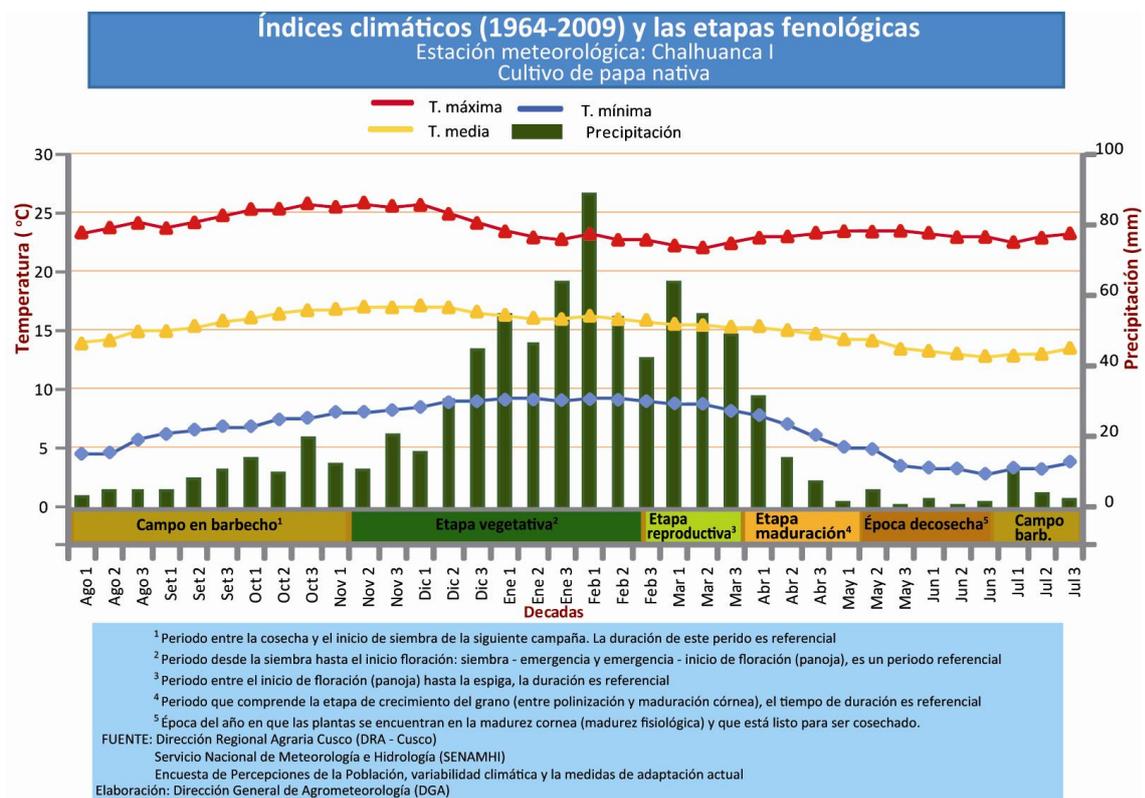


Figura 61. Distribución de las temperaturas y precipitación de acuerdo a etapas fenológicas del cultivo de papa nativa

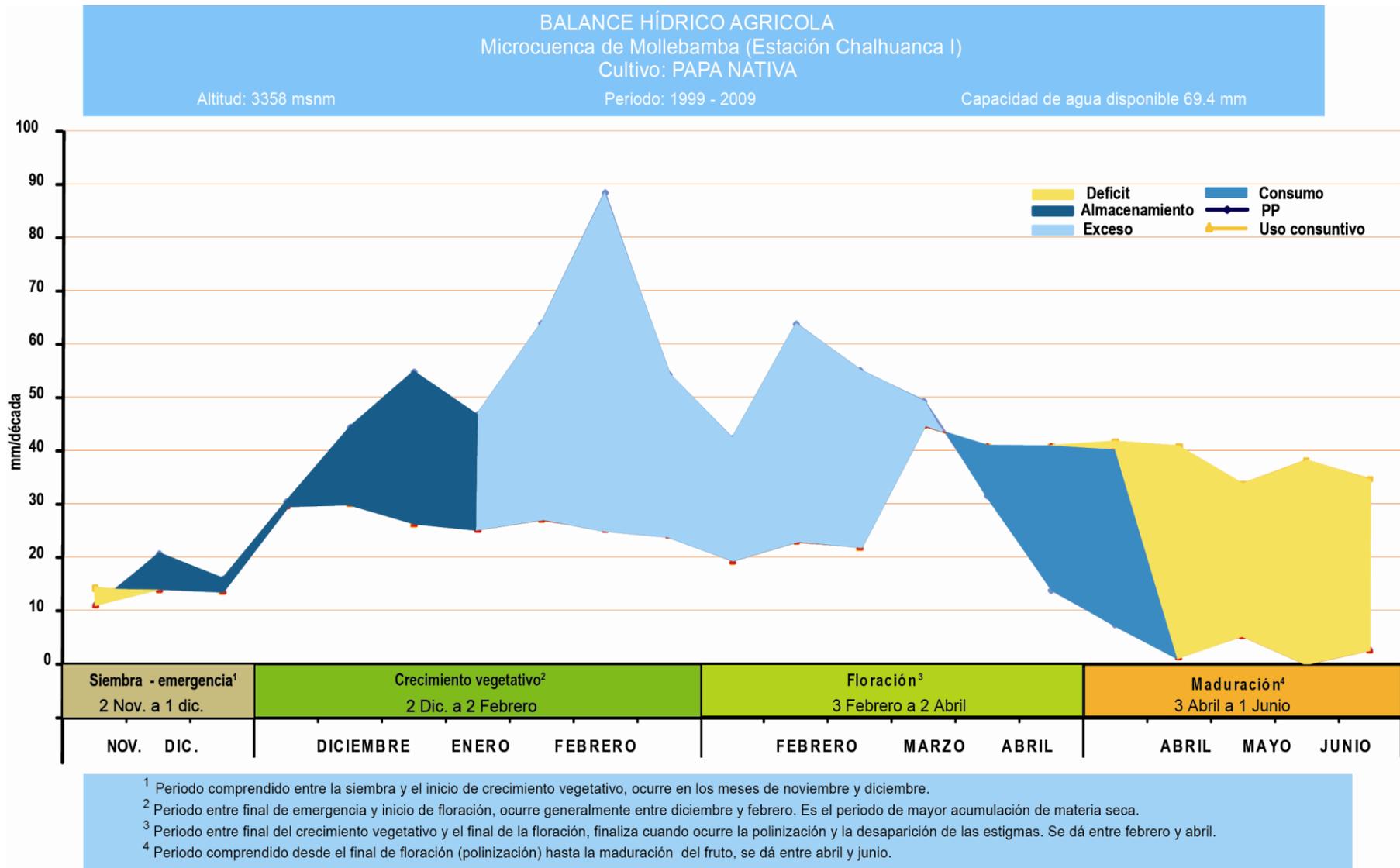


Figura 62. Balance hídrico agrícola para el cultivo de papa nativa

6.2.3.5 Eventos Extremos

Los eventos extremos que generalmente se registran en la microcuenca de Mollebamba son las heladas y las sequías.

6.2.3.5.1 Heladas

En la **tabla 65** y **figura 63** se presenta las heladas registradas en Chalhuanca para el periodo 1999-2009. Durante el año 2009 se registró el mayor número de heladas (63). La frecuencia media anual de ocurrencia de heladas es 25.

Tabla 65. Frecuencia multianual de heladas meteorológicas

Años	Total de Heladas	Años	Total de Heladas
1999	51	2005	21
2000	14	2006	17
2001	27	2007	5
2002	28	2008	22
2003	18	2009	63
2004	13		279

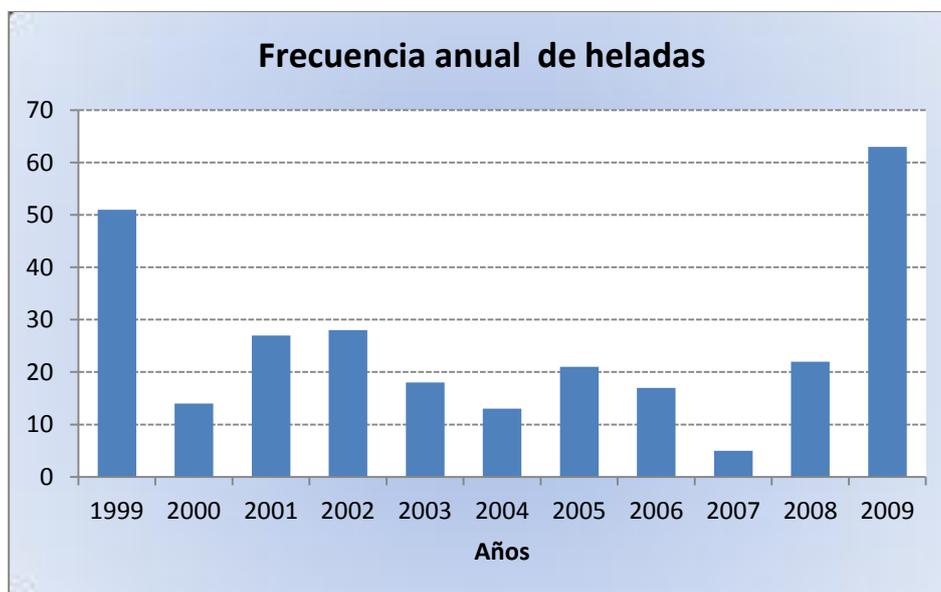


Figura 63. Frecuencia multianual de heladas meteorológicas en Chalhuanca

Frecuencia relativa de heladas

A nivel decadal, se observa que la mayor frecuencia de heladas en Chalhuanca, se da entre la tercera década del mes de mayo y la tercera década de julio con porcentajes que fluctúan entre 9 y 14%. No se registran heladas desde la primera

década de octubre hasta la tercera década de abril; excepto la segunda década de octubre y tercera de noviembre (tabla 66 y figura 64).

Tabla 66. Frecuencia relativa decadal de heladas

Año		Total	%	Media	Máximo	Mínimo	Año		Total	%	Media	Máximo	Mínimo
Ene	1	0	0,0	0,0	0	0	Jul	1	31	11,1	2,8	7	0
	2	0	0,0	0,0	0	0		2	27	9,7	2,5	5	0
	3	0	0,0	0,0	0	0		3	25	9,0	2,3	6	0
Feb	1	0	0,0	0,0	0	0	Ago	1	17	6,1	1,5	3	0
	2	0	0,0	0,0	0	0		2	18	6,5	1,6	8	0
	3	0	0,0	0,0	0	0		3	14	5,0	1,3	5	0
Mar	1	0	0,0	0,0	0	0	Set	1	5	1,8	0,5	2	0
	2	0	0,0	0,0	0	0		2	6	2,2	0,5	2	0
	3	0	0,0	0,0	0	0		3	3	1,1	0,3	2	0
Abr	1	0	0,0	0,0	0	0	Oct	1	0	0,0	0,0	0	0
	2	0	0,0	0,0	0	0		2	1	0,4	0,1	1	0
	3	0	0,0	0,0	0	0		3	0	0,0	0,0	0	0
May	1	13	2,7	0,4	6	0	Nov	1	0	0,0	0,0	0	0
	2	15	3,1	0,4	5	0		2	0	0,0	0,0	0	0
	3	54	11,0	1,5	8	0		3	1	0,4	0,1	1	0
Jun	1	53	10,8	1,4	10	0	Dic	1	0	0,0	0,0	0	0
	2	64	13,1	1,7	9	0		2	0	0,0	0,0	0	0
	3	54	11,0	1,5	10	0		3	0	0,0	0,0	0	0
								279	100				

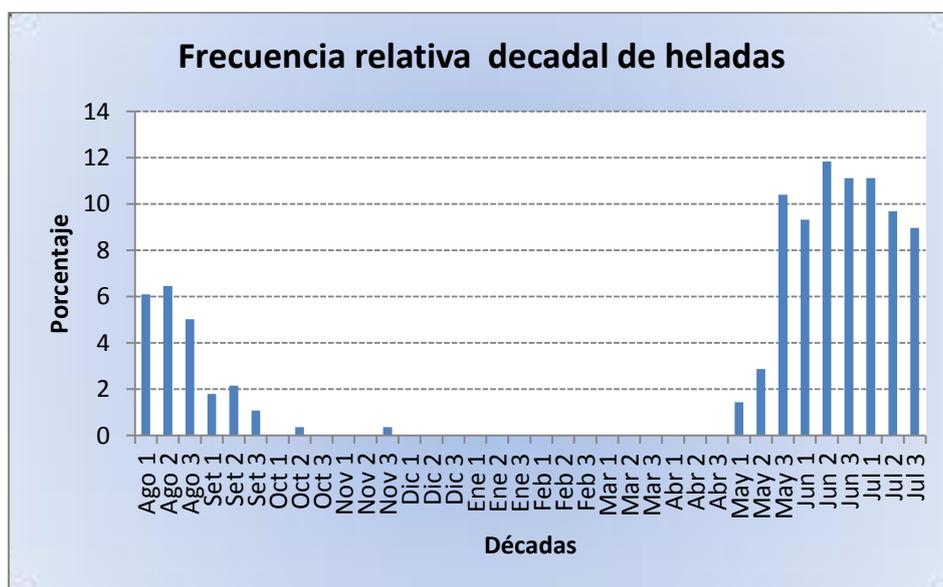


Figura 64. Frecuencia relativa decadal de heladas en Chalhuanca

Fecha media de la primera y última helada y su variabilidad

En la **figura 65** y **tabla 67** se muestra las fechas medias de la primera y última helada en Chalhuanca y Antabamba para 5 temperaturas críticas. Para la temperatura de cero grados (0 °C), la fecha media de la primera helada para Antabamba y Chalhuanca ocurren el 15 de mayo y 21 mayo respectivamente; mientras que la fecha media de la última helada el 23 de agosto y 4 setiembre respectivamente.

La variabilidad está representada por la desviación estándar, la primera helada tiene una variabilidad de ± 21 y ± 13 días de la fecha media; es decir que la primera helada puede ocurrir desde el 4 de mayo en Antabamba y desde el 8 de mayo en Chalhuanca. Por otro la desviación estándar de la última helada es ± 22 y ± 38 días de la fecha media, lo que significa que la última helada se puede presentar hasta el 6 de junio en Antabamba y hasta el 28 de junio en Chalhuanca.

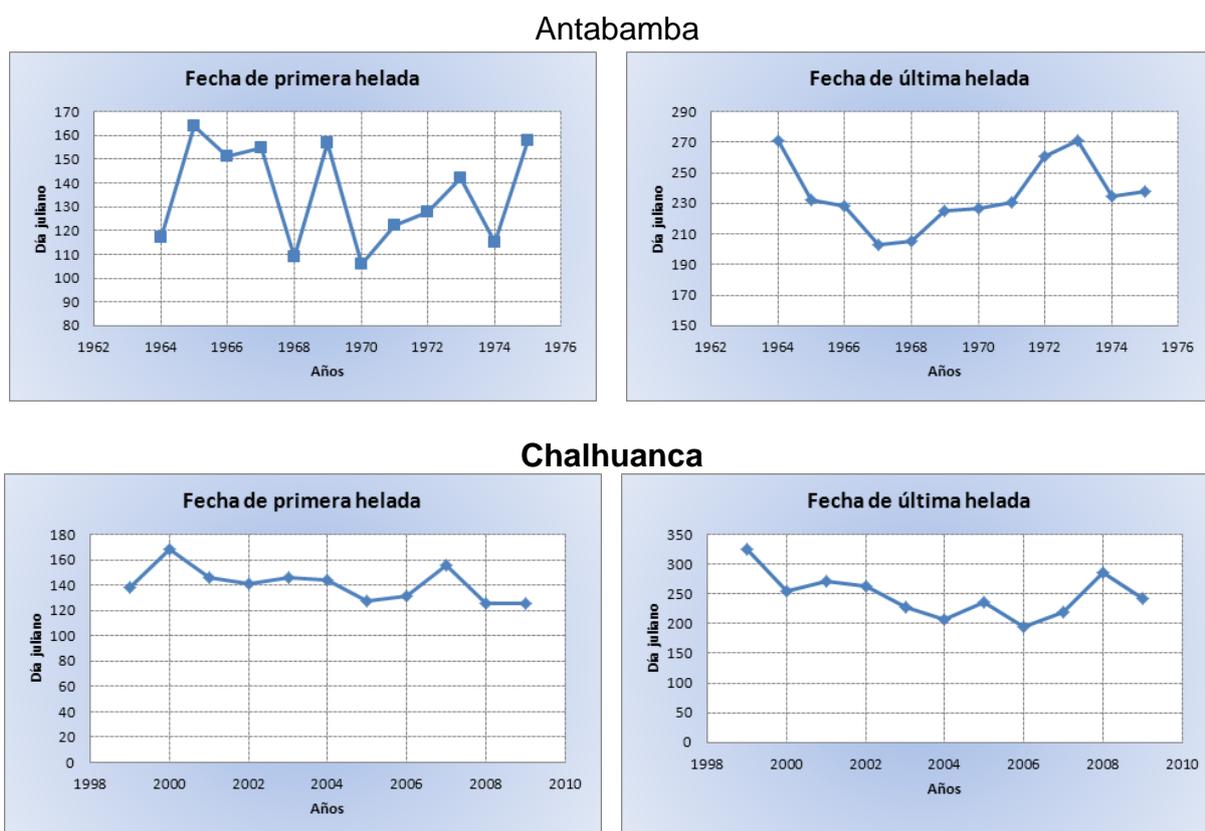


Figura 65. Variación multianual de las fechas de la primera y última helada

Tabla 67. Fecha media de la primera y última helada y período libre de heladas

		Temperaturas (°C)						
		0	2	4	6	8	10	
Chalhuanca	Primeras heladas	Fecha media	21 mayo	30 marzo	25 febrero	04 enero	02 enero	02 enero
		Desviación estándar	13	56	47	4	1	0
		Máxima	06 mayo	03 enero	02 enero	02 ene	02 enero	02 enero
		Minina	17 junio	14 junio	06 mayo	17 ene	04 enero	02 enero
		Intensidad media	-1,2	1,2	3,4	4,6	5,2	5,8
		Desviación estándar	0,8	0,9	0,5	1,1	1,7	2,2
	Últimas heladas	Fecha media	4 setiembre	19 noviembre	16 diciembre	28 diciembre	31 diciembre	31 diciembre
		Desviación estándar	38	32	19	2	1	0
		Máxima	14 julio	18 setiembre	27 octubre	22 diciembre	28 diciembre	30 diciembre
		Mínima	21 noviembre	28 diciembre	31 diciembre	31 diciembre	31 diciembre	31 diciembre
		Intensidad media	-0,5	1,4	3,1	4,5	6,2	6,7
		Desviación estándar	0,5	0,7	0,7	1,4	1,6	2
	Período libre de heladas	Fecha media	258	131	67	7	3	2
		Desviación estándar	37	74	63	6	1	1
	Antabamba	Primeras heladas	Fecha media	15 mayo	24 febrero	07 enero	03 enero	02 enero
Desviación estándar			21	42	7	1	1	1
Máxima			13 junio	11 mayo	24 enero	05 enero	04 enero	04 enero
Minina			16 abril	04 enero	02 enero	02 enero	02 enero	02 enero
Intensidad media			-0,6	1,1	3,6	4,8	5,5	4,7
Desviación estándar			0,7	0,9	0,5	1	1,3	1,6
Últimas heladas		Fecha media	23 agosto	22 octubre	19 diciembre	24 diciembre	25 diciembre	25 diciembre
		Desviación estándar	22	47	18	18	18	18
		Máxima	27 setiembre	26 diciembre	31 diciembre	31 diciembre	31 diciembre	31 diciembre
		Mínima	21 julio	29 agosto	27 octubre	27 octubre	27 octubre	27 octubre
		Intensidad media	-0,4	1,3	3	4,3	4,7	5,5
		Desviación estándar	0,4	0,6	1	1,5	1,6	1,3
Período libre de heladas		Fecha media	267	129	14	3	2	2
		Desviación estándar	29	56	8	1	0	0

Intensidad de las heladas

En Antabamba, del total de heladas registradas (1964 a 1975), el 84,7% fueron suaves, 14,4% moderadas y 0,9% fuertes (**tabla 68**). En Chalhuanca, durante el período 1999 al 2009, el 80,6% de las heladas fueron suaves, 18,3% moderadas y 1,1% fuertes.

Tabla 68. Intensidad de heladas

Heladas	Antabamba		Chalhuanca I	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Suaves	276	84,7	225	80,6
Moderados	47	14,4	51	18,3
Fuerte	3	0,9	3	1,1
Muy fuerte	0	0,0	0	0,0
Severa	0	0,0	0	0,0
Muy severa	0	0,0	0	0,0
Total	326	100,0	279	100,0

Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada

En las **tabla 69 y 70** se muestra la probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada así como el periodo libre de heladas para Antabamba y Chalhuanca respectivamente.

