

Programa Presupuestal 0089  
“Reducción de la Degradación de los  
Suelos Agrarios”

# Caracterización agroclimática de los distritos de Pampas y Santiago de Túcuma, Huancavelica



Lima-Perú  
2017



**Programa Presupuestal 0089**  
**“Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios”**

Caracterización agroclimática de los  
distritos de Pampas y Santiago de  
Túcuma, Huancavelica

---

**AMELIA DÍAZ PABLÓ**

Presidenta Ejecutiva del SENAMHI

**CONSTANTINO ALACÓN VELAZCO**

Director de Agrometeorología

**KARIM QUEVEDO CAIÑA**

Subdirectora de la Subdirección de Estudios e Investigaciones  
Agrometeorológicas

Equipo técnico

**LUIS ANGEL CRUZADO CUZQUEN**

**GUISSEPPE VÁSQUEZ VILLANO**

**MANUEL ORTEGA MAMANI**

**KARIM QUEVEDO CAIÑA**

Esta publicación ha sido elaborada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) en el marco del Programa Presupuestal 0089 “Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios”.

---

Derechos Reservados

© Mayo 2017

Impreso por:

Dirección:

Primera edición:

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°

IMPRESO EN EL PERÚ

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	6
II.	DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	6
2.1	UBICACIÓN.....	6
2.2	ASPECTOS DEL MEDIO FISICO.....	7
2.2.1	HIDROGRAFÍA.....	7
2.2.2	CLIMA.....	9
2.3	AGRICULTURA.....	19
2.3.1	ESTRUCTURA DEL ESPACIO AGROPECUARIO.....	19
2.3.1.1	SUPERFICIE AGRÍCOLA.....	19
2.3.1.1.1	SUPERFICIE AGRÍCOLA BAJO RIEGO Y SECANO.....	19
2.3.1.1.2	COMPONENTES DE LA SUPERFICIE AGRÍCOLA.....	20
2.3.1.2	SUPERFICIE NO AGRÍCOLA.....	23
2.3.2	ESTRUCTURA DE LA ACTIVIDAD PECUARIA.....	24
2.3.3	PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.....	25
III.	OBJETIVOS.....	29
3.1	Objetivo general.....	29
3.2	Objetivos específicos.....	29
IV.	METODOLOGÍA.....	30
4.1	BASE DE DATOS.....	30
4.1.1	Climática.....	30
4.1.2	Agrícola.....	34
4.2	EVALUACIÓN DE CULTIVOS.....	34
4.3	EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA.....	34
4.4	PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS.....	37
V.	CARACTERIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS PRIORIZADOS.....	38
5.1	REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS.....	38
5.1.1	Arveja.....	38
5.1.2	Cebada grano.....	41
5.1.3	Maíz amiláceo.....	43
5.1.4	Papa mejorada.....	44
5.1.5	Papa nativa.....	46
5.2	FENOLOGÍA.....	49
5.3	ESTACIONALIDAD HISTÓRICA DE LAS SIEMBRAS Y COSECHAS.....	52

VI.	COMPORTAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL CLIMA DURANTE EL PERÍODO AGRÍCOLA.....	57
6.1	TEMPERATURA DEL AIRE.....	58
6.1.1	Distribución temporal.....	58
6.1.2	Distribución espacial.....	60
6.2	HELADAS METEOROLÓGICAS Y AGRONÓMICAS.....	65
6.2.1	Heladas meteorológicas.....	65
6.2.2	Heladas agronómicas.....	66
6.3	PRECIPITACIÓN.....	69
6.3.1	Inicio del período lluvioso.....	69
6.3.2	Distribución temporal.....	70
6.3.3	Distribución espacial.....	71
6.4	SEQUIAS AGRÍCOLAS.....	72
6.5	EVAPOTRANSPIRACIÓN REFERENCIAL.....	73
6.5.1	Distribución temporal.....	73
6.5.2	Distribución espacial.....	74
6.6	HUMEDAD RELATIVA.....	74
6.6.1	Distribución temporal.....	74
6.6.2	Distribución espacial.....	78
6.7	RADIACIÓN SOLAR.....	80
6.8	VIENTO.....	81
6.8.1	Distribución temporal.....	81
6.8.2	Distribución estacional.....	82
6.9	BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA.....	82
6.9.1	CULTIVO DE ARVEJA.....	83
6.9.2	CULTIVO DE CEBADA.....	83
6.9.3	CULTIVO DE MAÍZ AMILÁCEO.....	87
6.9.4	CULTIVO DE PAPA.....	89
VII.	PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS.....	92
7.1	PERCEPCIONES SOBRE LOS EVENTOS EXTREMOS QUE CAUSAN UN MAYOR DAÑO EN LA AGRICULTURA.....	92
7.2	PERCEPCIONES PARA PREDECIR EL CLIMA Y LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.....	93
7.3	PERCEPCIONES DEL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA AGRICULTURA.....	95

7.4	PERCEPCIONES SOBRE VARIEDADES DE CULTIVOS SENSIBLES Y ADAPTADOS A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.....	97
7.5	PERCEPCIONES SOBRE MEDIDAS PARA CONTRARRESTAR EL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS.....	99
7.6	PERCEPCIÓN SOBRE LA IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN AGROCLIMÁTICA Y SU DIFUSIÓN A LOS POBLADORES LOCALES.....	100
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

## CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LOS DISTRITOS DE SANTIAGO DE TUCUMA Y PAMPAS, DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA

### I. INTRODUCCIÓN

El clima es el factor ecológico que más influye en los sistemas de producción agropecuaria de una región. Entender la importancia de las condiciones climáticas que inciden sobre los cultivos, mediante la caracterización espacial y temporal, permite valorar el potencial de los elementos del clima disponible, sus restricciones y posibles efectos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por ello, es necesario estudiar la climatología y la variabilidad histórica de los parámetros climáticos más relevantes para la agricultura tales como la temperatura del aire, precipitación, evapotranspiración referencial, humedad relativa, radiación solar y viento. Asimismo para complementar la información climatológica también es importante realizar el estudio del régimen hídrico en base a modelos de balance hídrico de suelos para conocer la disponibilidad de agua durante la campaña agrícola de cada cultivo.

En este contexto y en el marco del PP 0089 "Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios" se realiza la "Caracterización Agroclimática de los Distritos de Santiago de Tucuma y Pampas" a fin de identificar y evaluar las condiciones agroclimáticas que favorecen o limitan el manejo de los diferentes sistemas de producción agrícola ubicados en el área de estudio.

Para tal fin, se utilizó series climáticas históricas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y estadísticas de las principales variables agrarias de la Dirección de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura y Riego (DEA-MINAGRI). Asimismo, se usó información sobre levantamiento de suelos y zonificación agroecológica del área de estudio generada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA-MINAGRI) como producto de la Actividad 1.1 del PP 0089. Se emplearon índices agroclimáticos, softwares y aplicativos para tal fin.

Los resultados obtenidos en el presente estudio proporcionan herramientas técnicas de información para los diferentes usuarios y tomadores de decisión involucrados en el sector agropecuario.

### II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está conformada por el entorno biofísico de los Distritos de Santiago de Tucuma y Pampas, ambos ubicados al suroeste de la Provincia de Tayacaja, Departamento de Huancavelica.

#### 2.1 UBICACIÓN

El **Distrito de Santiago de Tucuma** se localiza a 12°18'37" de latitud sur y 74°53'32" de longitud oeste, y ocupa una extensión territorial de 34,15 km<sup>2</sup>. Su capital, Santiago de Tucuma, está a 3565 msnm. Fue creado por Ley 30445 el 29 de mayo de 2016 y está

conformado por 11 centros poblados (INEI, 2016). Limita al norte con el Distrito de Huaribamba, al sur con los Distritos de Pampas y Daniel Hernández, al oeste con los Distritos de Ahuaycha y Huaribamba, y al este con el Distrito de Daniel Hernández (Mapa 1).

El **Distrito de Pampas** se ubica a 12°23'56" de latitud sur y 74°52'06" de longitud oeste, y abarca una superficie de 74,92 km<sup>2</sup>. Su capital, la ciudad de Pampas, se encuentra a 3261 msnm. Fue creado por Ley S/N el 12 de agosto de 1904 (INEI, 2016). Limita al norte con el Distrito de Santiago de Tucuma y Huaribamba, al sur con el Distrito de Acoria (Provincia de Huancavelica), al oeste con los Distritos de Ahuaycha y Acraquia y al este con los Distritos de Daniel Hernández y Colcabamba (Mapa 1).