En la localidad de Antabamba, al 80% de probabilidad, la primera helada ocurre el 2 de junio y la última helada el 4 de agosto, 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 sería de 302 días. Si definimos la probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada al 20%, éstas se presentan el 27 de abril y 10 de setiembre respectivamente, o sea 1 de cada 5 años no se presentarían heladas fuera de ese período. Para esta probabilidad el período libre sería de 229 días.

En la localidad de Chalhuanca, al 80% de probabilidad, la primera helada se presenta el 1 de junio y la última helada el 28 de julio, 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 sería de 308 días. Si definimos la probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada al 20%, éstas se presentan el 10 de mayo y 30 de setiembre respectivamente, es decir en 1 de cada 5 años; no se presentarían heladas fuera de ese período. Para esta probabilidad el período libre sería de 222 días.

Tabla 69. Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y periodo libre de heladas para Antabamba

Primeras heladas		Últimas heladas		Periodo libre de heladas
Probabilidad	Fecha	Probabilidad	Fecha	
90%	12 junio	90%	25 julio	322
80%	2 junio	80%	4 agosto	302
70%	27 mayo	70%	11 agosto	289
60%	21 mayo	60%	17 agosto	277
50%	15 mayo	50%	23 agosto	266
40%	10 mayo	40%	28 agosto	255
30%	4 mayo	30%	3 setiembre	243
20%	27 abril	20%	10 setiembre	229
10%	18 abril	10%	20 setiembre	210

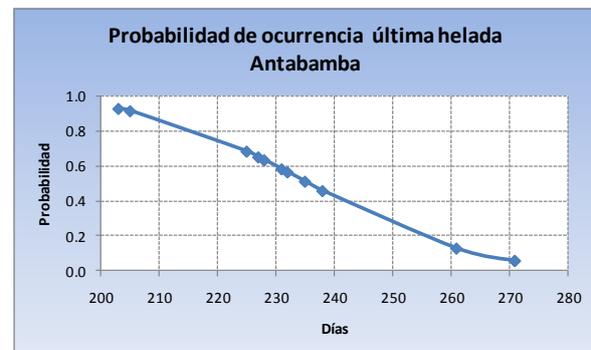
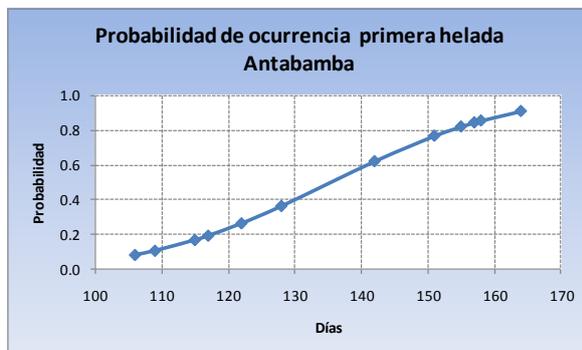


Figura 66. Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada para Antabamba

Tabla 70. Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada y periodo libre de heladas para Chalhuanca

Primeras heladas		Últimas heladas		Periodo Libre de Heladas
Probabilidad	Fecha	Probabilidad	Fecha	
90%	7 junio	90%	12 julio	330
80%	1 junio	80%	28 julio	308
70%	28 mayo	70%	9 agosto	292
60%	24 mayo	60%	19 agosto	278
50%	21 mayo	50%	29 agosto	265
40%	18 mayo	40%	8 setiembre	252
30%	14 mayo	30%	18 setiembre	238
20%	10 mayo	20%	30 setiembre	222
10%	4 mayo	10%	16 octubre	200

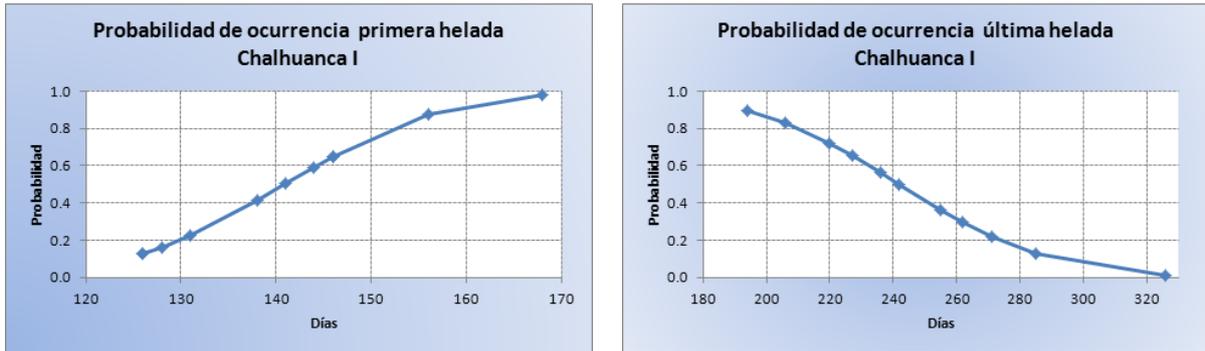


Figura 67. Probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada para Chalhuanca

7.2.3.5.2 Sequías

Antabamba

En la **figura 68** se muestra el análisis sobre la frecuencia de índices húmedos y secos en la estación de Antabamba. Se puede observar que los períodos secos representan un 57% del total, con distintos grados de intensidad. Las mayores frecuencias se encuentran en las categorías de sequía moderada y severa con el 17,4% y 15,3% respectivamente totalizando el 32,7%.

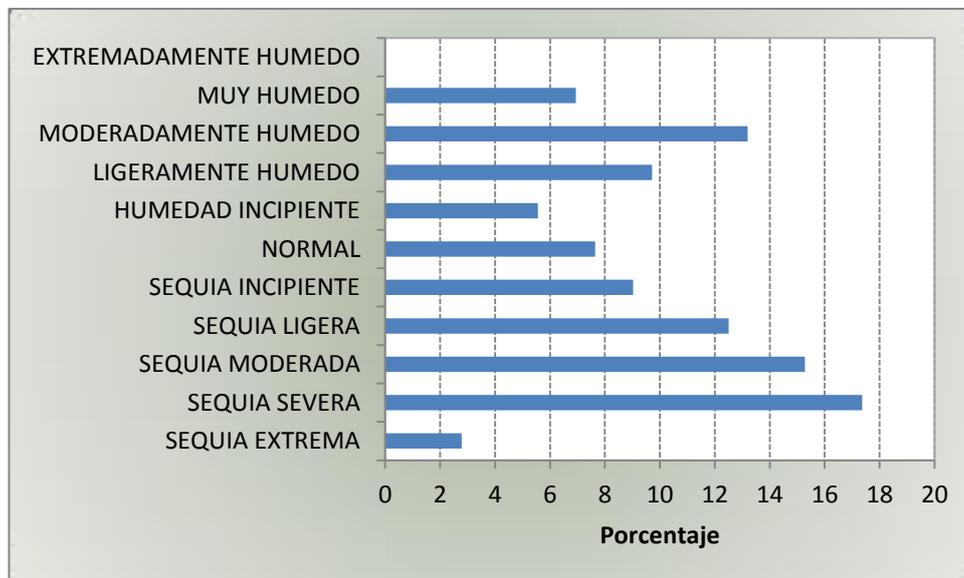


Figura 68. Frecuencia del Índice de sequía en Antabamba

En la **figura 69** se analiza en forma mensual la ocurrencia de sequías. Durante el periodo analizado se observa que en los meses de diciembre y mayo la frecuencia de sequías es menor y mayor frecuencia de sequías extremas desde febrero a abril.

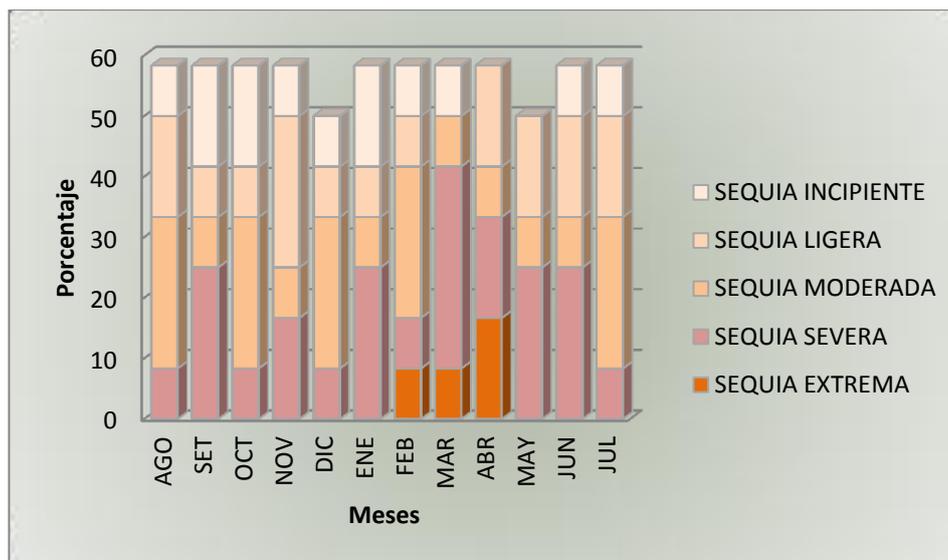
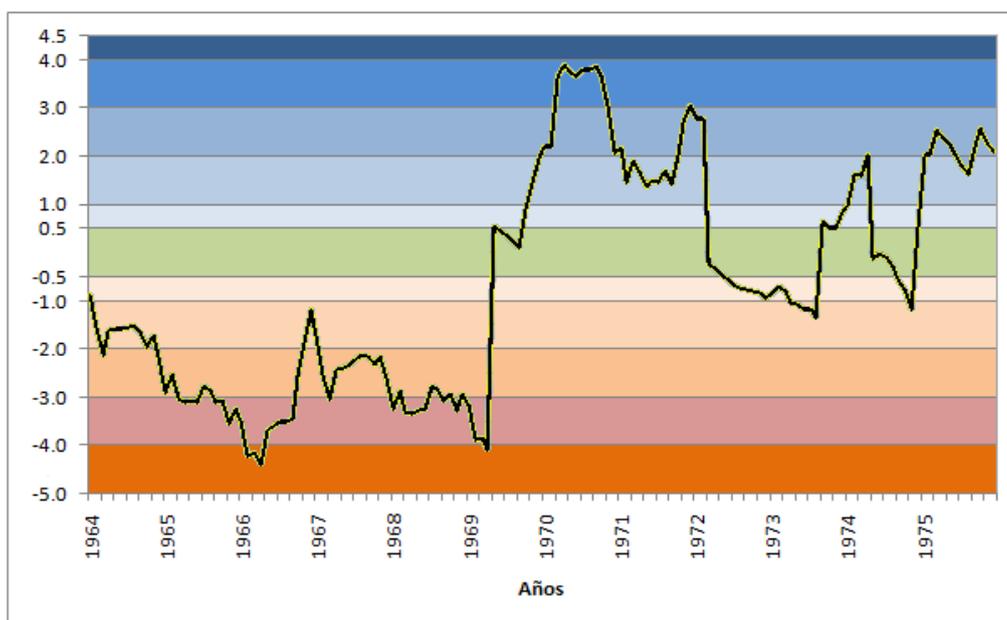


Figura 69. Porcentaje mensual de sequías en Antabamba

En la **figura 70** se presenta la distribución temporal de los índices de sequía desde 1964 hasta 1975 en Antabamba. De la serie analizada se observa dos periodos: en el primero periodo (1964-1969), la ocurrencia de sequías son más frecuentes y de intensidades desde ligeras hasta extremas; siendo la más intensa (-4,39) y prolongada (64 meses ininterrumpidos) la del periodo 1964-69. El segundo período desde (1970-1975) donde prevalecen los periodos húmedos, siendo el más intenso el del año 1970.



Sequía extrema	<=-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	>= 4
Normal	0,49 a -0,49		

Figura 70. Índice de Severidad de Sequía en Antabamba

Chalhuauca

En la **figura 71** se muestra el análisis sobre la frecuencia de índices húmedos y secos en la estación de Chalhuauca, se puede observar que predominan los casos húmedos (62,5%). De los 114 meses que corresponde al período estudiado, solo en el 14,6% de los casos ocurrieron sequías entre incipiente y moderada. Las mayores frecuencias se encuentran en las categorías de sequía incipiente y ligera el 8,3% y 4,2%, respectivamente totalizando el 12,5%.

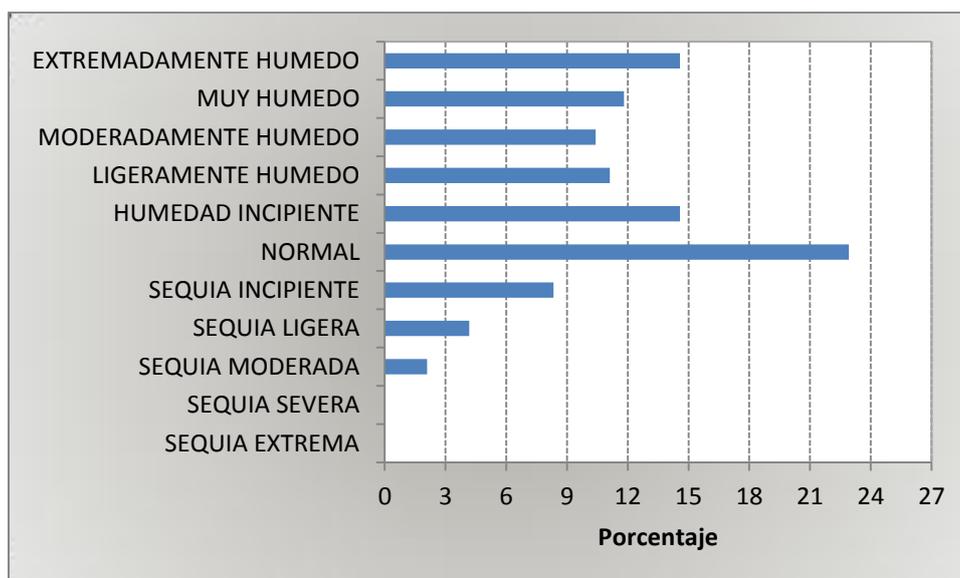


Figura 71. Frecuencia del Índice de sequía en Chalhuauca

En la **figura 72** se analiza en forma mensual los porcentajes de ocurrencia de sequías, donde los meses octubre y noviembre son los que presentan mayor frecuencia (25,0%) y los meses de agosto, diciembre, marzo, junio y julio los de menor número de casos. No se presentan sequías severas ni extremas.

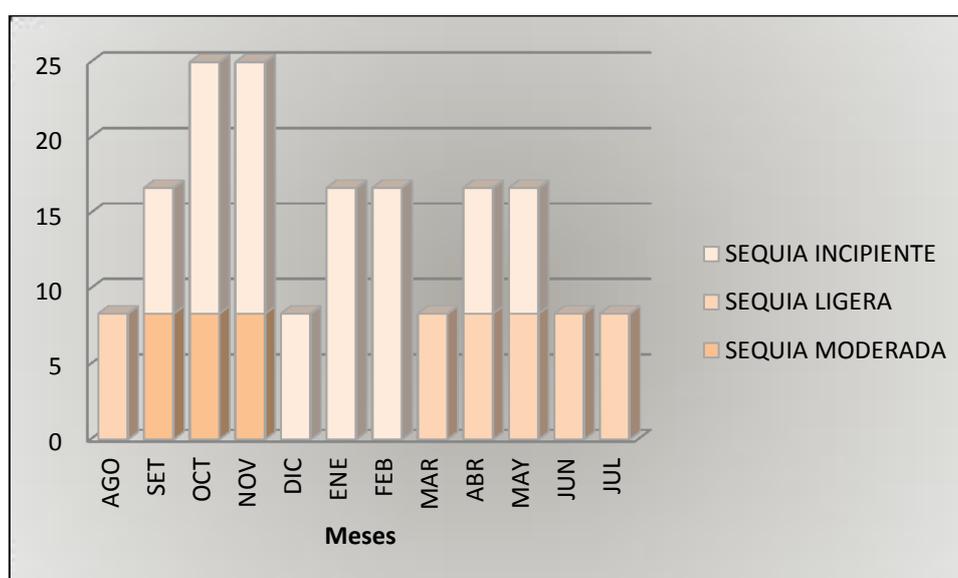
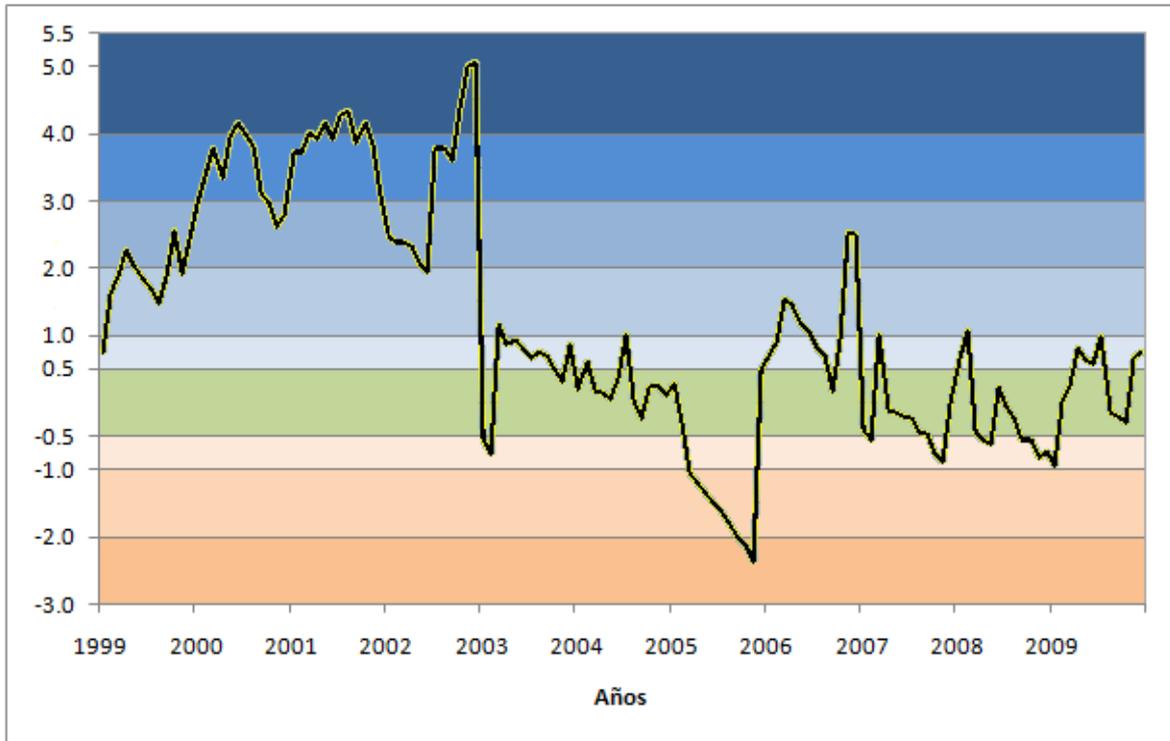


Figura 72. Porcentaje mensual de sequías en Chalhuauca

En la **figura 73** se presenta la distribución temporal de los índices de sequía desde 1999 hasta 2009. De la serie analizada se puede observar dos periodos, el primero desde 1999 al 2003, donde predominan los años húmedos, siendo el año 2002 el más húmedo. El segundo periodo (2003-2009), donde la mayoría de estos años fueron normales o con sequía incipiente, sólo el año 2005 se presentaron sequías entre ligeras y moderadas (-2,37), con 11 meses de sequía ininterrumpida



Sequía extrema	<= -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	>= 4
Normal	0,49 a -0,49		

Figura 73. Índice de Severidad de Sequía en Chalhuanca

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 percibidos por las poblaciones locales; tal es así que de estas percepciones se deduce que en promedio, para las zonas bajas de la zona de estudio (Curahuasi), los eventos climáticos más frecuentes son las lluvias intensas y los vientos fuertes, en tanto que en las regiones más altas del valle de Chumbao (Andahuaylas) y Mollebamba, los eventos de mayor frecuencia son las heladas, las granizadas y en menor proporción las lluvias intensas (**tabla 71**).

Tabla 71. Frecuencia de ocurrencia de eventos climáticos en las zonas de estudio (%)

Zona priorizada	Granizada	Lluvia intensa	Vientos fuertes	Heladas	Sequias veranillos	Temperaturas altas
Curahuasi	14,0	24,6	21,1	12,3	14,0	14,0
Valle de Chumbao	23,1	25,0	11,5	25,0	7,7	7,7
Mollebamba	24,4	26,7	11,1	22,2	8,9	6,7

Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

7.1.1 Impacto de los eventos climáticos extremos en los cultivos

El factor climático, es una de las causas del bajo nivel de productividad de los cultivos en la zona de Apurímac (Andahuaylas), debido a que gran parte de la producción se conduce bajo el régimen de secano y depende de las lluvias. Esto se refleja en la fragilidad de los ingresos económicos de los hogares y bajo nivel de rendimiento que se obtiene (MPA, 2004).