## 2.2 ASPECTOS DEL MEDIO FISICO

### 2.2.1 HIDROLOGÍA

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología a través de la Subdirección de Estudios e Investigaciones Hidrológicas realizó la "Caracterización Hidrológica del Distrito de Pampas y Santiago de Tucuma" el 2016. Parte de los resultados obtenidos en la presente investigación detallan la composición del sistema hidrográfico del área priorizada, la cual se describe a continuación:

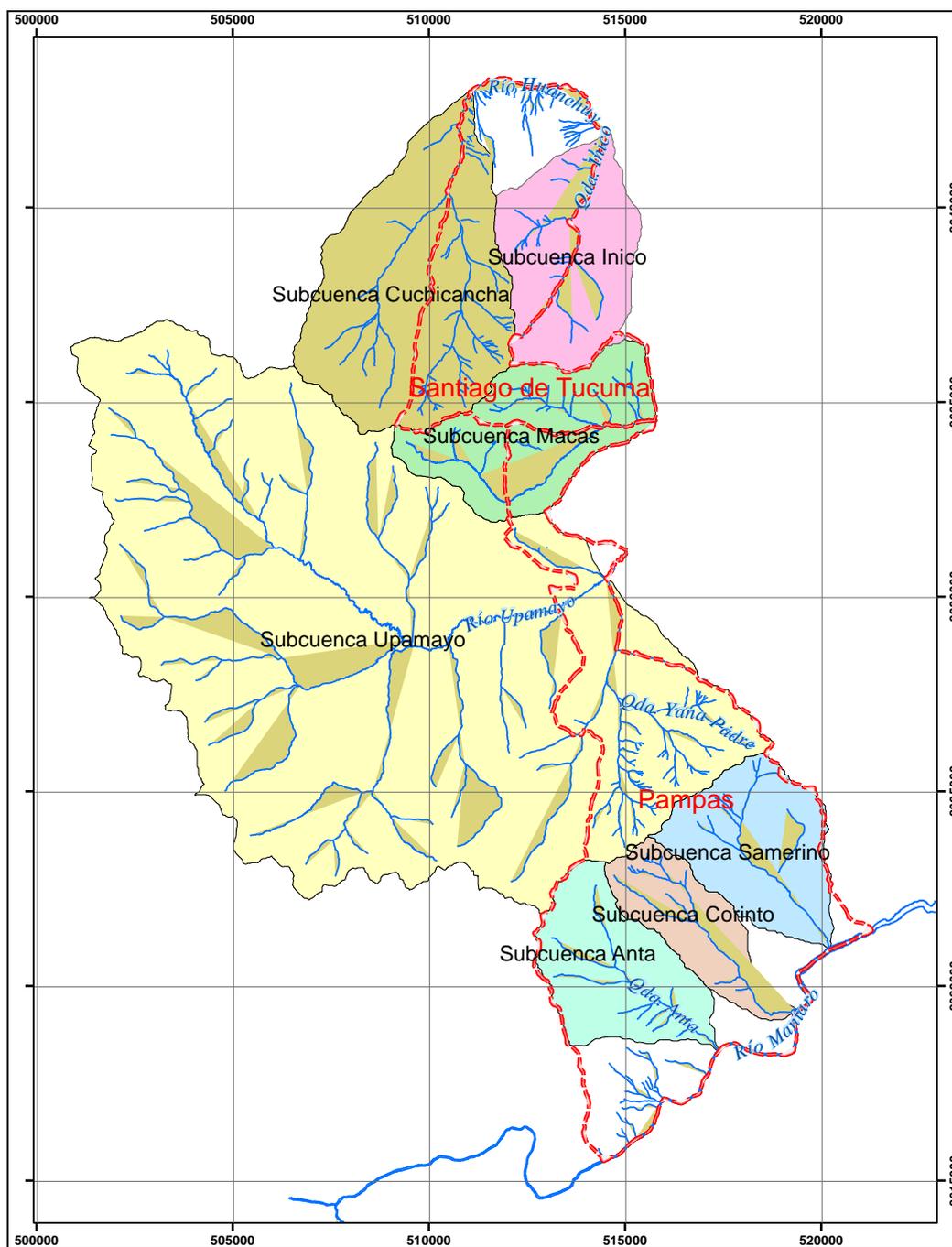
El Distrito de Santiago de Tucuma presenta un sistema de drenaje compuesto por manantiales, puquiales y quebradas que desembocan al río Mantaro. Las quebradas identificadas en el distrito son: Inico (16,53 km<sup>2</sup>), Cuchicancha (31,56 km<sup>2</sup>) y Macas (16,89 km<sup>2</sup>), de esta última solo 7,5 km<sup>2</sup> de su superficie se emplaza en el distrito. Cabe mencionar que la quebrada Cuchicancha y Inico desembocan por su margen derecho al río Huanchuy y la quebrada Macas desemboca en su margen izquierdo del río Upamayo, y; estos los ríos Huanchuy y Upamayo terminan desembocando en el río Mantaro.

El Distrito de Pampas presenta un sistema de drenaje compuesto por ríos, manantiales, puquiales y quebradas que también desembocan al río Mantaro. El río Upamayo es la fuente más importante que cursa por el distrito, las otras fuentes son quebradas como: Anta (13,53 km<sup>2</sup>), Corinto (8,71 km<sup>2</sup>), Samerino (13,85 km<sup>2</sup>) y Macas (16,89 km<sup>2</sup>), de esta última solo 9,39 km<sup>2</sup> de su superficie se emplaza en el distrito.

La Figura 1 muestra las áreas de drenaje de las siete subcuencas en estudios, estas se emplazan en forma parcial y total en los Distritos de Pampas y Santiago de Tucuma; como se puede observar la de mayor extensión es la Subcuenca Upamayo con 151,17 km<sup>2</sup> y la de menor extensión es la Subcuenca Corinto con 8,71 km<sup>2</sup>.



Mapa 2. Sistema hidrográfico del área de estudio



Fuente: SENAMHI (2016)

## 2.2.2 CLIMA

En esta sección se describe el comportamiento estacional promedio de la temperatura del aire, precipitación, evapotranspiración referencial y humedad relativa; en los distritos priorizados para el estudio.

### **Temperatura media del aire**

En general durante el año, la distribución espacial de la temperatura media del aire promedio oscila de 1 °C a 17 °C.

Durante la estación de verano, la temperatura media varía de 6 °C a 16 °C. Los mayores valores (12 °C a 16 °C) se aprecian en las partes bajas situadas al norte y sur de los Distritos de Santiago de Tucuma y Pampas. Estos mismos valores también son observables en áreas aledañas a la ciudad de Pampas, lugar donde se encuentra parte del Valle del Upamayo. Finalmente en algunos sectores del área de estudio, principalmente en las partes más altas de la puna, se aprecian los menores valores de temperatura media (6 °C a 8 °C) (Mapa 3).

Durante la estación de otoño y primavera, la temperatura media presenta un comportamiento muy similar porque la variable de estudio varía de 4 °C a 16 °C. La región suni y las partes más altas de la región quechua presentan los menores valores de temperatura media (4 °C a 8 °C). Asimismo, temperaturas medias de 8 °C a 12 °C son observables en las partes bajas ubicadas al norte y sur de los Distritos de Santiago de Tucuma y Pampas (Mapas 4 y 6).

Durante la estación de invierno se presenta los valores más bajos de temperatura media, esto es muy apreciable hacia las partes más altas del ámbito de estudio, debido a que se observan valores de 1 °C a 8 °C. En las partes bajas situadas al norte y sur de los Distritos de Santiago de Tucuma y Pampas se observan valores de 8 °C a 16 °C. Asimismo, en áreas aledañas a la capital distrital de Pampas, los valores de temperatura media oscilan de 12 °C a 16 °C (Mapa 5).

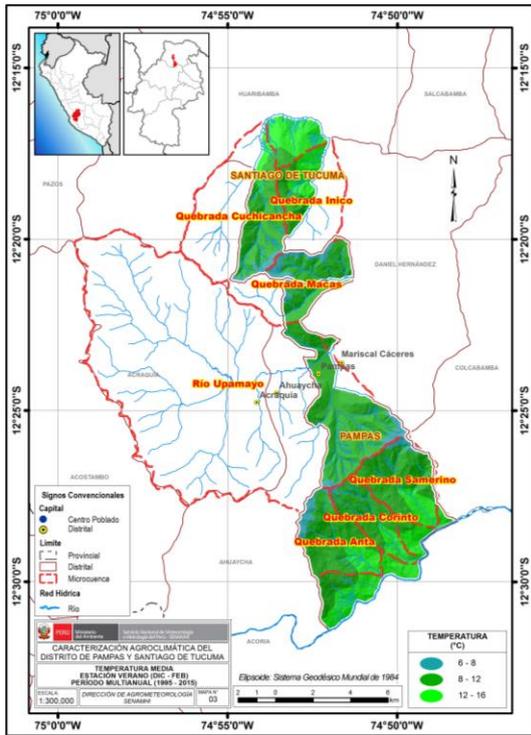
### **Temperatura máxima del aire**

En general durante el año, la distribución espacial de la temperatura máxima del aire promedio varía de 13 °C a 22 °C.