Esta afirmación es acorde con la percepción de la población acerca de los efectos negativos de los eventos climáticos que en la zona generalmente ocurren y causan mayor impacto en los cultivos; entre ellos tenemos las granizadas, heladas, lluvias intensas y vientos fuertes, en menor frecuencia las sequías y veranillos y las temperaturas altas, debido a que las limitaciones por escasez de lluvias se complementan con riego (**tabla72**).

Tabla 72. Eventos climáticos que mayor impacto causan a los cultivos (%)

Zona priorizada	Granizada	Lluvia intensa	Vientos fuertes	Heladas	Sequias veranillos	Temperaturas altas
Curahuasi	37,0	33,3	22,2	3,7	3,7	--
Valle de Chumbao	20,0	30,0	10,0	33,3	3,3	3,3
Mollebamba	33,3	33,3	5,6	22,2	2,8	2,8

Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

Los eventos climáticos adversos como sequías, heladas, granizadas, que ocurren fuera de época, imprevistos o discontinuos, hace que las plantas sufran estrés, dado a su siembra en seco y dependencia de las lluvias. (Romero, et al., 2010).

La **tabla 73** muestra el impacto de los eventos climáticos extremos en las fases fenológicas de los cultivos en cada una de las zonas priorizadas. Se deduce que las granizadas, heladas, lluvias intensas y sequías/veranillos afectan severamente a los cultivos cuando están en las fases de crecimiento y floración (30 a 70%); excepto en Curahuasi, donde el 29% de los agricultores manifiestan que las sequías pueden afectar principalmente la germinación más que la floración.

Un evento climático adverso puede tener efectos variados sobre un cultivo, lo cual puede variar según el estado fenológico, estado nutricional de la planta, entre otros factores. Por ello, la granizada puede ser más nociva cuando la planta se encuentra en la etapa de crecimiento y floración (40 al 60% de las respuestas de la población entrevistada). La ocurrencia de heladas es importante según la población de la zona, afecta principalmente el crecimiento y floración de las plantas; e incluso, puede afectar si el cultivo se encuentra en la etapa de germinación (valle de Chumbao y Mollebamba).

Otro evento importante que puede afectar los cultivos de las zonas priorizadas, son las lluvias intensas, este fenómeno principalmente causa daño al cultivo cuando se encuentra en la etapa de crecimiento (54 a 57%), de floración (27 a 36%) y maduración (5 a 13%). Este evento, según los agricultores se caracteriza por ser breves e intensas.

Las sequías y veranillos se muestran más nocivos cuando la planta se encuentra en la etapa de crecimiento, ya que afectan directamente el proceso de acumulación de materia seca y reservas, por la disminución de la fotosíntesis de la planta. Asimismo, puede ser importante en la etapa de germinación para el año.

Tabla 73. 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	Curahuasi	--	60,0	40,0	--
	Valle de Chumbao	--	54,5	40,9	4,5
	Mollebamba	--	50,0	50,0	--
Helada	Curahuasi	--	33,3	55,6	11,1
	Valle de Chumbao	5,6	72,2	22,2	--
	Mollebamba	6,3	75,0	18,8	5,3
Lluvia intensa	Curahuasi	4,5	54,5	27,3	13,6
	Valle de Chumbao	--	54,5	31,8	13,6
	Mollebamba	--	57,9	36,8	5,3
Sequias, veranillos	Curahuasi	29,4	64,7	5,9	--
	Valle de Chumbao	6,7	73,3	13,9	6,7
	Mollebamba	6,7	73,3	13,3	6,7

Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (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 ocurrencia de un evento climático que afecta al cultivo a fin de mitigar y aminorar sus efectos.

Entre las medidas más utilizadas para contrarrestar los efectos de un evento climático adverso es la aplicación foliar, utilización de urea, nitrato de amonio y guano de corral. Medidas que tienen como finalidad proporcionar en forma directa los nutrientes necesarios que la planta necesita para recuperarse de un estrés.

En las regiones de Curahuasi y Chumbao predominan las aplicaciones foliares, mientras que en Mollebamba utilizan la urea; no obstante algunos productores no toman ninguna medida (**tabla74**).

Estas acciones tienen como finalidad proporcionar a la planta los nutrientes más fáciles de asimilar y ayudar su recuperación, aunque la utilización de la urea y nitratos no son adecuados para estos fines. Por otro lado, la utilización de guano de corral sí es adecuado, porque ayudará a retener la humedad.

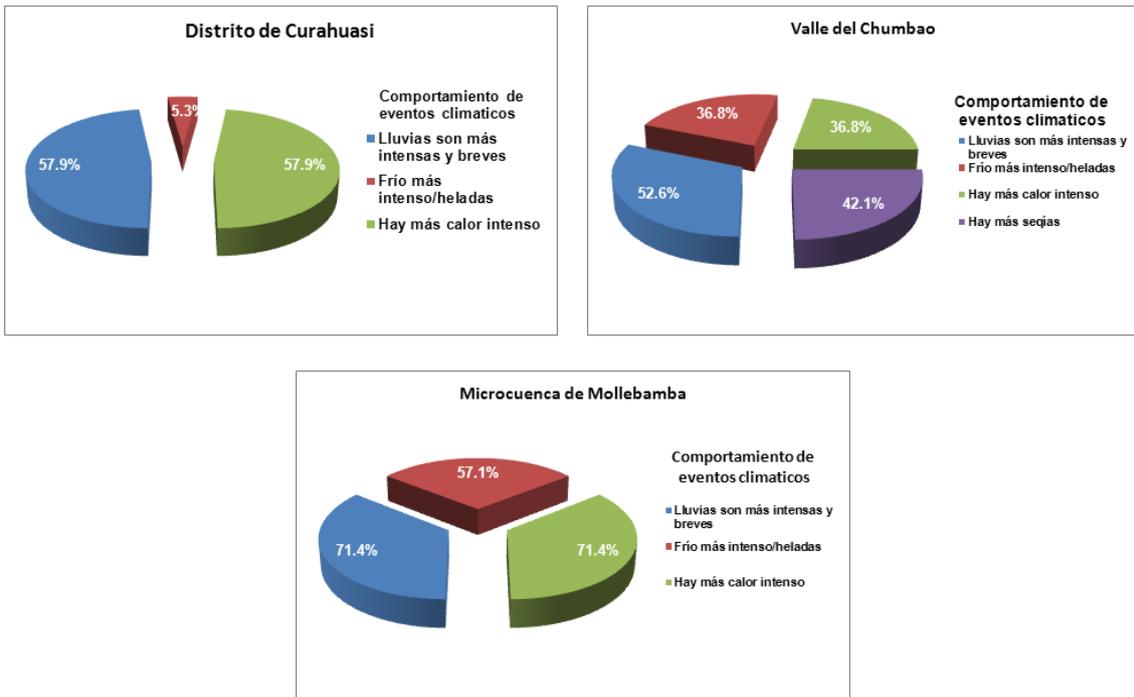
Tabla 74. Medidas más utilizadas por los agricultores para contrarrestar las heladas y las granizadas (%).

Zona priorizada	Urea	Nitrato de amonio	Aplicación foliar	Guano de corral	Ninguna
Curahuasi	37,5	18,8	43,8	--	
Valle de Chumbao	9,1	18,2	45,5	--	27,3
Mollebamba	62,5	12,5	--	12,5	12,5

Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

7.1.3 Percepción del cambio climático

El proceso de cambio climático es percibido por la población a través del comportamiento de los indicadores climáticos que ocurren en su localidad. Según las encuestas efectuada a los agricultores de las tres zonas de estudio, en los últimos 15 años, las lluvias son más intensas de breve duración pero breves (31 a 47%). y el calor es más intenso (35 a 47%) en Curahuasi y Mollebamba. Complementariamente agricultores del valle del Chumbao y Mollebamba afirman que el frío es más intenso (21 a 29%). También en el valle de Chumbao afirman sentir que las sequías son más frecuentes (25%).



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples).

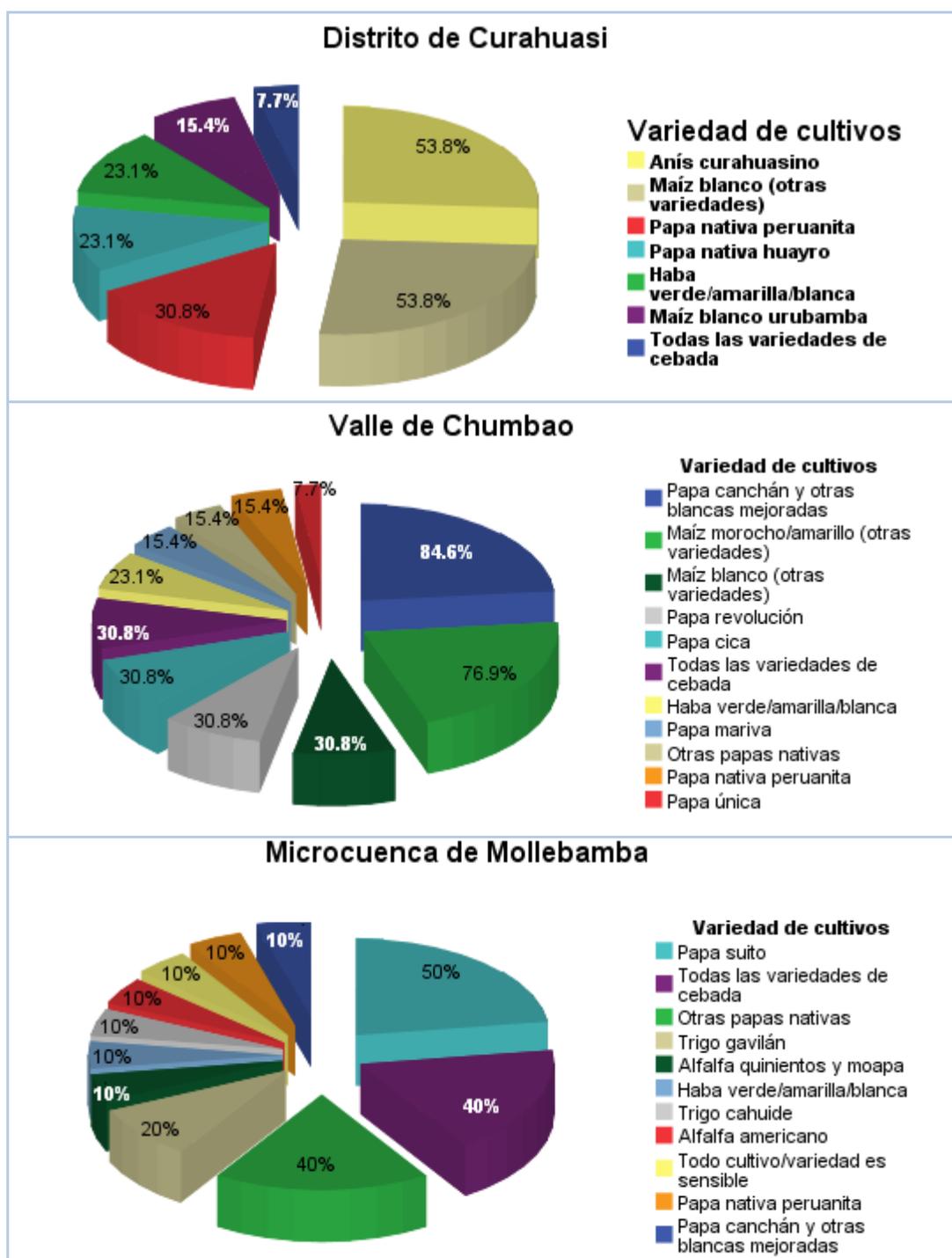
Figura 74. Indicadores de cambio climático en las zonas priorizadas

7.1.4 Cultivos más sensibles al cambio climático

Ante los cambios que registra el comportamiento de las variables climáticas, la vulnerabilidad de algunos cultivos es variada, dependiendo del tipo de cultivo y la variedad o cultivar, entre otros aspectos. En general los cultivos más sensibles a este comportamiento en la zona de Curahuasi, son el maíz blanco y el anís curahuasino con el 25,9%; la papa nativa peruanita con 14,8% de la respuesta de la población respectivamente. Por otro lado, los menos sensibles según el parecer de los productores agrarios son la cebada, maíz blanco Urubamba, papa nativa huayro y el haba.

En el valle de Chumbao, en general los cultivos más sensibles al cambio del clima lo constituyen la papa y el maíz (23 y 22%); en el maíz la más sensible es la variedad morocho y en el cultivo de papa la variedad canchán y otras variedades blancas mejoradas. Sin embargo, dentro de los menos sensibles aparentemente figuran la papa única, peruanita, mariva y las papas nativas. Lo cual indica que la sensibilidad de los cultivos al cambio climático básicamente depende de la variedad, tipos o ecotipos de la zona.

En la microcuenca de Mollebamba, el cultivo más sensible al cambio climático es la papa nativa (suite y otras variedades de la zona), con 22 y 18% de las respuestas. Otro de los más sensibles es el cultivo de cebada, con 18% de las respuestas. Sin embargo, entre los menos sensibles se encuentran la papa peruanita, la alfalfa, haba, entre otros.



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

Figuras 75. Variedad de cultivos más sensibles al cambio climático

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.

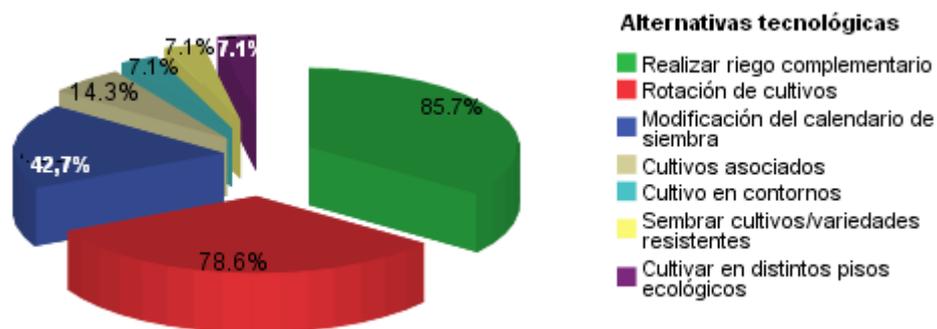
Ante los cambios en el comportamiento de las variables climáticas, existe la necesidad de responder ante los cambios actuales y prepararse para los que vienen.

Curahuasi

Las medidas y estrategias que utilizan los productores agrarios del distrito de Curahuasi para enfrentar los cambios en el comportamiento climático son: riegos complementarios, rotación de cultivos, modificación de calendario de siembra, cultivos asociados, cultivo en diferentes pisos ecológicos, sembrar variedades resistentes y cultivos en contorno.

Sin embargo, las medidas más utilizadas son: los riegos complementarios, la rotación de cultivos y modificación de calendario de siembra, basado en respuestas de 35,3; 32,4 y 17,6% de las entrevistas.

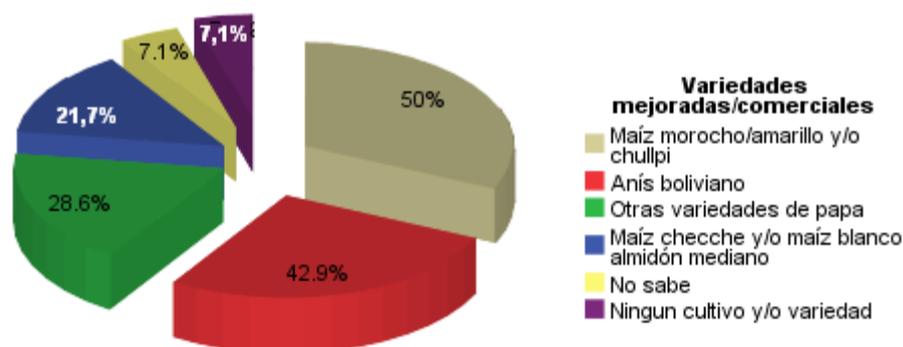
El riego complementario y la rotación del cultivo responden ante la necesidad de contrarrestar el efecto de las sequías, manejo y conservación de los suelos. Por otro lado, la modificación del calendario agrícola es una estrategia para evitar la ocurrencia de los eventos climáticos mientras el cultivo se encuentra en el campo.



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

Figura 76. Alternativas tecnológicas locales para la adaptación al cambio climático en Curahuasi

Otra de las herramientas que utilizan los productores agrarios del distrito de Curahuasi para hacer frente al cambio climático es la utilización de variedades o cultivares que mejor se adaptan a los cambios del clima. Entre los cultivos que mejor se adaptan a la zona o que tienen mejor comportamiento, según los productores es el maíz morocho, maíz amarillo, maíz chullpi y el anís boliviano.



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

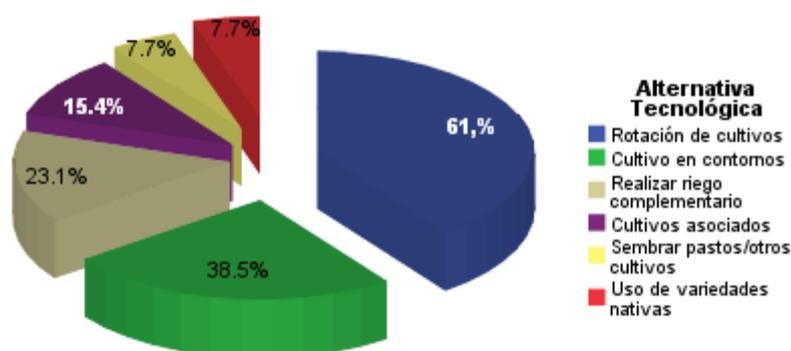
Figura 77. Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en el distrito de Curahuasi

Valle de Chumbao

Los productores agrarios del valle de Chumbao establecen diversas estrategias para afrontar el cambio del clima, entre ellos se mencionan la rotación de cultivos, cultivo en contornos, realizan riegos complementarios, según cultivos asociados, utilización de variedades nativas y cambio de cartera de cultivos.

Al parecer las estrategias más importantes son: la rotación de cultivos, cultivos en contorno y los riegos complementarios con 40, 25 y 15 % de las respuestas. Las técnicas mencionadas son comúnmente utilizadas en las estrategias de conservación de suelos y a fin de contrarrestar el efecto de las sequías.

Por otro lado, las técnicas de cultivos asociados, uso de variedades nativas y cambio de cartera de cultivos se constituyen como las medidas menos utilizadas por los productores.

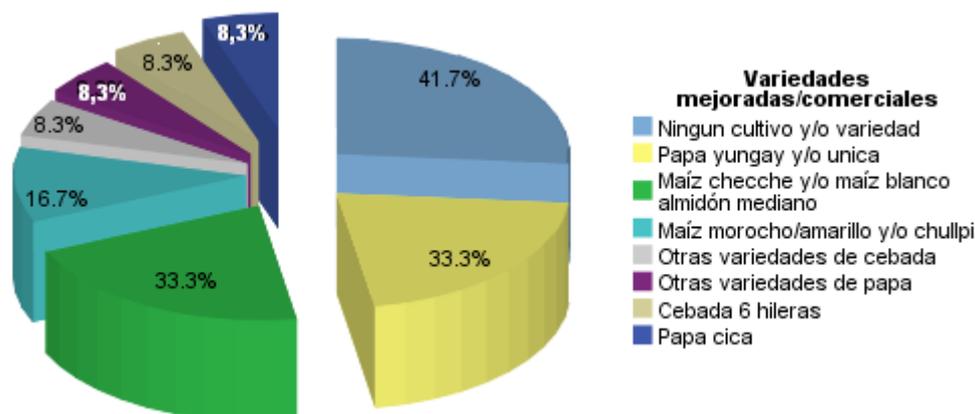


Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

Figura 78. Alternativas tecnológicas locales para la adaptación al cambio climático en el valle de Chumbao

Por otro lado, los agricultores de esta región manifiestan en su mayoría que las variables climáticas afectan a todos los cultivos por igual; sin embargo, el cultivo de maíz “checche”, junto el blanco “almidón mediano” al igual que papa “Yungay” y “única” se constituyen como los cultivos más adecuados para enfrentar los cambios del clima.

Entre los menos adaptados se encuentran las variedades de cebada de la zona, papa “cica” y maíz “morocho”



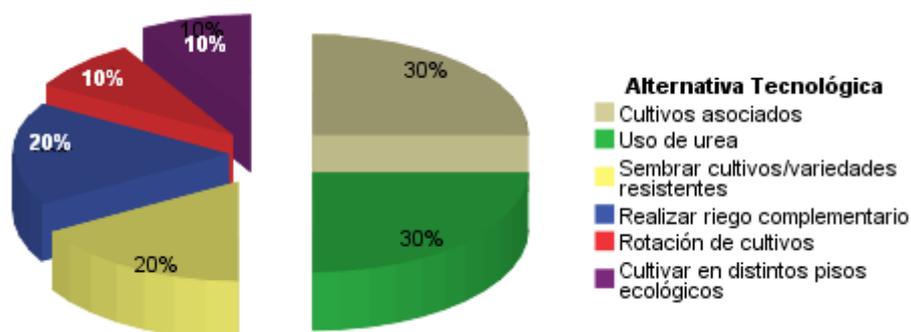
Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

Figura 79. Variedades mejoradas/comerciales de los cultivos que se adaptan mejor a las condiciones climáticas actuales en el valle de Chumbao

Microcuenca de Mollebamba

Al parecer las estrategias más comunes que están tomando los productores agrarios de la microcuenca de Mollebamba frente a los cambios del clima es la utilización de la urea, cultivos asociados, riegos complementarios, así como utilizar variedades resistentes. Sin embargo, algunos productores están utilizando otras técnicas como: rotación de cultivo y sembrar en distintos pisos ecológicos.