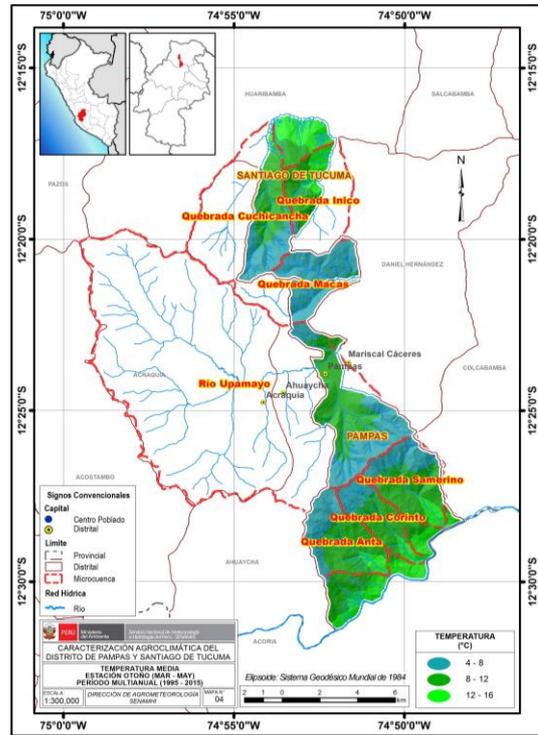
La temperatura máxima en las cuatro estaciones del año presenta un comportamiento térmico muy similar (Mapas 7 al 10). Valores de temperatura máxima de 16 °C a 21 °C se distribuyen hacia el norte (Distrito de Santiago de Tucuma), centro y sur (Distrito de Pampas) del área priorizada, principalmente en zonas localizadas por debajo de los 3000 msnm.

En gran parte de la región suni y en toda la puna, los valores de temperatura máxima oscilan de 13 °C a 16 °C. En algunos sectores ubicados en la parte más externa del área de estudio (límite con los Distritos de Huaribamba y Acoria), la temperatura máxima varía de 20 °C a 22 °C, valores que sólo son observables en las estaciones de otoño, invierno y primavera (Mapas 8 al 10).

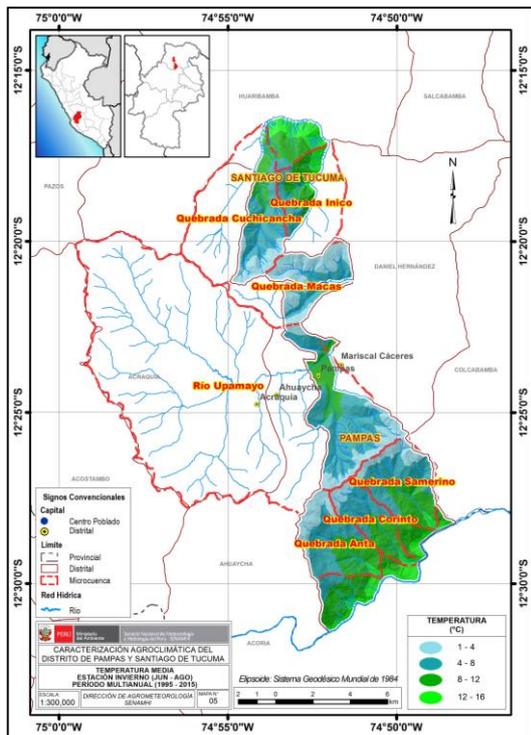
Mapa 3. Comportamiento de la temperatura media en la estación de verano



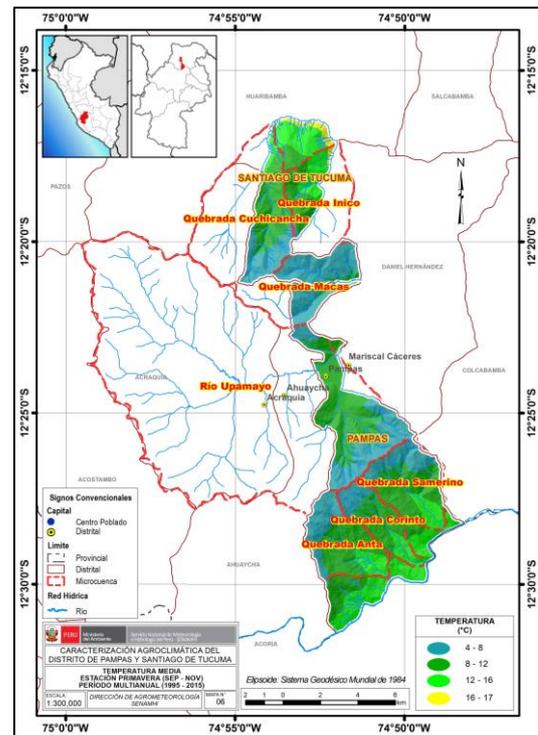
Mapa 4. Comportamiento de la temperatura media en la estación de otoño