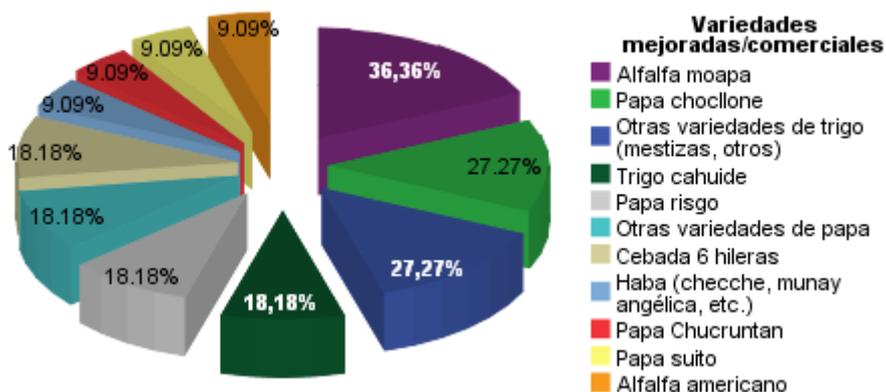
Cabe destacar que la utilización de fertilizantes tiene como finalidad proporcionar nutrientes en forma directa a la planta para favorecer su crecimiento, y el cultivo asociado tiene como finalidad asegurar la producción, se utiliza los diferentes niveles de respuesta que muestra cada especie ante un determinado evento climático.



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

Figura 80. Alternativas tecnológicas locales para la adaptación al cambio climático en la microcuenca de Mollebamba

Por otro lado, los cultivos más adaptados a las condiciones cambiantes que utilizan los productores son la alfalfa Moapa, algunas variedades de trigo de la zona y la papa nativa Choclone. Entre los menos adecuados se encuentran el cultivo de haba, algunas variedades de papa nativa y la alfalfa americano.



Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

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

7.1.6 Medidas y Estrategias Institucionales locales frente a la Variabilidad y Cambio Climático

Las instituciones locales ejecutan estrategias y medidas orientadas a la mitigación del efecto de los eventos extremos sobre la población civil, así como apoyan a los agricultores a responder ante estos eventos. En el distrito de Curahuasi y en el valle de Chumbao, estas estrategias de las instituciones locales prácticamente no existen según la respuesta de los productores agrarios.

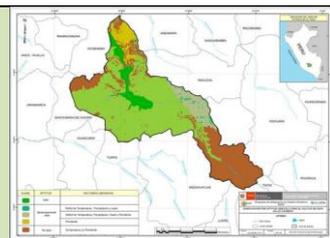
En la microcuenca de Mollebamba, estas estrategias la realizan las ONG,s principalmente. Y el apoyo que brindan consiste básicamente en la asistencia técnica y capacitación (**tabla75**).

Tabla 75. Participación de las institucionales locales frente a la variabilidad y cambio climático (%)

Zona priorizada	Instituciones públicas y privadas	Municipalidad	Ninguna
Curahuasi	--	--	100
V. Chumbao	--	7,7	92,3
Mollebamba	73,4	13,3	13,3

Fuente: Encuesta de percepciones de la población, variabilidad climática y medidas de adaptación actual. Elaboración SENAMHI-DGA. 2010. Número de muestras 14 (preguntas con respuestas múltiples)

APTITUD AGROCLIMÁTICA DE LOS CULTIVOS PRIORIZADOS EN LA REGIÓN APURÍMAC



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 culturales y de labranza primaria, 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

Un suelo se puede clasificar según su textura, que consiste en definir el tipo de suelo en función a su granulometría¹¹. Una vez que se realiza el análisis granulométrico¹², en líneas generales los suelos pueden ser arenosos, francos y arcillosos y que puede agrupar a su vez a diferentes clases texturales intermedias (**tabla 76**).

Suelos arenosos, también se le llaman 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 presentan mayor proporción de microporos, que favorece la retención de la humedad y los elementos minerales; sin embargo tienen menor proporción de macroporos que dificulta la circulación del aire y de agua.

Suelos francos, también llamados suelos ligeros o livianos, se caracteriza por presentar una mezcla “equilibrada” de partículas minerales (arena, limo y arcilla), en consecuencia las capacidades permeabilidad al agua, circulación del aire, retención de la humedad y nutrientes están relativamente “equilibradas”.

¹¹ Proporción relativa de arena, limo y arcilla que contiene un suelo.

¹² Determinación de porcentajes de arena, limo y arcilla una vez que se han separado los fragmentos gruesos.

Tabla 76. 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
Arcillosos	Fina	Franco arcillo limoso
		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 agregados¹³, aumento de los poros, aireación, infiltración, drenaje, almacenamiento de agua disponible, friabilidad, etc. disminuye la pegajosidad¹⁴, plasticidad¹⁵, encostramiento superficial y susceptibilidad a erosión.

¹³ Es el arreglo de las partículas primarias (arena, limo y arcilla) y las secundarias (terrones) para determinar un espacio entre ellos, 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)

¹⁴ Es la propiedad del suelo en el que bajo una humedad determinada las partículas no se adhieren a un objeto extraño. (Rucks, et al 2004)

¹⁵ 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.

Propiedades químicas, aumenta el valor de CIC¹⁶, capacidad buffer¹⁷, 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 y esta dinámica depende del aporte y la velocidad de descomposición.

La velocidad de descomposición, Es la velocidad o ritmo en el cual las 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 O₂; 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 77**)

Tabla 77. 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 asimilabilidad 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 existe la precipitación intensa 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 estar entre 5 y 7 (Quintero, 2002) .

¹⁶ 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.

¹⁷ 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 78**.

Tabla 78. Características del pH

Rango de pH	Categoría	Fuente
Menos de 3,5	Ultrácido	ONERN, 1975 actualizado por 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 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 79**).

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,

Egúsqiza (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 79**).

Tabla 79. Relación entre la pendiente y la aptitud agrícola del terreno

Categoría	Clase	Rango de pendiente	Observaciones	Fuente
1 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 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 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 80**, muestra el nivel de rendimiento promedio de los cultivos priorizados en la región de Apurímac y a nivel nacional. Por lo general, a nivel de la región los rendimientos de los cultivos evaluados son inferiores al promedio nacional.

Tabla 80. Rendimiento regional y nacional de cultivos priorizados

Cultivo	Rendimiento promedio (kg/ha)		
	Apurímac	Nacional	Fuente
Maíz amiláceo	1000	1200	Gobierno Regional de Apurímac, 2009
Trigo	1100	1250	
papa	10000	11600	
Haba	1000	1200	
Cebada	1000	1250	

En las **tablas 81, 82, 83, 84, 85 y 86** se muestran la serie histórica de los rendimientos obtenidos para los cultivos priorizados

Cultivo de maíz amiláceo

En promedio, Curahuasi registró mayor rendimiento de maíz amiláceo, incluso superior a la producción nacional; mientras que el valle de Chumbao es una de las zonas de menor productividad del maíz, aunque esta producción es relativamente estable (variación de 90 kilos en los últimos 12 años) y similar al rendimiento nacional.

Tabla 81. Rendimiento del cultivo de maíz (t/ha)

Zona	Años												Prom.	Desv.
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
Curahuasi	1,37	1,10	1,27	1,33	1,49	1,48	1,47	1,40	1,39	1,40	1,12	1,29	1,34	0,13
Chumbao	1,11	1,01	1,17	1,18	0,97	1,00	0,96	0,88	0,94	1,08	1,00	1,03	1,03	0,09

Fuente: DRA Apurímac

Cultivo de papa

La zona de mayor productividad para la papa es el valle de Chumbao seguido por el distrito de Curahuasi.

En los últimos 12 años, el rendimiento de la papa en el valle de Chumbao ha fluctuado entre 9590 a 13470 kilos/ha con un promedio de 11820 kilos, estos indicadores son superiores al promedio nacional y regional, con una variación de 1040 kilos. En el mismo periodo la productividad en Curahuasi ha fluctuado entre 9000 a 15500 kilos con un promedio de 11260 kilos y una desviación de 2000 kilos.

Para la zona de Mollebamba la desviación es similar al valle de Chumbao, sin embargo su producción promedio (6910 kilos) es muy inferior al promedio nacional y regional. Lo cual indica que las condiciones para este cultivo son limitadas.

Tabla 82. Rendimiento del cultivo de papa (t/ha)

Zona	Años												Prom.	Desv.
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
Curahuasi	9,00	9,16	10,39	9,59	10,05	9,86	11,39	12,48	12,21	11,56	13,90	15,50	11,26	2,00
Chumbao	11,59	9,59	13,28	13,47	11,64	11,97	12,70	11,36	12,26	11,51	11,14	11,38	11,82	1,04
Mollebamba	7,11	5,09	7,03	7,03	7,05	7,14	8,06	7,54	7,32	5,29	8,17	6,10	6,91	0,96

Fuente: DRA Apurímac

Cultivo de haba

El valle de Chumbao mostró rendimientos de 1010 kilos/ha de haba, con una variación en la productividad en 100 kilos. Este cultivo es relativamente importante a nivel regional, su productividad lograda en los últimos 9 años ha sido constante y con menor variación (80 kilos en promedio)

Tabla 83. Rendimiento del cultivo de haba (t/ha)

Zona	Años												Prom.	Desv.
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
Chumbao	0,96	0,96	1,00	1,04	1,01	1,01	0,89	0,87	0,94	1,24	1,02	1,15	1,01	0,10

Fuente: DRA Apurímac

Cultivo de trigo

En promedio, la productividad alcanzada en Chumbao y Mollebamba es muy limitada. Para el valle de Chumbao el rendimiento es de 920 a 1250 kilos/ha y un promedio de 1060. En la microcuenca de Mollebamba el rendimiento fluctúa entre 350 a 1060 kilos/ha con un promedio de 890 para los últimos 12 años.

Tabla 84. Rendimiento del cultivo de trigo (t/ha)

Zona	Años												Prom.	Desv.
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
Mollebamba	0,82	0,85	0,97	1,04	0,93	1,05	1,03	1,06	0,99	0,60	0,95	0,35	0,89	0,21
Chumbao	1,25	1,03	1,15	1,15	1,03	1,04	1,09	0,95	0,97	1,05	0,92	1,13	1,06	0,10

Fuente: DRA Apurímac

Cultivo de cebada

El valle de Chumbao registra una productividad importante, en los últimos 12 años alcanzó entre 1000 a 1430 kilos/ha, con un promedio de 1190 kilos; sin embargo aún se mantiene inferior al promedio nacional. Mollebamba registra menor productividad. Con respecto a la variabilidad mostrada a lo largo de este periodo de análisis, en el valle de Chumbao es de 140 kilos y en Mollebamba 170 kilos.

Tabla 85. Rendimiento del cultivo de cebada (t/ha)

Zona	Años												Prom.	Desv.
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
Mollebamba	0,89	0,76	0,95	1,01	1,04	1,06	1,04	1,05	1,05	1,07	0,93	0,49	0,95	0,17
Chumbao	1,43	1,07	1,23	1,25	1,07	1,13	1,16	1,00	1,36	1,32	1,18	1,05	1,19	0,14

Fuente: DRA Apurímac

Cultivo de anís

El rendimiento del anís en los últimos 12 años ha fluctuado ente 600 a 1000 kilos/ha, con un promedio de 840 kilos y una desviación de 110 kilos

Tabla 86. Rendimiento del cultivo de anís

Zona	Años												Prom.	Desv.
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
Curahuasi	0,90	0,90	1,00	0,95	0,93	0,75	0,72	0,84	0,75	0,90	0,60	0,80	0,84	0,11

Fuente: DRA Apurímac

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 12 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 Apurímac. En la **tabla 87**, se presenta los niveles de rendimiento establecidos para los cultivos priorizados en la región Apurímac.

Tabla 87. 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 el potencial genético 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 (12 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 edafoclimáticos¹⁸

Los requerimientos edafoclimáticos para los cultivos priorizados en la región Apurímac (maíz, papa mejorada, papa nativa, habas, anís, trigo y cebada) fueron considerados en la primera parte del estudio, cuyo resumen se presenta en las **tablas 88 y 89**.

Tabla 88. Requerimientos agroclimáticos de los cultivos priorizados

Cultivo	Requerimientos agroclimáticos					
	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)		
	Mínima	Óptima	Máxima	Mínima	Óptima	Máxima
Papa	6 a 14	14 a 20	20 a 30	220 a 500	500 a 1300	>1300
Papa nativa	4 a 8	8 a 14	14 a 20	220 a 900	900 a 1100	>1100
Maíz	7 a 15	15 a 20	20 a 30	200 a 500	500 a 700	700 a 1000
Habas	5 a 13	13 a 20	20 a 27	<500	500 a 1000	1000 a 1600
Alfalfa	5 a 14	14 a 17	17 a 30	<700	700 a 900	900 a 1200
Anís	7 a 12	12 a 18	18 a 25	<500	500 a 600	> 600
Trigo	5 a 18	18 a 25	25 a 40	200 a 450	450 a 800	800 a 1750
Cebada	5 a 15	15 a 25	25 a 34	240 a 600	600 a 1100	> 1100

El rango mínimo de trigo, cebada y el cultivo de haba ha sido ajustado a 5 grados centígrados (verificación de campo)

Tabla 89. 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
Papa	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
Papa nativa	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
Maíz	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
Haba	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
Alfalfa	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
Anís	Fco, fco arenoso, fco limoso y limoso	arcilloso	< 7	7 a 7,9	> 7,9	> 3%	< 3%	> 30 cm	< 30 cm
Trigo	Fco arenoso, arcilloso, limoso y fco	Arenoso	5 a 6	6 a 7,5	7,5 a 8	> 4%	< 4%	> 40 cm	< 40 cm
Cebada	Fco y fco arcilloso	Arcilloso y arenoso	< 6	6,5 a 8	> 8	> 4%	< 4%	> 50 cm	< 50 cm

¹⁸ Son los requerimientos de temperatura, precipitación, tipo de suelos de los cultivos priorizados.

8.3 El suelo según su Clase y Sub clase de capacidad

La clase de capacidad, según (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 Sub clase de capacidad, agrupa a los suelos en base a los factores limitantes y los riesgos que restringen su uso (ONERN, 1982). 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 88**), lo cual le permite definir las zonas con condiciones climáticas aptas para el cultivo (**tabla 90**).

Tabla 90. Clase y Subclase da capacidad del suelo

Temperatura	Categoría	Descripción
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
Precipitación		Descripción
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
Textura		Descripción
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
pH		Descripción
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
Materia orgánica		Descripción
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
Profundidad		Descripción
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
Pendiente		Descripción
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

Se muestra a continuación el nivel de productividad alcanzado por cada uno de los cultivos priorizados del valle de Chumbao, distrito de Curahuasi y Microcuenca de Mollebamba en la región Apurímac; así como su desempeño agrícola en cada una de las zonas (**tabla 91**).

Tabla 91. Nivel de productividad alcanzado en las zonas de estudio y cultivos priorizados

Zonas de estudio	Cultivos priorizados						Desempeño agrícola
	Haba	Anís	Maíz	Papa	Trigo	Cebada	
Valle de Chumbao	Bajo - medio		Bajo	Alto	Bajo - medio	Medio	La productividad de la papa es muy buena, regular para habas, trigo y cebada y bajo para el maíz
Curahuasi		Medio - alto	Bajo - medio	Medio - alto			Recomendable para el cultivo de papa y anís, pero regular para maíz grano
Mollebamba				Bajo	Bajo - medio	Bajo - medio	Regular para el trigo y cebada, bajo para papa

Valle de Chumbao

El mayor potencial de producción del valle de Chumbao, es el cultivo de papa, ya que en los 12 años la productividad ha fluctuado en el nivel alto e inclusive superior al rendimiento promedio nacional. Otros cultivos que se desempeñan regularmente en esta zona son el trigo, cebada y haba, sus rendimientos fluctúan entre el nivel bajo y medio. El maíz amiláceo siempre ha mantenido una productividad baja.

Al respecto MPA (2004), sostiene que la papa es el principal cultivo de la zona, seguido por el maíz, trigo, cebada, entre otros; en este caso el nivel de productividad es bajo por los factores climáticos, el 97,2% de las tierras tienen limitantes para el cultivo y la mayoría se destina al autoconsumo.

Distrito de Curahuasi

Las condiciones del distrito de Curahuasi, son favorables para el desarrollo del cultivo de anís y la papa, la productividad de estos cultivos han fluctuado entre el nivel medio a alto. Mientras que el maíz amiláceo sólo ha logrado un nivel bajo a medio.

Respecto a éste cultivo, el bajo rendimiento podría ser atribuida también a la accesibilidad a los mercados y a la disponibilidad de las fuentes de agua (riego), lo cual han hecho de que la mayor parte del cultivo se destine a la producción del choclo. El maíz para grano se siembra casi exclusivamente en terrenos de secano.

Microcuenca de Mollebamba

Las condiciones climáticas de la zona, son regularmente favorables para el cultivo de trigo y cebada. La productividad de estos cultivos sólo ha logrado alcanzar el nivel medio y en algunas campañas incluso una productividad baja. Por otro lado, el rendimiento de la papa en esta zona es muy bajo.

10.2. Aptitud agrícola en base a indicadores agroclimáticos

10.2.1 Valle de Chumbao

Según el MPA (2004), a nivel de la provincia de Andahuaylas, solo el 2,8% de las tierras son aptas para el cultivo en limpio y por lo menos, cerca de 97,2% requiere trabajos de acondicionamiento o preparación adecuada. Por otro lado, afirman que el principal factor limitante de la producción es el factor climático.

Cabe destacar, que el valle de Chumbao cuenta con abundante recurso hídrico. La principal fuente es el río Chumbao que recorre todo el valle, además de numerosas manantiales, puquiales y riachuelos que se ubican en los diferentes puntos. Según el Plan de desarrollo distrital de Andahuaylas, los distritos de San Jerónimo, Andahuaylas y Talavera tienen tierras de buena calidad agrícola.

Aptitud agroclimática del cultivo de papa mejorada

El valle de Chumbao abarca un área cercana a 50000 ha (**tabla 92**), de los cuales, el 2949,95 ha (6,4 %) presenta condiciones de temperatura, precipitación, textura del suelo, profundidad, y pendiente aptas para el crecimiento y desarrollo del cultivo de papa. Cerca de 62,36 % de las tierras son moderadamente aptas, las limitaciones que se presentan en estas áreas lo constituyen las temperaturas bajas, las escasas precipitaciones y las condiciones de pendiente y textura del suelo. El 31,24 % del área, se considera no apta para el cultivo de la papa, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura y precipitaciones fuera de rango mínimo de requerimiento del cultivo, pendiente muy escarpado (mayor a 60 %). Adicionalmente, las condiciones de textura y profundidad del suelo no son adecuadas. El MPA (2004), afirma que el principal factor limitante de la producción son las condiciones climáticas.

Tabla 92. Aptitud agrícola del cultivo de papa en el valle de Chumbao

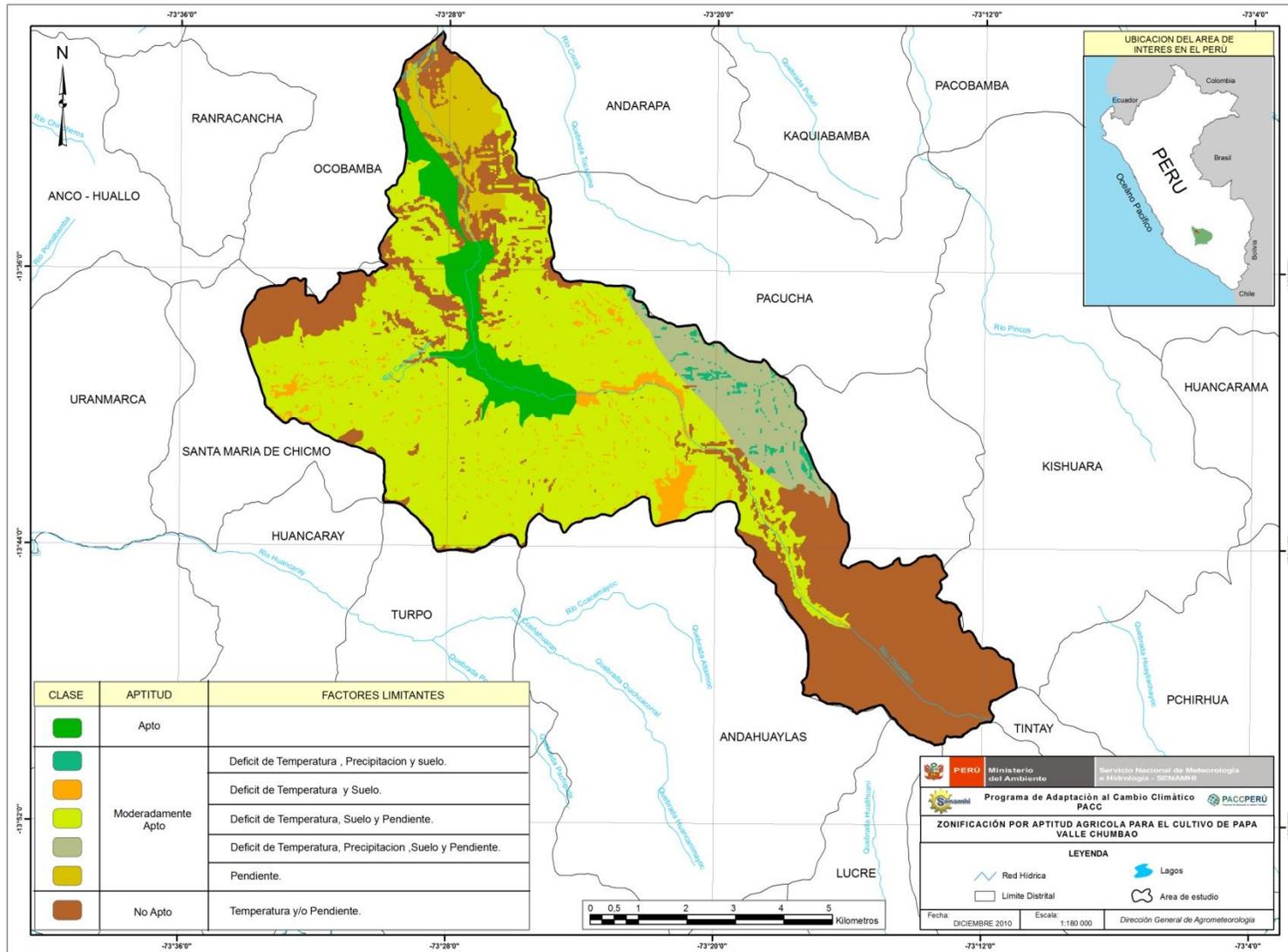
Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Apta	2949,97	6,40	Los factores evaluados no limitan	2949,97	6,40
Moderadamente apto	28750,44	62,36	Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento, la pendiente y la textura menos adecuada	2985,37	6,48
			Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento y la textura menos adecuada	327,29	0,71
			Pendiente menos adecuada	1968,81	4,27
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente adecuada	22784,76	49,42
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento y la textura menos adecuada	684,21	1,48
No apto	14405,21	31,24	Mayor a 4 000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	14405,21	31,24
Total	46105,62	100,00	Total	46105,62	100,00

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, un significativo 49,42 % de las tierras tienen limitaciones por temperaturas que fluctúan dentro del rango mínimo (entre 6 a 14 °C) y por pendientes (del 9 a 60 %) que limitan el desarrollo del cultivo de la papa. Cabe destacar que este cultivo desarrolla adecuadamente bajo las condiciones de 14 a 20°C de temperatura y pendiente menor a 9%.

A partir del desempeño histórico de la productividad del cultivo de papa en el valle de Chumbao, se observa que éste es un cultivo de gran importancia en la zona y que las condiciones agroclimáticas le son más favorables que para otros cultivos.

El **mapa 22**, muestra la distribución espacialmente la de la aptitud agroclimática para el cultivo de papa en el valle de Chumbao; donde el 6,4% de las tierras son aptas; el 62,36% de tierras moderadamente aptas y un 31,24% de tierras no aptas para su cultivo.

Mapa 22. Valle de Chumbao: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de papa.



Aptitud agroclimática del cultivo de cebada

Según la **tabla 93**, la aptitud agroclimática del valle de Chumbao no presenta zonas con condiciones agroclimáticamente aptas para el cultivo de cebada.

Sin embargo, alrededor de 67,32% presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas para la cebada según su requerimiento agroclimático (**tablas 94 y 95**). Las condiciones limitantes son las temperaturas bajas, escasas precipitaciones, elevadas pendientes y textura del suelo no adecuada.

Alrededor del 32,68% del área se considera no apta para el cultivo de cebada, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperaturas fuera del rango mínimo, muy escasa precipitación, pendiente muy escarpado (mayor a 60%). Adicionalmente las condiciones de textura y profundidad del suelo no son adecuadas. Según (ONERN, 1982) esta zona tiene aptitud para tierras de protección y áreas con potencial de uso para pastos, actividad forestal y algunos sectores para el cultivo en limpio.

Tabla 93. Aptitud agrícola del cultivo de cebada en el valle de Chumbao

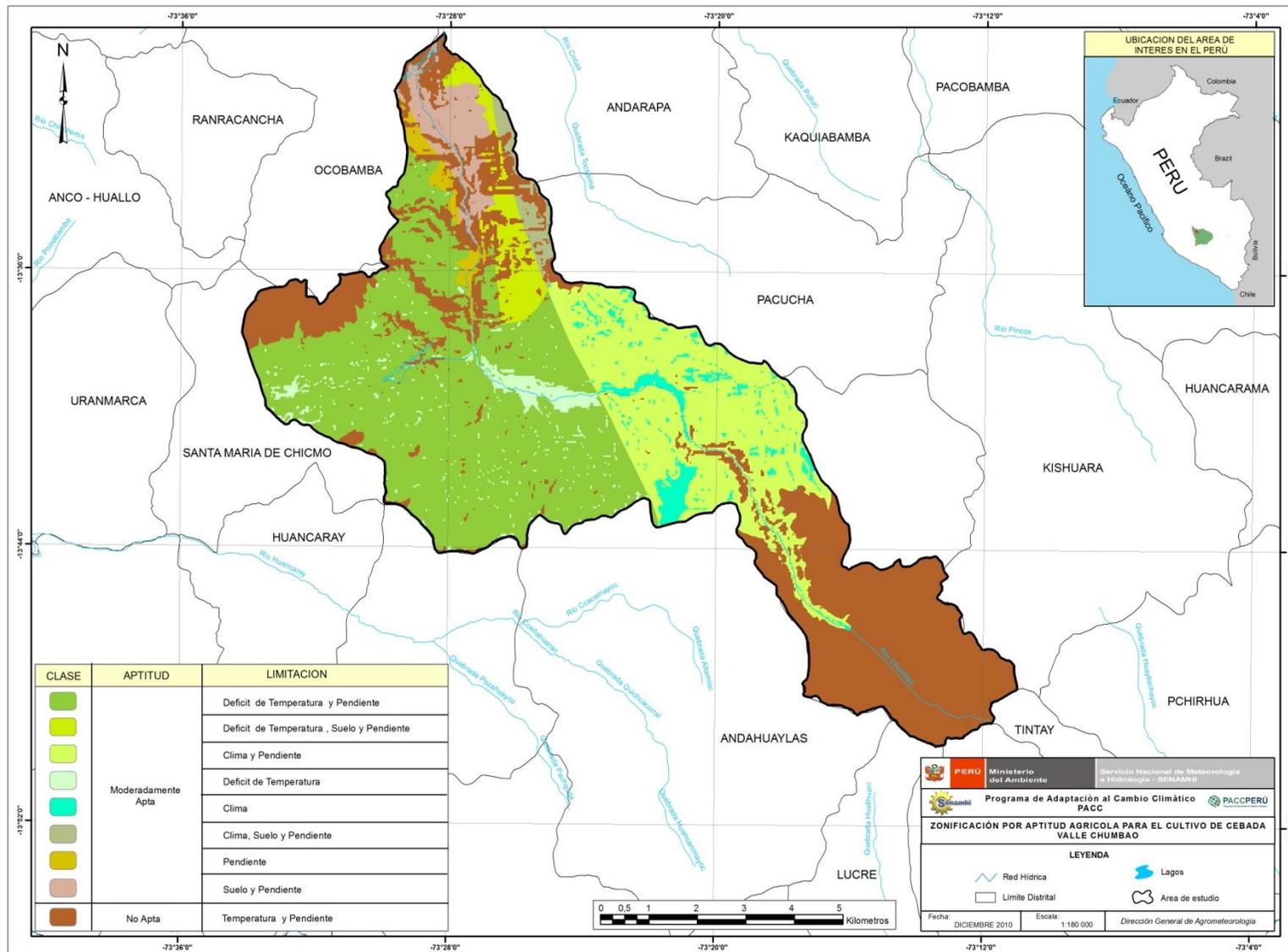
Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Moderadamente apto	31199,72	67,32	Temperatura en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada	18065,39	38,98
			Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada	9203,93	19,86
			Pendiente menos adecuada	2010,72	4,34
			Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento	963,09	2,08
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento	956,59	2,06
No apto	15145,77	32,68	Temperatura y/o la pendiente no adecuada	15145,77	32,68
Total	46 345,49	100,00	Total	46 345,49	100,00

Dentro de las tierras moderadamente aptas para este cultivo, un 38,98% de área registra temperaturas dentro del rango mínimo para el cultivo (5 a 15 °C) y pendiente no adecuada; en tanto que un 19,86% registra temperaturas y precipitación dentro del rango mínimo (200 a 450mm), así como pendientes elevadas.

El desempeño de la productividad del cultivo de la cebada en la zona, muestra un rendimiento dentro del valor promedio en la región; sin embargo inferior al promedio nacional, lo cual es concordante con las condiciones agroclimáticas de la zona.

El **mapa 23**, muestra a nivel espacial la distribución de la aptitud agroclimática para el cultivo de cebada en el valle de Chumbao, no cuenta con tierras agroclimáticamente aptas para el cultivo, un 67,32% de tierras moderadamente aptas y un 32,68% de tierras no aptas para su cultivo.

Mapa 23. Valle de Chumbao: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de cebada



Aptitud agroclimática del cultivo de trigo

Según la **tabla 94**, la aptitud agroclimática del valle de Chumbao no presenta zonas aptas para este cultivo. Sin embargo, alrededor de 67,42% presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas según su requerimiento agroclimático. Los factores limitantes son temperaturas bajas, escasas precipitaciones, pendiente y textura del suelo inadecuada.

Un 32,26% del área se considera no apta para el cultivo de trigo, donde los principales factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura y precipitación fuera de rango mínimo del requerimiento del cultivo, pendiente muy escarpado (mayor a 60%). Adicionalmente las condiciones de textura y profundidad del suelo al parecer no son adecuadas. Según (ONERN, 1982) esta zona corresponde a tierras con potencial de protección, uso para pastos, actividad forestal y algunos sectores para el cultivo en limpio.

Tabla 94. Aptitud agrícola del cultivo de trigo en el valle de Chumbao

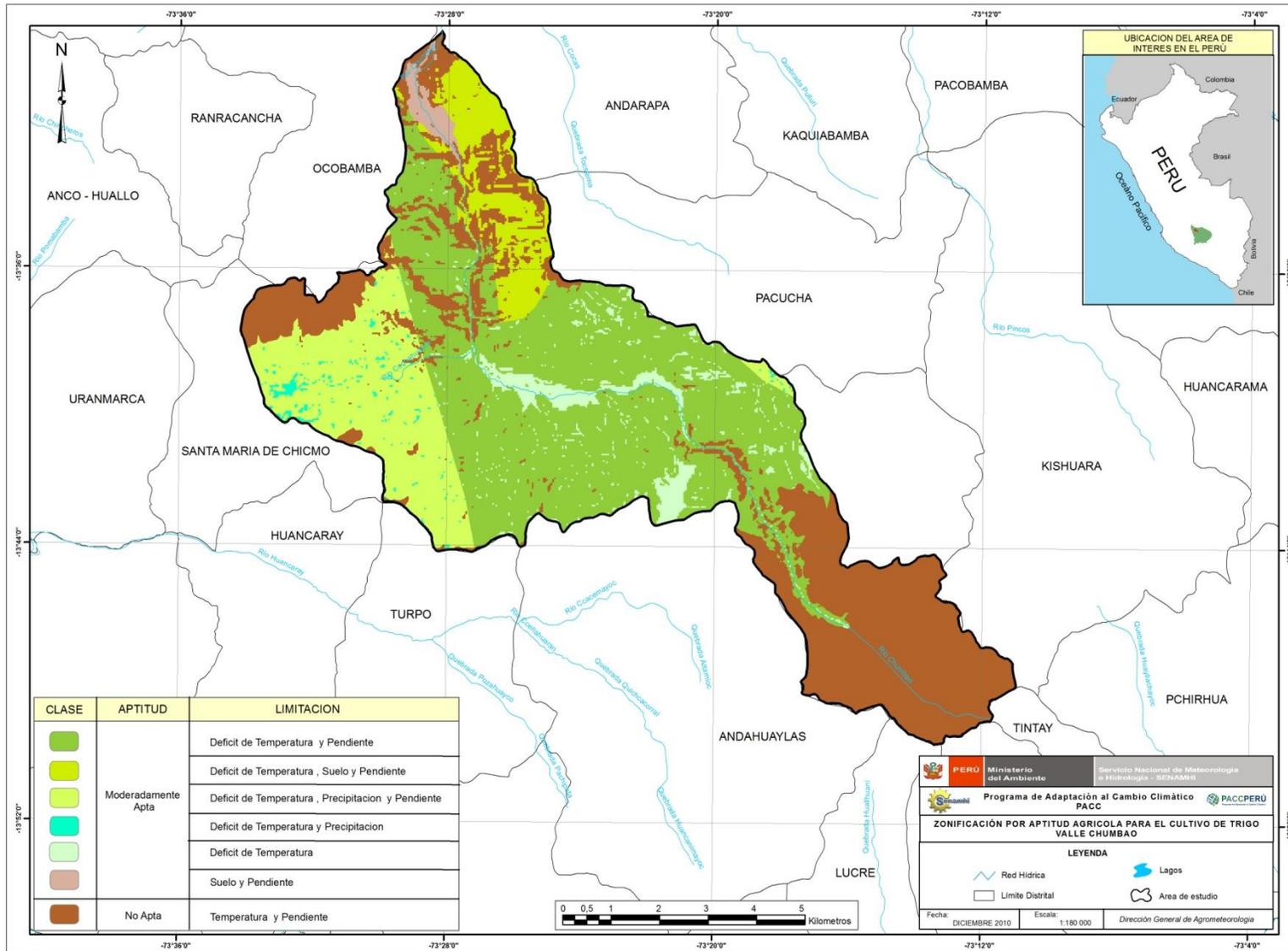
Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Moderadamente apto	31193,94	67,74	Temperatura en el rango mínimo de requerimiento y precipitación en rango máximo (exceso)	324,40	0,70
			Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada	6783,55	14,73
			Pendiente menos adecuada	554,88	1,20
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento	1604,67	3,48
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada	21926,43	47,61
No apto	14858,21	32,26	Mayor a 4000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	14858,21	32,26
Total	46052,21	100,00	Total	46052,15	100,00

Dentro de las áreas moderadamente aptas, un 47,61%, presenta temperaturas y pendiente dentro del rango mínimo de requerimiento del cultivo (5 a 18 °C y 9 a 60%), mientras que un 14,73% de las tierras presenta adicionalmente precipitaciones dentro del rango mínimo para el cultivo (200 a 450mm).

La carencia de zonas agroclimáticamente aptas para la producción del trigo en el valle de Chumbao, se refleja en la productividad entre media y baja lograda a nivel regional en los últimos 12 años e inferior al de nivel nacional.

En el **mapa 24**, se presenta la distribución espacial de la aptitud agroclimática para el cultivo de trigo en el valle del Chumbao. No se cuenta con áreas agroclimáticamente aptas, un 67,74% de tierras son moderadamente aptas y un 32,26% de tierras no aptas para este cultivo.

Mapa 24 Valle de Chumbao: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de trigo



Aptitud agroclimática del cultivo de maíz amiláceo

Según la **tabla 95**, alrededor de 258,66 ha (0,74%) de la zona de valle de Chumbao presenta las condiciones climáticas y edáficas adecuadas para el desarrollo y producción del maíz amiláceo. Esta área registra temperaturas óptimas (de 15 a 20 °C), precipitación entre 500 a 700 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 50 cm y textura franco arcillosa.

Alrededor del 56,5% presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas para el maíz, según su requerimiento agroclimático. Los factores limitantes son las temperaturas bajas, falta o exceso de precipitación, la pendiente y la textura del suelo inadecuada. Cerca de 42,76% del área se considera no apta para el cultivo de maíz, donde los principales factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura fuera del rango mínimo, precipitación muy escasa y pendiente muy escarpada (mayor a 60%). Adicionalmente las condiciones de textura y profundidad del suelo no son adecuadas.

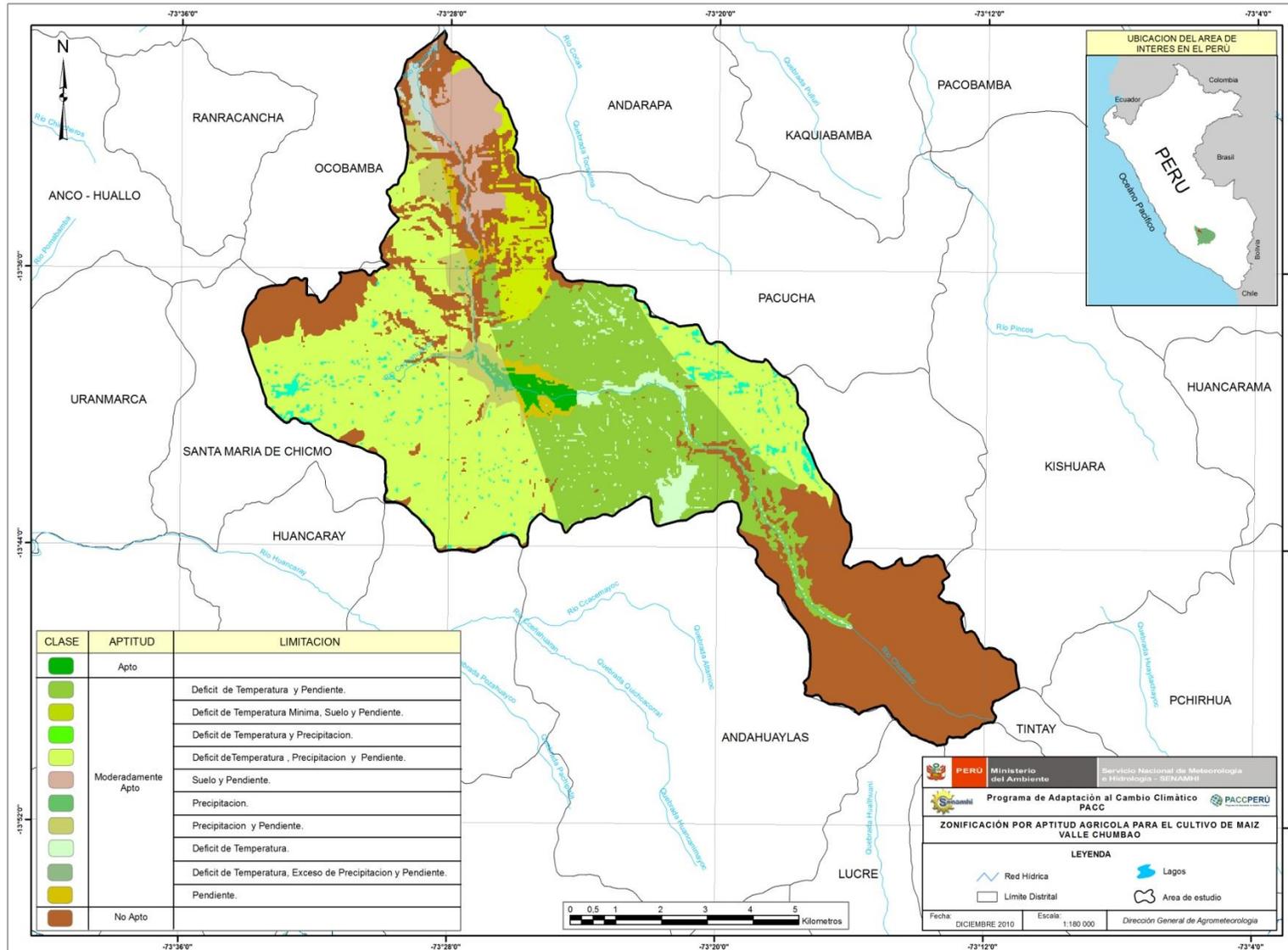
Tabla 95. Aptitud agrícola del cultivo de maíz en el valle de Chumbao

Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Apta	258,66	0,74	Los factores evaluados no limitan	258,66	0,74
Moderadamente apto	19862,25	56,50	Temperatura en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada	11557,83	32,28
			Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada	2603,17	7,41
			Pendiente menos adecuada	2198,57	6,25
			Precipitación máxima (exceso) y la pendiente menos adecuada	1793,25	5,10
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento	880,01	2,50
			Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento	684,21	1,95
			Precipitación máxima (exceso)	145,22	0,41
No apto	15030,25	42,76	Mayor a 4 000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	15030,25	42,76
Total	35151,79	100,00	Total	35151,79	100,00

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, alrededor del 32,88% tienen limitaciones por baja temperatura (entre 7 a 15 °C) y pendientes que van de 9 a 60%. El cultivo de maíz desarrolla adecuadamente bajo las condiciones de 15 a 20°C de temperatura, precipitaron entre 500 a 700 mm y pendientes menores a 9%. La productividad lograda en los últimos años se encuentra en el nivel medio a bajo a nivel regional; e inferior al promedio nacional.