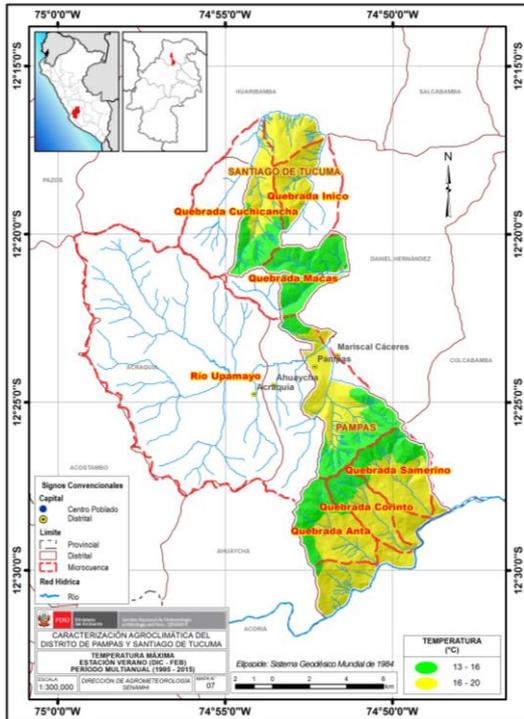
Mapa 5. Comportamiento de la temperatura media en la estación de invierno



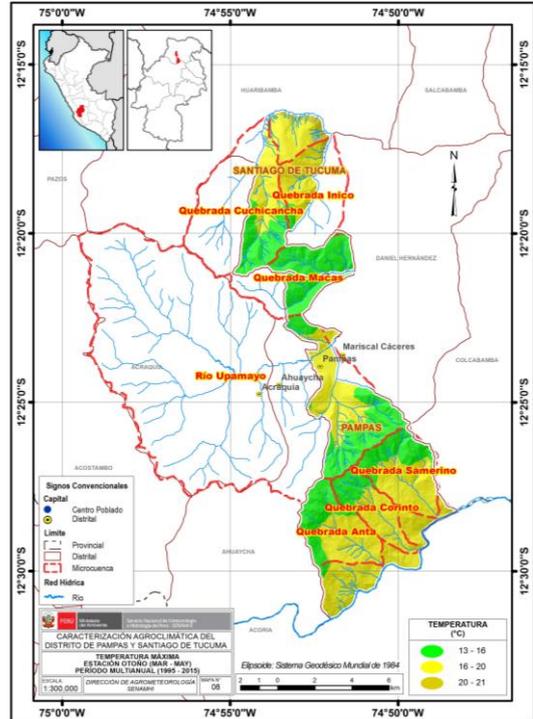
Mapa 6. Comportamiento de la temperatura media en la estación de primavera



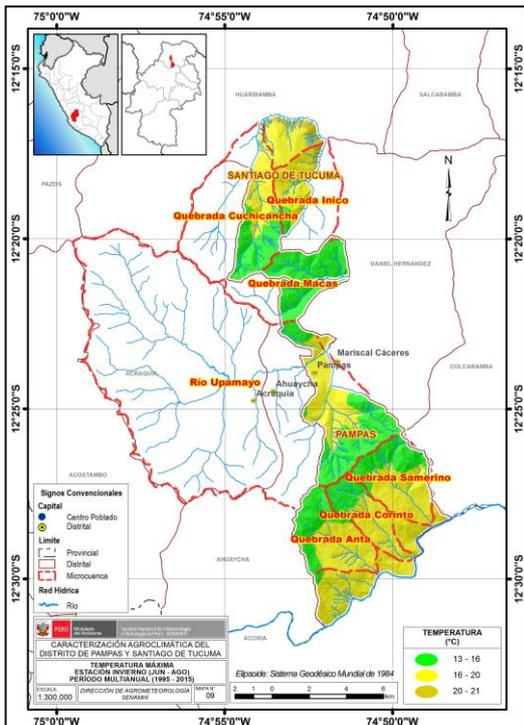
Mapa 7. Comportamiento de la temperatura máxima en la estación de verano



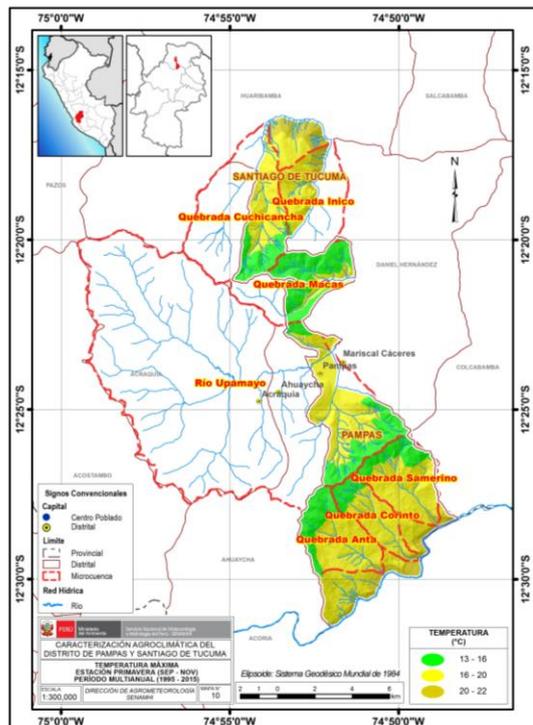
Mapa 8. Comportamiento de la temperatura máxima en la estación de otoño



Mapa 9. Comportamiento de la temperatura máxima en la estación de invierno



Mapa 10. Comportamiento de la temperatura máxima en la estación de primavera



### **Temperatura mínima del aire**

En general durante el año, la distribución espacial de la temperatura mínima del aire promedio varía de -4 °C a 13 °C.

Durante la estación de verano, los valores de temperatura mínima hacia el extremo norte y sur del área de estudio oscilan de 4 °C a 12 °C. En gran parte de los Distritos de Santiago de Tucuma y Pampas, en altitudes superiores a los 3800 msnm, se presentan temperaturas mínimas que varían de 0 °C a 4 °C (Mapa 11).

Durante la estación de otoño y primavera, la temperatura mínima presenta un comportamiento muy similar debido a que la variable de estudio oscila de -4 °C a 12 °C. Valores de 0 °C a 4 °C se aprecia mayormente en la región suni y de -4 °C a 0 °C se observa en la puna (Mapas 12 y 14).

Durante el invierno, la temperatura mínima presenta los valores más extremos (-11 °C a 0 °C) en gran parte del área priorizada. En áreas ubicadas al norte y sur de los Distritos de Santiago de Tucuma y Pampas, la temperatura mínima oscila de 0 °C a 8 °C. Para finalizar, los valores de 8 °C a 11 °C se observan en área colindantes a los Distritos de Huaribamba y Acoria (Mapa 13).

### **Precipitación**

En general durante el año, la distribución espacial de la precipitación acumulada promedio varía de 12 mm a 512 mm. Por lo general, las estaciones más lluviosas corresponden al verano y al otoño.

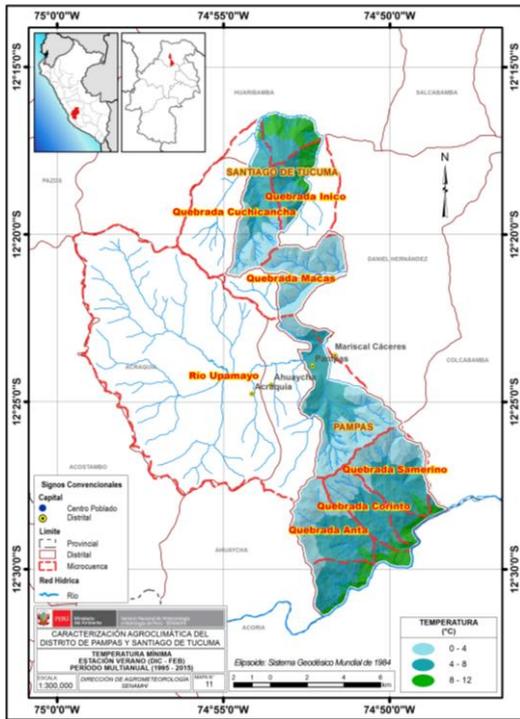
Durante la primavera, se inicia el periodo lluvioso, las precipitaciones aumentan en frecuencia e intensidad llegando a acumular cantidades de 36 mm a 229 mm. La mayor predominancia de lluvias (225 mm a 450 mm) se presenta en gran parte del territorio. Las precipitaciones acumuladas inferiores a 225 mm se registran en áreas bajas situadas al norte y sur del área priorizada (Mapa 18).

Durante la estación de verano, continúan las lluvias más frecuentes, la precipitación acumulada varía de 84 mm a 512 mm. En gran parte del área de estudio predominan lluvias acumuladas de 225 mm a 450 mm, incrementándose hacia las partes más altas donde se registra de 375 mm a 512 mm. Las partes bajas ubicadas al norte y sur del ámbito de estudio presentan las menores precipitaciones debido a que totalizan lluvias de 84 mm a 225 mm (Mapa 15).