En el **mapa 25**, se presenta la distribución espacial de la aptitud agroclimática para el cultivo de maíz amiláceo en el Valle del Chumbao. Donde un 0,74% del área es apta para su cultivo, un 56,50% moderadamente apta y un 42,76% de tierras no aptas para su cultivo.

Mapa 25. Valle de Chumbao: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de maíz



Aptitud agroclimática del cultivo de haba

Según la tabla 96, solo el 528,87 ha (1,11%) de la zona de valle de Chumbao presenta las condiciones climáticas y edáficas adecuadas para el desarrollo y producción del cultivo de haba. Esta área presenta una temperatura de 13 a 20°C, precipitación de 500 a 1000 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 40 cm y textura franco arcillosa.

Alrededor del 67,88% presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas para este cultivo, según su requerimiento agroclimático, los factores limitantes son las temperaturas bajas, reducidas precipitaciones, pendiente y textura del suelo menos adecuadas. Cerca del 32,12% del área se considera no apta para el cultivo de haba, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura baja y precipitación muy escasas (fuera de rango mínimo de requerimiento del cultivo), pendiente muy escarpado (mayor a 60%). Adicionalmente las condiciones de textura y profundidad del suelo no son adecuadas.

Tabla 96. Aptitud agrícola del cultivo de haba en el valle de Chumbao

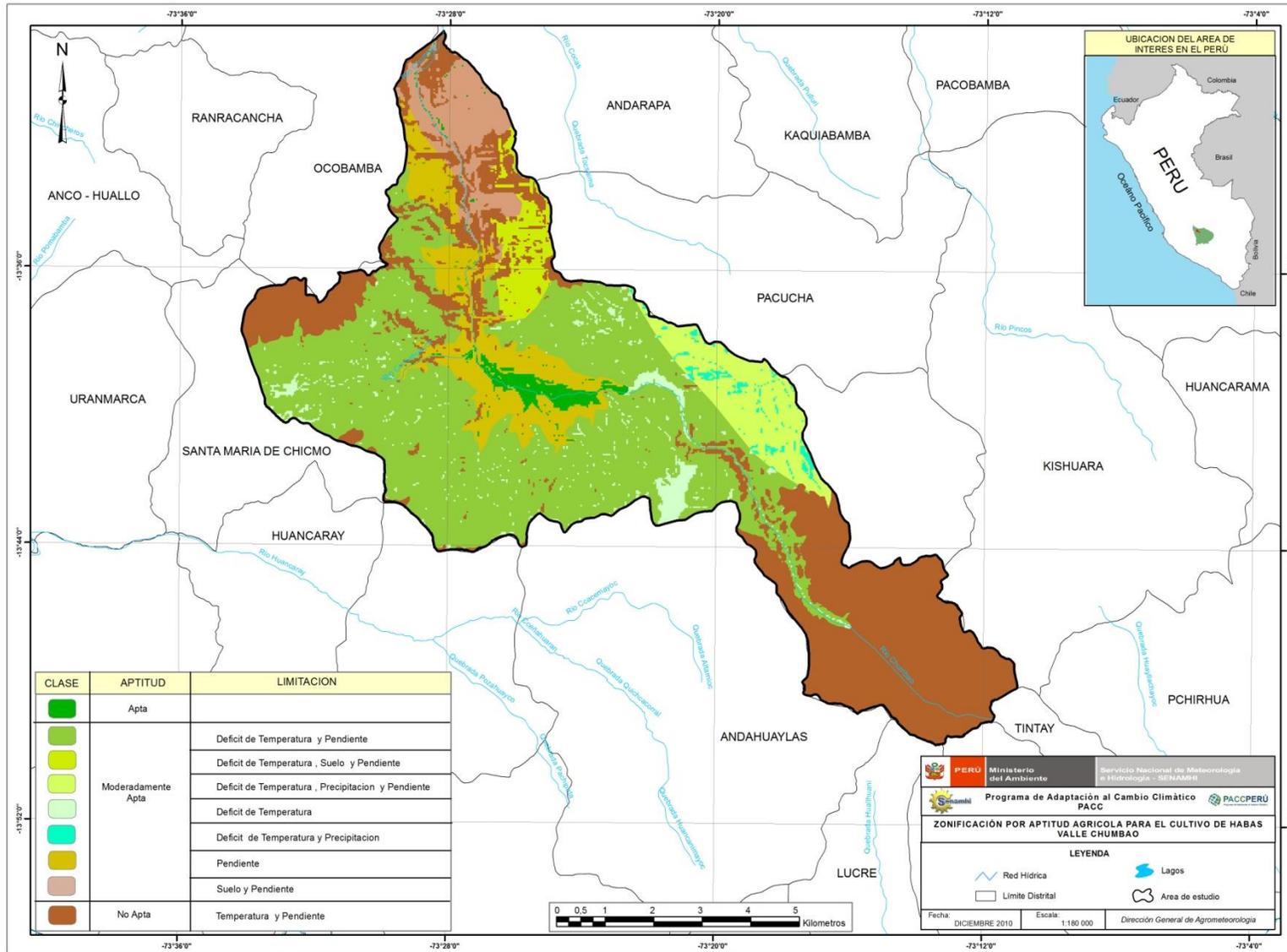
Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Apta	528,87	1,11	Los factores evaluados no son limitantes	528,87	1,11
Moderadamente apta	31752,45	66,77	Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada	3015,72	6,34
			Pendiente menos adecuada	6313,21	13,27
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento	1174,79	2,47
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada	21248,73	44,68
No apto	15277,26	32,12	Mayor a 4000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	15277,26	32,12
Total	47558,56	100,00	Total	47558,56	100,00

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca de 44,68% tienen limitaciones por baja temperatura (dentro del rango mínimo) y pendientes que limitan su desarrollo adecuado. Asimismo, un 13,27% de tierras muestra limitaciones sólo por pendiente. Este cultivo se desarrolla adecuadamente entre 13 y 20°C de temperatura, precipitación entre 500 y 1000 mm y pendientes menores a 9%.

La productividad del cultivo de haba logrado en los últimos años en el valle alcanza niveles bajos a medios a nivel regional y niveles bajos a nivel nacional. El cultivo de haba se caracteriza por su capacidad de desarrollar y producir bajo condiciones de baja fertilidad, tierras marginales, con bajos insumo (sin abonamiento) y casi exclusivamente en seco; sin embargo, el clima juega un papel muy importante.

La evaluación de las condiciones agroclimáticas (**mapa 26**), indica que en el valle de Chumbao, existe un área muy pequeña que presenta condiciones climáticas adecuadas para el cultivo de haba (1,11%), el 67,88% del área presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas, y un 32,12% de tierras no son aptas para su desarrollo.

Mapa 26. Valle de Chumbao: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de haba



10.2.2 Distrito de Curahuasi

En la tabla 97, se muestra que el distrito de Curahuasi abarca un área cercano a 90000 ha. La principal riqueza del valle de Curahuasi es su recurso agroclimático que constituye la base del sustento económico y alimenticio de los hogares. Por ello, la MDC (2004) afirma que las condiciones climáticas de la zona favorecen el desarrollo de una diversidad de cultivos, siendo los principales el maíz amiláceo, anís, papa, entre otros.

Aptitud agroclimática del cultivo papa mejorada

Según la **tabla 97**, en la zona de Curahuasi no existen áreas agroclimáticamente aptas para el cultivo de la papa. Los principales requerimientos agroclimáticos para el desarrollo óptimo del cultivo de la papa son: temperatura de 14 a 20 °C, precipitación de 500 a 1300 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 50 cm. El 42,54% de tierras presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas para el cultivo de papa, con la temperatura, pendiente y textura del suelo como factores limitantes; el resto del área (57,46%), se considera no apta para el cultivo de papa, debido principalmente a la altitud (mayor a 4000 msnm), temperatura y precipitación fuera del rango mínimo, pendiente muy escarpada (mayor a 60%), textura y profundidad del suelo no adecuadas.

Tabla 97. Aptitud agrícola del cultivo de papa en el distrito de Curahuasi

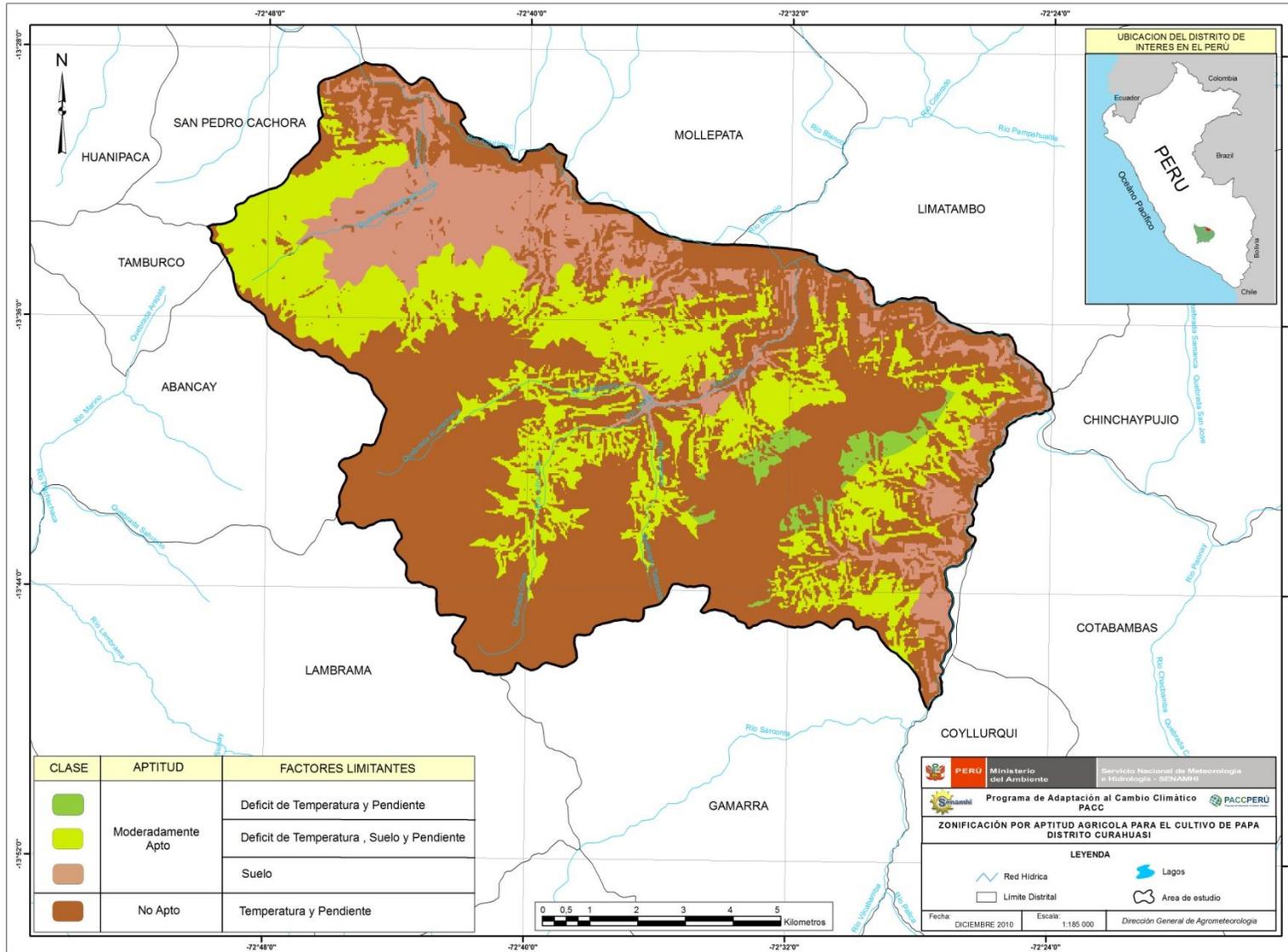
Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Moderadamente apta	41902,84	42,54	Textura y pendiente del suelo menos adecuado	14647,97	14,87
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento , la textura y la pendiente del suelo menos adecuada	27254,87	27,67
No apto	56599,93	57,46	Mayor a 4000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	56599,93	57,46
Total	98502,77	100,00	Total	98502,77	100,00

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, no existen limitaciones hídricas sino por temperaturas y pendientes que se encuentran dentro del rango mínimo. Es así que un 27,67% de tierras se encuentra limitado por temperaturas dentro del rango mínimo para el cultivo y por textura y pendiente no adecuadas.

La productividad de la papa lograda en los últimos años muestra un desempeño de medio a alto, con rendimiento promedio superior al promedio regional y nacional, lo cual se debe a la adopción de nuevas tecnologías y la accesibilidad a los mercados favorecido que en los últimos años el nivel de productividad de este cultivo haya mejorado notablemente.

La evaluación de las condiciones agroclimáticas indican que la zona de Curahuasi no presenta zonas agroclimáticamente aptas para la papa. Sin embargo, el 46,95% del área presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas, donde el factor limitante entre otras, es la baja temperatura, pero no la precipitación (**mapa 27**). Un 57,46% de tierras se presenta como no apta para el cultivo.

Mapa 27. Distrito de Curahuasi: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de papa



Aptitud agroclimática del cultivo de anís

Según la **tabla 98**, alrededor de 243,4825 ha (0,24%) de la zona de valle de Curahuasi presenta condiciones climáticas y edáficas adecuadas para la producción del anís. Presenta temperaturas de 12 a 18 °C, precipitación de 500 a 600 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 30 cm y textura franco arcillosa.

Alrededor del 21,24% del área presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente adecuadas para el cultivo de anís, según su requerimiento agroclimático. Los principales factores limitantes son la excesiva precipitación, bajas temperaturas, pendiente del terreno, la profundidad, entre otras. Mientras que el 78,52% del área se considera no apta para el cultivo de anís, los factores limitantes son principalmente la altitud (mayor a 3600 msnm), temperatura y precipitación fuera del rango mínimo de los cultivos, pendiente muy escarpado (mayor a 60%). Adicionalmente la textura y profundidad del suelo no son óptimas.

Dentro del rango del área con condiciones moderadamente aptas, el 15,92% de tierras presentan limitaciones por exceso de precipitación, pendientes que van de 9 a 60% y la textura del suelo menos adecuada que limitan el desarrollo del cultivo.

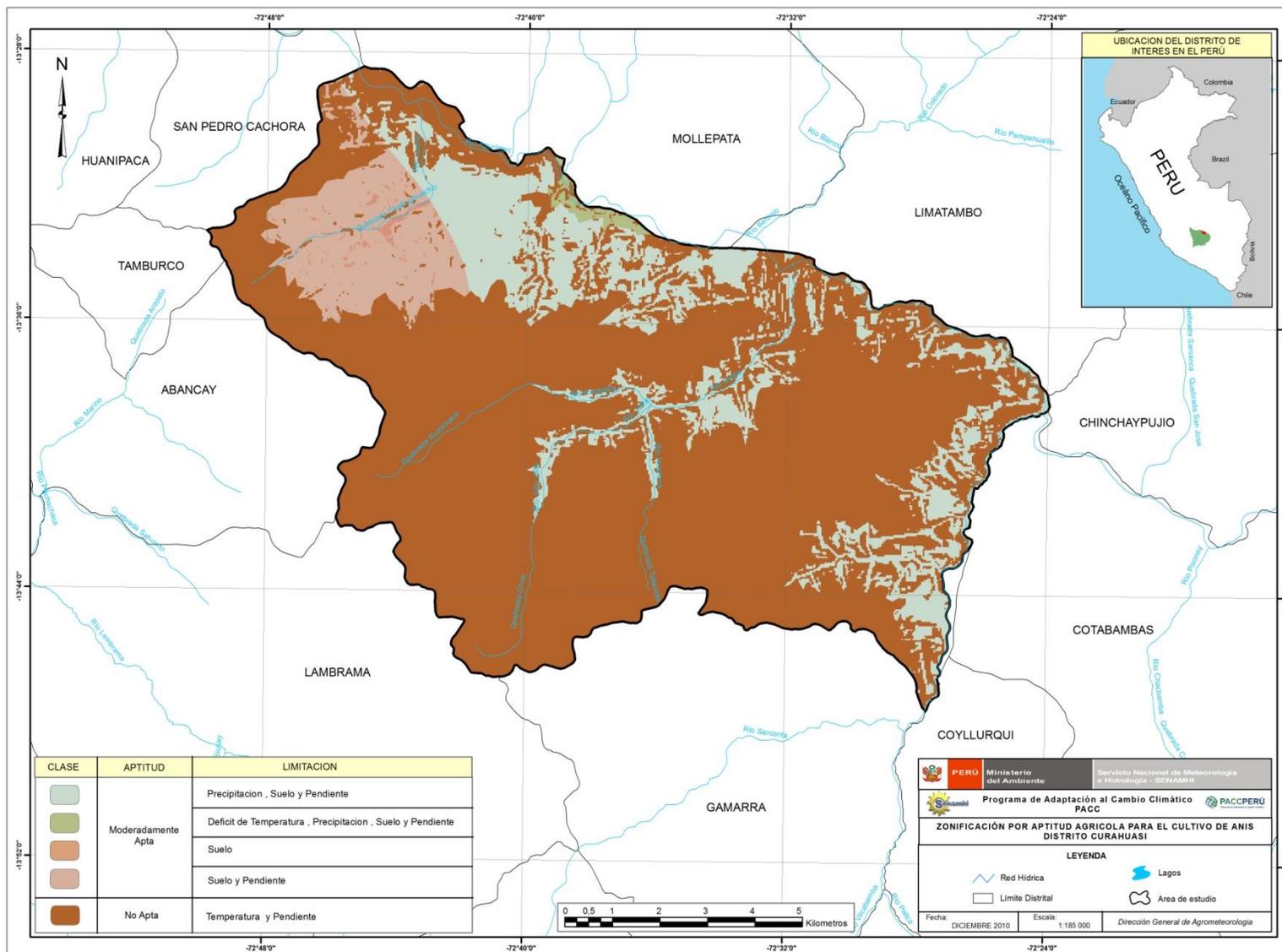
Tabla 98. Aptitud agrícola del cultivo de anís en el distrito de Curahuasi

Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Apta	243,48	0,24	Los factores evaluados no son limitantes	243,48	0,24
Moderadamente apta	22000,85	21,24	Precipitación en exceso (rango máximo), pendiente, textura y profundidad menos adecuada	484,80	0,47
			Precipitación en exceso (rango máximo), pendiente y la textura menos adecuada	16487,45	15,92
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento y la pendiente menos adecuada	5028,60	4,86
No apto	81324,60	78,52	Mayor a 3600 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	81324,60	78,52
Total	103568,93	100,00	Total	103568,93	100,00

La productividad del anís en los últimos años ha fluctuado entre un nivel medio y alto. Sin embargo, su comportamiento ha estado en descenso en los últimos años (**tabla 86**). Esto se debe a que es un cultivo muy especial en cuanto a sus requerimientos agroclimáticos: en el momento de la emergencia días con alta insolación matan la plántula; una lluvia ligera puede causar caída de flores durante la floración y puede ser responsable por la pudrición del grano en la cosecha (Casas, 1967 y Tamayo, 2005). Por otro lado, la inserción y el acceso del distrito de Curahuasi a los diferentes mercados (Cusco, Arequipa y Lima) ha originado que otros cultivos cobren mayor importancia, tales como maíz choclo, papa, hortalizas.

En el **mapa 28**, se presenta la distribución espacial de la aptitud agrícola del cultivo de anís en Curahuasi. Se cuenta con 0,24% de tierras aptas, un 21,24% de tierras moderadamente aptas y un significativo 78,52% de tierras no aptas para el cultivo.

Mapa 28. Distrito de Curahuasi: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de anís



Aptitud agroclimática del cultivo de maíz

Según la **tabla 99**, en Curahuasi no existe zonas con condiciones agroclimáticas óptimas para el cultivo de maíz. Teniendo en cuenta que el maíz 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 42,80% del área del valle presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas para este cultivo. El principal factor limitante es la temperatura, el cual se registra dentro del rango mínimo del requerimiento (7-15 °C), otros factores son las características físicas de los suelos tales como la textura y la pendiente.

El 57,2% del área se considera no apta para el cultivo de maíz, 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%), la textura y profundidad del suelo.

Tabla 99. Aptitud agrícola del cultivo de maíz en el distrito de Curahuasi

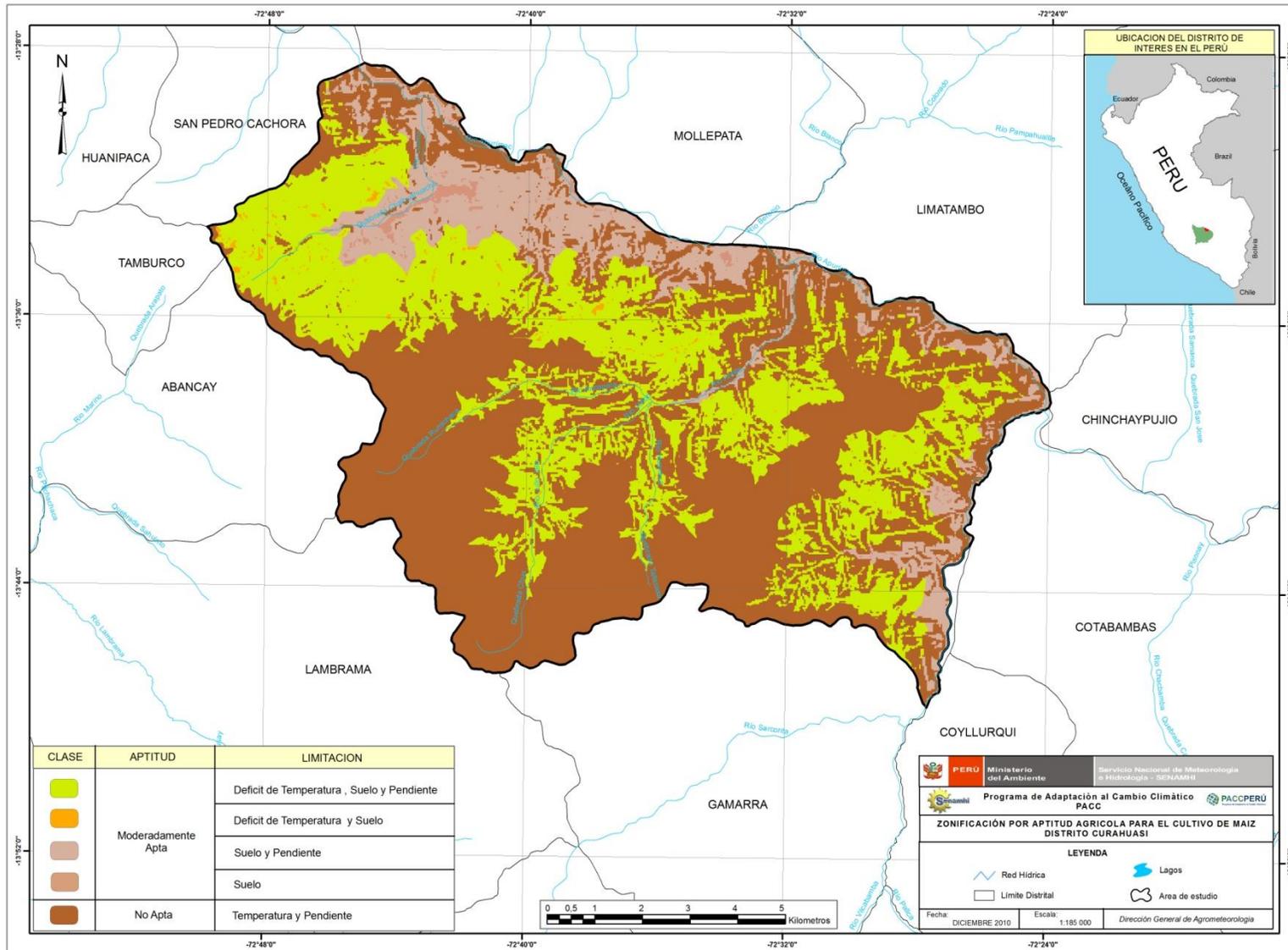
Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Moderadamente apto	45052,08	42,80	La condiciones de la textura del suelo es menos adecuada (arcillosa)	858,23	0,56
			Las condiciones de textura del suelo y la pendiente son menos adecuadas	11812,60	11,22
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo, la textura y pendiente del terreno menos adecuada	32186,80	30,58
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la textura del suelo menos adecuada	467,46	0,44
No apto	60200,87	57,20	Mayor a 4 000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	60200,87	57,20
Total	105252,95	100,00	Total	105252,95	100,00

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas cerca de 30,58% tienen limitaciones por temperatura (dentro del rango mínimo), pendientes que va de 9 a 60% y la textura del suelo menos adecuada que limitan su desarrollo.

La productividad del maíz en los últimos años ha fluctuado entre un nivel bajo y medio (**tabla 91**), con un comportamiento relativamente constante en los últimos años (**tabla 81**). El cultivo de maíz amiláceo (grano seco) se siembra básicamente en secano y depende exclusivamente de las lluvias, lo que refleja el desempeño agronómico en su productividad.

La evaluación de las condiciones agroclimáticas indican que Curahuasi no posee áreas con condiciones climáticas óptimas. El 42,80% de la zona presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas (**mapa 29**). El 57,2 % de tierras no son aptas para el cultivo.

Mapa 29. Distrito de Curahuasi: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de maíz



10.2.3 Microcuenca de Mollebamba

La microcuenca de Mollebamba abarca alrededor de 68000 ha. Se encuentra a una altitud de 3000 a 5200 msnm. Según Social Sustainable Solutions (2009), los principales cultivos de la zona son: papa, maíz, haba, cebada, trigo, oca, olluco, etc. Los tubérculos se siembran en las partes altas en las zonas denominadas laymes⁹.

Aptitud agroclimática de papa nativa

A partir de la **tabla 100**, se muestra que en la zona de Mollebamba no existe zona con condiciones climáticas y edáficas óptimas para el cultivo de papa nativa. Teniendo en cuenta que los principales requerimientos agroclimáticos del cultivo son: temperatura de 8 a 14 °C, precipitación de 900 a 1100 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 30 cm.

Alrededor del 16,95% del área presenta condiciones agroclimáticas moderadamente aptas para el cultivo de papa nativa. El principal factor limitante es la reducida precipitación, la pendiente del terreno y las características físicas del suelo tal como la textura. El 83,05% del área se considera no apta para el cultivo de papa nativa, los factores limitantes son: altitud (mayor a 4200 msnm), temperatura mínima y precipitación (fuera de rango de requerimiento del cultivo), pendiente muy escarpado (mayor a 60%) y la textura y profundidad del suelo no son adecuadas.

Tabla 100. Aptitud agrícola del cultivo de papa nativa en la microcuenca de Mollebamba

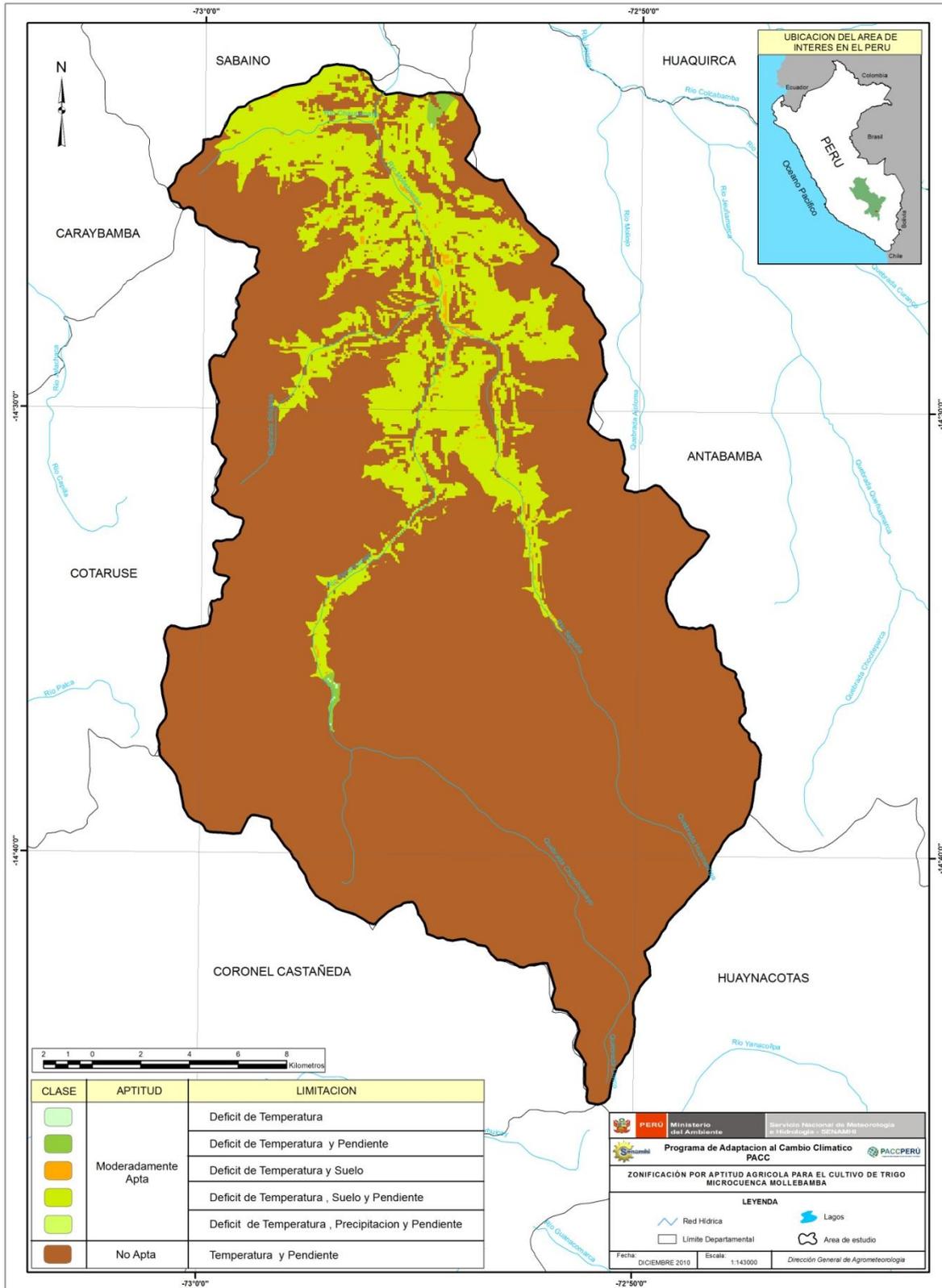
Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Moderadamente apto	11659,71	16,95	Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del suelo menos adecuada	223,98	0,33
			Precipitación en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la textura del suelo menos adecuada	311,40	0,45
			Precipitación en el rango mínimo de requerimiento del cultivo, la textura y pendiente del suelo menos adecuada	11124,23	16,17
No apto	57139,64	83,05	Mayor a 4200 y menor a 3000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	57139,64	83,05
Total	68799,35	100,00	Total	68799,35	100,00

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca del 16,17% tienen limitaciones por bajas precipitaciones, pendientes que va de 9 a 60% y la textura del suelo menos adecuada.

Las condiciones agroclimáticas indican que la zona de Mollebamba no posee áreas con condiciones de clima y suelo óptimas adecuadas. Sin embargo, 16,95% de la zona presenta condiciones agroclimáticas moderadamente aptas, donde el principal factor limitante es la escasa precipitación, así como la textura y la pendiente. Un 83,05% de tierras se presentan como no aptas para el cultivo (**mapa 30**).

⁹ Agricultura migratoria en las zonas altas

Mapa 30. Microcuenca de Mollebamba: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de papa nativa



Aptitud agroclimática del cultivo de alfalfa

Según la **tabla 101**, la microcuenca de Mollebamba, no presenta condiciones climáticas óptimas para el cultivo de alfalfa. Este cultivo requiere: temperatura de 14 a 17 °C, precipitación entre 700 a 900 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 100 cm.

Alrededor del 16,40% del área de la microcuenca presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas para la alfalfa, con limitaciones por baja temperatura, pendiente del terreno, profundidad y características físicas de los suelos tales como la textura.

Sin embargo, el 83,60% del área se considera no apta para el cultivo de alfalfa, 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%). Adicionalmente las condiciones de textura y profundidad del suelo al parecer no son adecuadas.

Tabla 101. Aptitud agrícola del cultivo de alfalfa en la microcuenca de Mollebamba

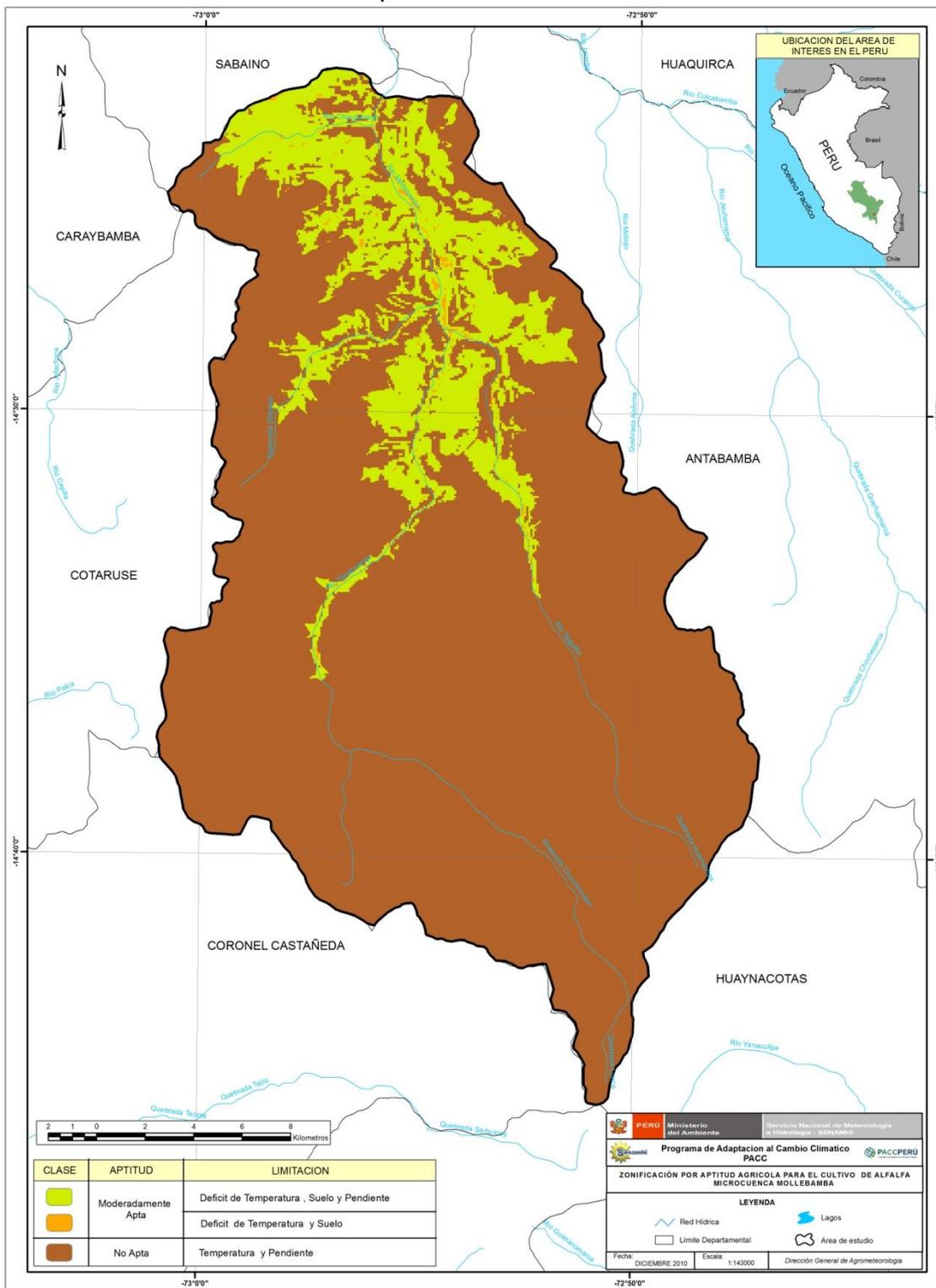
Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Moderadamente apto	11721,12	16,40	Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente y textura del suelo menos adecuada	11493,53	16,08
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la textura y profundidad del suelo menos adecuada	227,59	0,32
No apto	59742,80	83,60	Mayor a 4 200 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	59742,80	83,60
Total	71463,92	100,00	Total	71190,09	100,00

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca del 16,08% tienen limitaciones por temperatura dentro de rango mínimo (5 a 14°C), pendientes que van de 9 a 60%, profundidad (menor a 100 cm) y la textura del suelo menos adecuada.

La mayoría de las áreas sembradas de alfalfa poseen fuentes de agua propias, lo que le favorece la producción todo el año. Cabe destacar que el sistema que utilizan es el corte (muy pocos en pastoreo), la principal limitante que presenta este cultivo en la zona es la presencia de heladas entre los meses de abril a agosto.

El **mapa 31**, muestra la distribución espacial de la aptitud agroclimática del cultivo de alfalfa en la microcuenca de Mollebamba; donde se observa que sólo el 16,4% de tierras presenta condiciones agroclimáticas óptimas para el crecimiento del cultivo y un 83,6% muestra zonas no aptas.

Mapa 31. Microcuenca de Mollebamba: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de alfalfa



Aptitud agroclimática del cultivo de cebada

De acuerdo a la **tabla 102**, la microcuenca de Mollebamba, no posee zonas con condiciones climáticas y edáficas aptas para este cultivo. Sus requerimientos agroclimáticos óptimos son: temperatura entre 15 y 25 °C, precipitación de 600 a 1100 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 50 cm.

Alrededor del 18,16% del área de la microcuenca presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente óptimas para el cultivo de cebada. Con limitaciones por baja temperatura, pendiente del terreno, profundidad y características físicas del suelo tales como textura, entre otras.

Mientras que alrededor del 81,84% 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%). Adicionalmente las condiciones de textura y profundidad del suelo al parecer no son adecuadas.

Tabla 102. Aptitud agrícola del cultivo de cebada en la microcuenca de Mollebamba

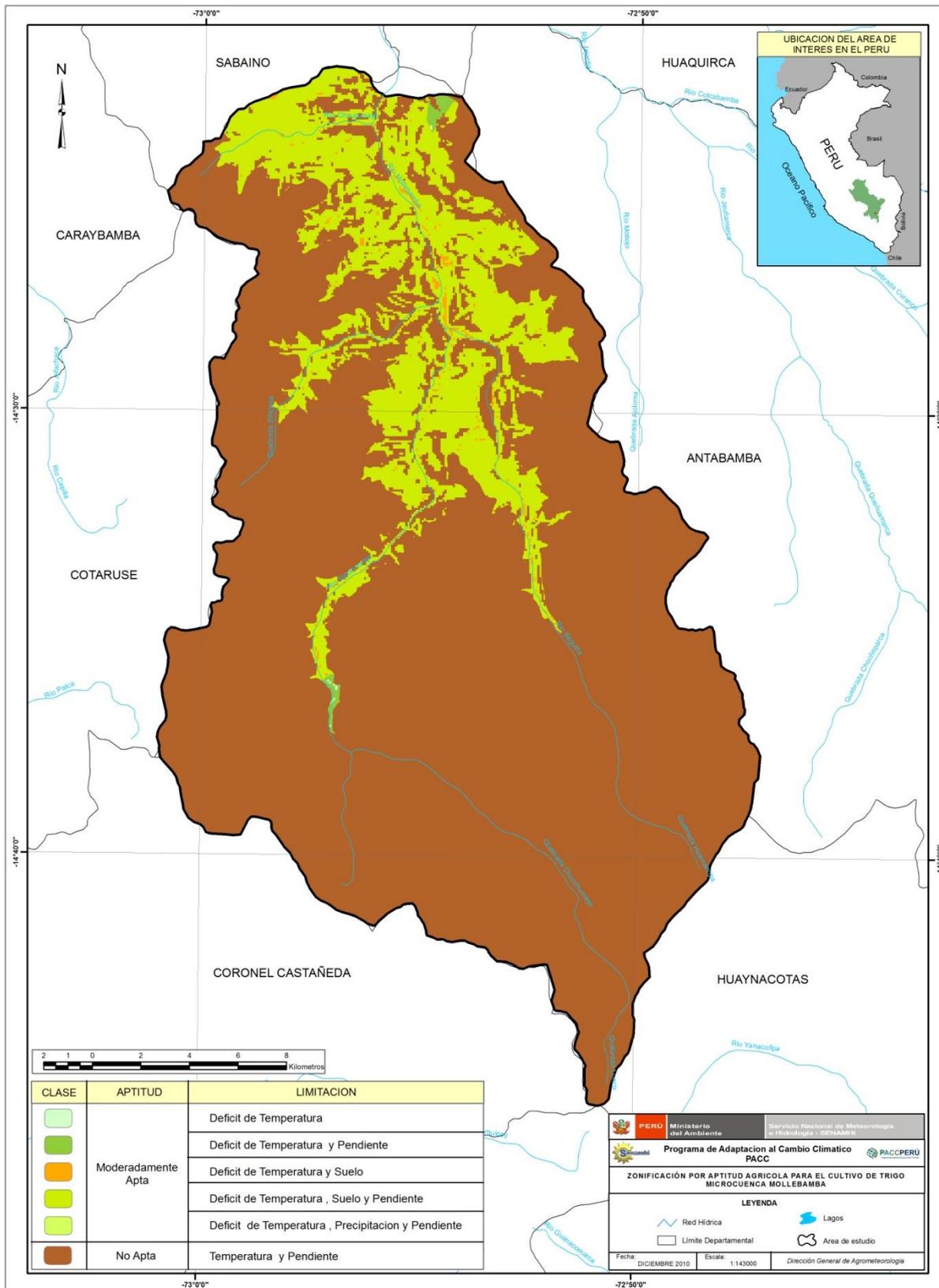
Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Moderadamente apto	12927,69	18,16	Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente y textura del suelo menos adecuada	12420,50	17,45
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del terreno menos adecuada	240,59	0,34
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la textura del suelo menos adecuada	266,60	0,37
No apto	58262,40	81,84	Mayor a 4 000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	58262,40	81,84
Total	71190,09	100,00	Total	71190,09	100,00

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas, cerca del 17,45% tienen limitaciones por temperatura (en el rango mínimo de requerimiento, 5 a 14 °C), pendientes que va de 9 a 60% y la textura del suelo menos adecuada.

La productividad de la cebada en los últimos años ha fluctuado entre un nivel medio y bajo, y su comportamiento ha sido relativamente constante.

La cebada se siembra básicamente en seco y depende exclusivamente de las lluvias, para este cultivo se destina tierras marginales de poca fertilidad, lo que estaría reflejando su productividad lograda a la largo de los últimos 12 años. El **mapa 32**, muestra la distribución espacial de la aptitud agroclimática del cultivo de cebada, donde se observa que el 18,16% de la zona presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas para el cultivo y un 81,64% de zona no apta.

Mapa 32. Microcuenca de Mollebamba: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de cebada



Aptitud agroclimática del cultivo de trigo

Según la tabla **103**, la microcuenca de Mollebamba no posee zonas con condiciones climáticas y edáficas óptimas para el cultivo del trigo. Siendo los requerimientos agroclimáticos óptimos del cultivo: temperatura de 18 a 25 °C, precipitación de 450 a 800 mm, pendiente menor a 8%, profundidad mayor a 40 cm, principalmente.

Alrededor del 18,30% del área de la microcuenca presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas para el cultivo de trigo. Los principales factores limitantes son la baja temperatura y la escasa precipitación (5-18 °C y 200- 450 mm), así como la pendiente del terreno, entre otras.

Sin embargo, el 81,70% del área se considera no apta para el cultivo de trigo, donde 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%). Adicionalmente las condiciones de textura del suelo.

Tabla 103. Aptitud agrícola del cultivo de trigo en la microcuenca de Mollebamba

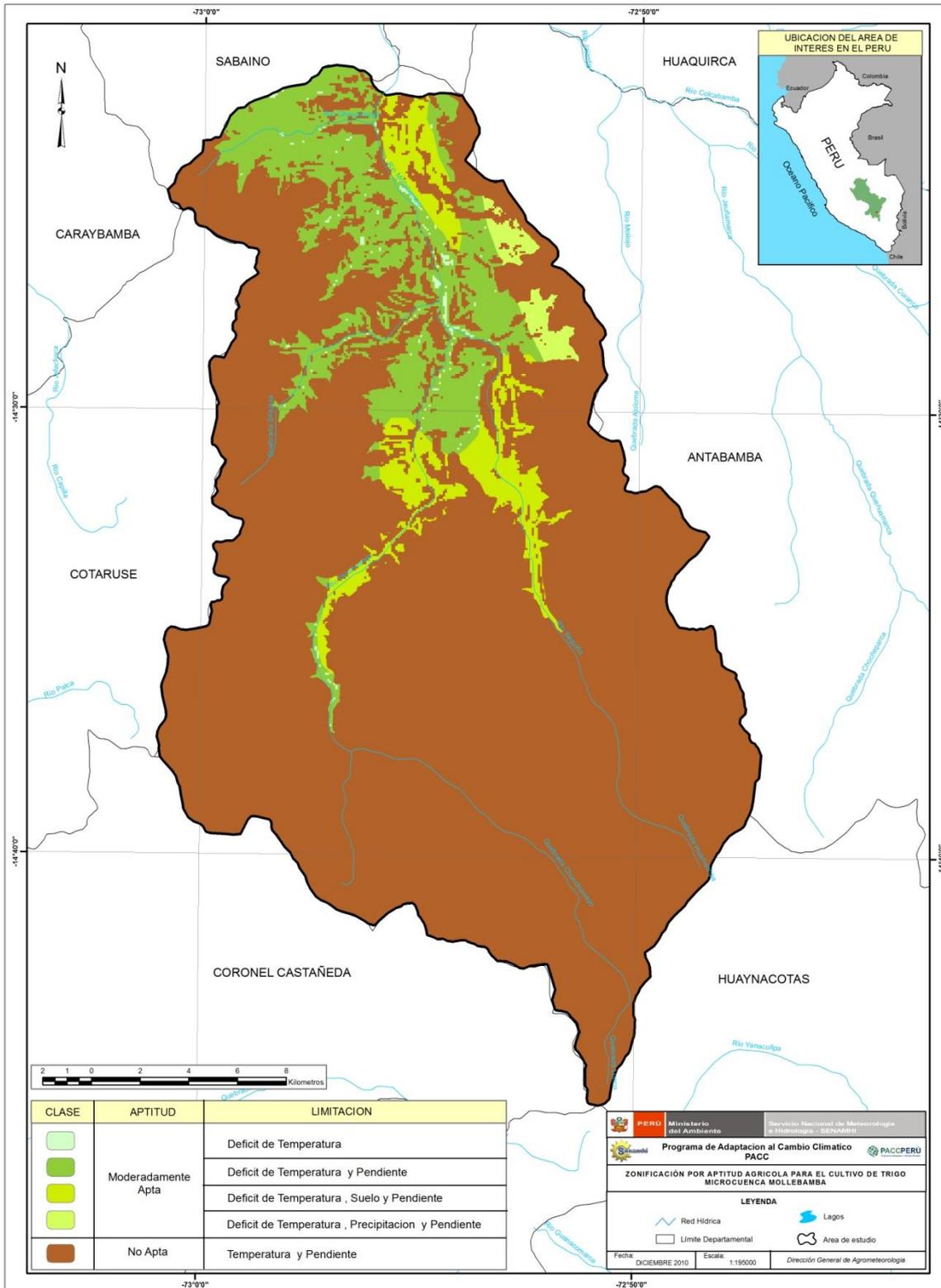
Aptitud	Área por clase		Factores limitantes	Área por categoría	
	ha	%		ha	%
Moderadamente apto	13051,96	18,30	Temperatura y precipitación en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del suelo menos adecuada	752,85	1,06
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento	196,52	0,28
			Temperatura en el rango mínimo de requerimiento del cultivo y la pendiente del suelo menos adecuada	12102,60	16,97
No apto	58279,74	81,70	Mayor a 4 000 msnm, temperatura, precipitación y pendiente fuera del rango del cultivo	58279,74	81,70
Total	71331,70	100,00	Total	71331,70	100,00

Dentro de la categoría de tierras moderadamente aptas cerca de 16,97% presentan limitaciones por temperatura mínima y pendiente que va de 9 a 60%.

La productividad del trigo en los últimos años ha fluctuado entre un nivel medio y bajo (**tabla 16**) y ha permanecido constante. Cabe destacar, que la productividad del trigo en Mollebamba es la más baja de la zona (**tabla 9**). Al igual que la cebada, el trigo se siembra básicamente en seco y depende exclusivamente de las lluvias, para este cultivo se destina tierras marginales de poca fertilidad.

En el **mapa 33** se muestra la distribución espacial de la aptitud agroclimática, se observa la que la zona de Mollebamba no posee áreas con condiciones agroclimáticas aptas para el trigo. Sin embargo, el 18,30% de la zona presenta condiciones climáticas y edáficas moderadamente aptas y un 81,70% de áreas no aptas para este cultivo.

Mapa 33. Microcuenca de Mollebamba: Tierras según aptitud agroclimática para el cultivo de trigo



XII. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Agraria Antabamba (AA- Antabamba), 2010. Entrevista al director de la AA – Antabamba. Ing. Agrónomo Hernán Hugo Solano.
- Alarcón Velazco, C. 1991. Caracterización Agroclimática del Departamento de Cusco. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis de Ing. Meteorólogo.
- Alcántara Casquier, J. 1995. Estudio del mercado japonés para el anís peruano proveniente de los valles de Moquegua y Apurímac.
- Altet Gazzo, A. 2006. Determinación de zonas potenciales para el cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en los departamentos de Cusco y Junín mediante el uso de teledetección. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú Tesis de Magister Scientiae.
- Amorós Briones, 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 Camacho M, 2004. Cultivo de alfalfa con riego por goteo sub-superficial. México.
- Arias J.; Flores A.; 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 - Lima Perú.
- Arrieta I. y C. Romero, 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, 2010. Acidez del suelo. Disponible en:
http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/acidez_suelo.pdf
- Baldión J. 1987. Conceptos básicos y métodos de cálculo del Balance Hídrico. HIMAT. Bogotá. D.E. Colombia.
- Balladares Fernández, 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 Ramírez, 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.
- Burgos J.J. 1963. Las Heladas en la Argentina. Colección INTA. Vol. III. 388 p. Buenos Aires.
- 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 Italooperuano. 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 Salazar, 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 Mahón (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 nativas en Huancavelica. Huancavelica - Perú.
- Cépeda M. y G. Morales, G. 2003. La papa. El fruto de la tierra. Trillas-México
- Chang J.H. 1968. Climate and Agriculture. An Ecological Survey. Aldine Publishing Co. Chicago, USA. 340 p.
- Chiappe, L. 1968 Cultivos alimenticios. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.
- 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.
- Consorcio Villarrica. 2009. Estudio Definitivo para la rehabilitación de la Carretera Chanchamayo-Villarrica, tramo: Puente Paucartambo-Villarrica. Sección: Línea base ambiental. Lima Perú. Disponible en: www.mtc.gob.pe/portal/

- 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.
- 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.
- Crosara, 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.
- Curioni, A. y Arizio, O. 1997. Plantas aromáticas y medicinales - Umbelíferas. Hemisferio sur. Buenos Aires Argentina.
- 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 Apurímac (DRA-Apurímac) subregional Andahuaylas, 2010. Entrevista al Ing. Agrónomo Gregorio Muñoz Sánchez, responsable de campo Distrito de Santa María de Chicmo; al Bach. Agronomía Huber Vera Velásquez, técnico de campo; al Bach. Agronomía Esteban Pérez Velásquez,

técnico de campo y al Ing. Agrónomo Yuri Mallma, coordinador del proyecto papa nativa.

- Dirección Regional Agraria Cusco y Apurímac (DRA). 2008. Datos estadísticos de campañas agrícolas 2000-2008, de la región Cusco y Apurímac.
- Dirección Regional Agraria Cusco (DRA-Cusco). 2008. Datos estadísticos de campañas agrícolas 1997- 2008, de la región Cusco y Apurímac.
- Distrito Talavera-Pischo. 2008. Diagnostico Global Participativo (DGP). Perfil agrológico de la comunidad. Gerencia departamental Apurímac. Agencia zonal de Andahuaylas-Chincheros.
- Egúsquiza, R. 2010. Docente de la Universidad Nacional Agraria y especialista en cultivo de papa. Comunicación personal
- Enrique Dongo, 2010. Técnico agropecuario. Entrevista personal. Comunidad de Mollebamba
- 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. 1991. 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.
- FAO. 1978. Agroecological Zones Project. World Soil resources. Report Nun. 48 Vol. I. Africa Geneva. Switzerland. 158 p.
- FAO. 2010. Software Aquapro.
- FAO. 2006. Evapotranspiración del Cultivo. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. Roma.
- Flores, A. y Malpartida, E. 1987. Manejo de praderas nativas y pasturas en la región altoandina. Tomo I. Fondo del Libro. Lima Perú.
- García Alanís, 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. 2008. Programa “Tarpunapaq Yacu”- Construcción irrigación Ccaccañe imaya vita. Memoria descriptiva. Microcuenca de Mollebamba – Apurímac. Perú

- Gómez, L. 2005. Curso de cereales menores y granos nativos. Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Agronomía. Lima 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.
- Gran Alianza Nacionalista Cusco (GANC), 2010. Plan de Gobierno Local. Gestión 2011 – 2014. Municipalidad distrital de Marangani. Marangani – Cusco.
- Horque, 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, 1 990. Informe sobre la producción e Investigación en el cultivo de habas (*Vicia faba* L.) en el Perú. Lima - Perú.
- Horton, D. 1979. Centro Internacional de la papa (CIP). La papa, producción, comercialización y programas. Hemisferio - sur. Montevideo.
- Huamán Sosa, J. 1995. El cultivo de anís en el valle de Curahuasi. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - Dirección General de Agrometeorología. Lima Perú.
- Huanco, J.; Blas, R.; Quispe, M. y Ugás, R. 2008. Pampa Corral. Catálogo de sus papas nativas. Lima – Perú
- Huancos, V. 1999. Potencial de papas nativas en el altiplano de Puno. En: Mesa Redonda I, 1 991. La paz - Bolivia. Potencial de papas nativas en el altiplano de Puno. INIA - Puno – Perú.
- Huarac, Q. 2008. Estudio Subsectorial del cultivo del anís (*Pimpinella anisum* L.) en el distrito de Curahuasi. Curahuasi – Abancay – 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 Superior Tecnológico de Antabamba (ISTP – Antabamba), 2010. Entrevistas al docente Ing. Agrónomo Fernando Huachaca Félix y al Docente Ing. Agrónomo Aníbal Calderón Rojas.
- 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 Ríos, 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.) variedad Tomasa Condemayta. Universidad Nacional Agraria La Molina Lima – Perú Tesis de Ing. Meteorólogo.
- López Salguero, 2004. Caracterización morfológica y fenológica de una plantación de zarzaparrilla (*Smilax domingensis* Willd.), en el municipio de Samayac Suchitepéquez. Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de Ing. Agrónomo. Guatemala.
- López, P.; Egúsqüiza, R. y Villagomez, V. 1980. El cultivo de la papa. Centro Nacional de Capacitación para la reforma Agraria (CENARA). Lima - Perú.
- Manrique Chávez, A. 1988. El maíz en el Perú. Fondo de Promoción de la Cultura Agraria. Lima Perú.
- 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.
- Marca Cáceres, C. 1991. 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 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 de Agricultura (MINAG), 2010. Datos de campaña agrícola 1997-2009, Lima - Perú.
- Ministério de Agricultura (MINAG) (2010). Calendário Agrícola. Disponible en: www.minag.gov.pe/agricola/calendario-agricola.html.

- Miranda Casana, 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.
- Montalvo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José - Costa Rica.
- Municipalidad distrital de Curahuasi (MDC), 2004. Plan de desarrollo distrital de Curahuasi.
- Municipalidad distrital de Curahuasi (MDC, 2007). Plan de desarrollo económico del distrito de Curahuasi al 2017.
- Municipalidad de Curahuasi, 2007. Plan de Desarrollo Económico del Distrito de Curahuasi (PDEDC). Gerencia de desarrollo económico y social de la Municipalidad Distrital de Curahuasi.
- Municipalidad Distrital de San Salvador (MDSS), 2005. Plan de desarrollo concertado del distrito de San Salvador. Cusco, 2005.
- Municipalidad Distrital de San Salvador. 2005. Plan de Desarrollo Concertado del Distrito de San Salvador al 2014 (PDC), Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas (CBC) y Consejo de Coordinación Local del distrito (CCLD)
- Municipalidad Provincial de Andahuaylas (MPA), 2004. Plan de desarrollo concertado de la provincia de Andahuaylas. Andahuaylas, 2004.
- Municipalidad Provincial de Andahuaylas (MPA), 2004. Plan de desarrollo concertado de la provincia de Andahuaylas. 2004-2014.
- Municipalidad Provincial de Andahuaylas 2004. Plan de desarrollo concertado distrital (PDC) 2004-2010.
- Municipalidad Distrital de San Andrés de Checca. 2004. Plan de Desarrollo Distrital Concertado 2004-2013.
- 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), 1981. Mapa de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras del Perú.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), 1986. Inventario y evaluación de los recursos naturales de la zona alto andina del Perú (reconocimiento) volumen II. Cusco. 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. 1991. 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 Batallanos, J. 1993. Procesamiento Post cosecha del anís (*Pimpinella anisum* L.). Estudio de Pre - Factibilidad para Curahuasi - Apurímac. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Cusco - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo
- 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. 2003. 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 de Desarrollo Rural Sostenible Cajamarca (PDRSC) – GTZ. 2009. Tecnología de manejo y conservación de recursos naturales para reducir la vulnerabilidad frente a fenómenos naturales y socio naturales. Cajamarca.
- 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 2 008.
- Proyecto: “Construcción del Sistema de Riego Presurizado en el Sector de Silco y Silcobamba de la comunidad de Silco, 2008. Distrito JEM, Prov. Antabamba, Dpto. Apurímac”
- Pugar Vidal, J. 1996. Geografía del Perú: Las Ocho Regiones Naturales. Editorial Peisa S.A., Decima edición, Lima – Perú.
- Quinteros, 2002. Dosificación de fosforo según tipos de suelo. Universidad Nacional de Entre ríos (UNER). Informaciones agronómicas de cono sur N° 16. 2002. Entre Ríos – Argentina.
- Quiñones Eusebio, A. 1994. Descripción morfológica de papas nativas en Ancash y Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.

- Quispe Chipana, 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.
- 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. Bolivia – 2003
- Riebel, G. 2008 potenciales del fortalecimiento de la cadena productiva del anís Curahuasino y las posibilidades de exportación. Informe final. Abancay – 2008.
- Rivera Castillo, 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. Cobertura vegetal y usos actuales del territorio zonificación ecológica económico – ordenamiento Territorial – Cajamarca. Gobierno Regional de Cajamarca – Subgerencia de Acondicionamiento territorial. Cajamarca 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.
- Rubén Toledo, 2006. Etapas fenológicas del cultivo de soya. Facultad de ciencias Agraria de la Universidad. Buenos aires Argentina.
- Rucks L. García F. Kaplan A. Ponce de León J. Hill M. 2004. Propiedades físicas del suelo. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomía. Montevideo – Uruguay – 2004.
- Schroeder, 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), 2010. Atlas de Heladas del Perú. Lima-Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) del Perú, 2009. Manual de Observaciones fenológicas. Dirección General de Agrometeorología. Lima – Perú.

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI-DGA) .2010. Datos fenológicos de las estaciones meteorológicas de la región Cusco y Apurímac. Año 2003 -2010
- 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.
- 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 aspersión en laderas. Proyecto Manejo Sostenible de suelos y agua en laderas (MASAL). Cusco – Perú.
- Tamayo Segovia, 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. 1991. 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 Freeze lees years. Mon. Wer. Rev 87(4): 36-144.
- Thornthwaite, C.W. y Mater, J.R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the Water balances. Publ. in Climatology Vol. X. N° 3- Centertown, N. Y.
- United States Department of Agriculture (USDA, 2006). Soil Taxonomy. Disponible en: <http://soils.usda.gov/technical/classification/taxonomy/>.
- Universidad Nacional Agraria La Molina, 2009. Separatas del curso de edafología. Facultad de Agronomía UNALM.
- Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), 1977. 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 Experimental de los Llanos Orientales "Ezequiel Zamora" (UNELLO) - Fundación Polar. 1993. Metodología de transferencia tecnológica en el cultivo de maíz. Caracas - Venezuela.
- Villanueva, R. 1974. Cultivo de trigo en el Perú. Ministerio de Agricultura - Dirección General de Producción Agraria - Lima Perú.
- Villapando I.J.F. y García E. 1993. Agroclimatología de Jalisco. Anexo Cartográfico. Univ. De Guadalajara- IBLP. Guadalajara, Jalisco. 40 p.
- Villareal. 2010. Cultivo de alfalfa. AGROVILLA S.A.
- Walsh y Concesionaria IIRSA SUR. 2005. Interconexión vía Iñapari – Puerto Maldonado del sur tramo II (ETAPA I).
- 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 Comparativo de calidad de 24 variedades e híbridos de trigo, sembrados en la costa y sierra. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Tesis de Ing. Agrónomo.