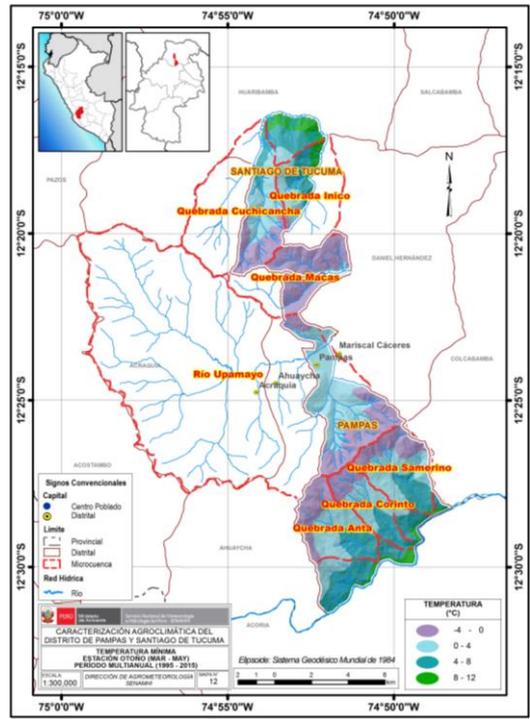
Durante el otoño, las lluvias acumuladas oscilan de 12 mm a 285 mm. En casi todo el territorio predominan precipitaciones acumuladas de 150 mm a 285 mm y en áreas más bajas y colindantes hacia los Distritos de Huaribamba y Acoria, las precipitaciones acumuladas son menores a 150 mm (Mapa 16).

El invierno se presenta como la estación más seca, las lluvias estacionalmente puede acumular cantidades inferiores a 66 mm (Mapa 17).

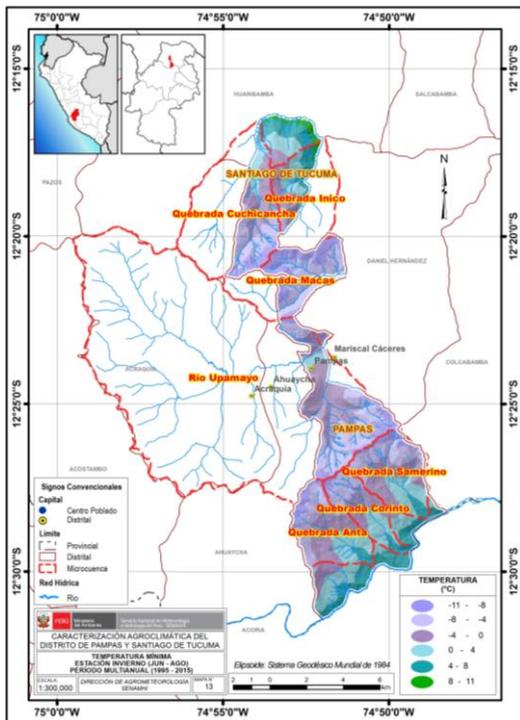
Mapa 11. Comportamiento de la temperatura máxima en la estación de verano



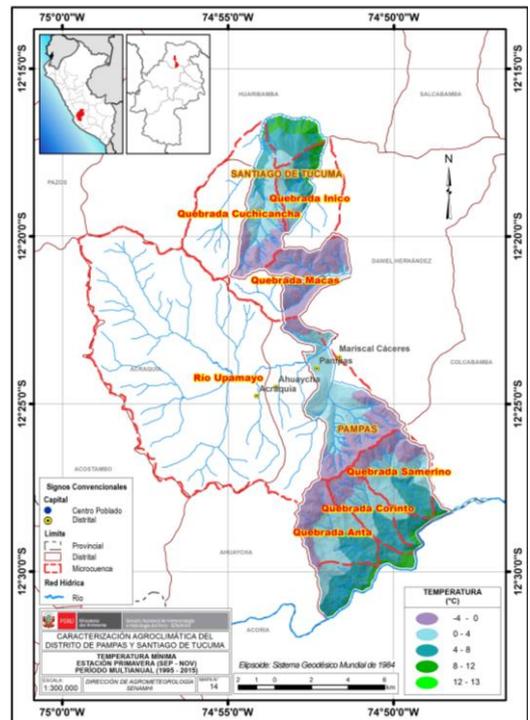
Mapa 12. Comportamiento de la temperatura máxima en la estación de otoño



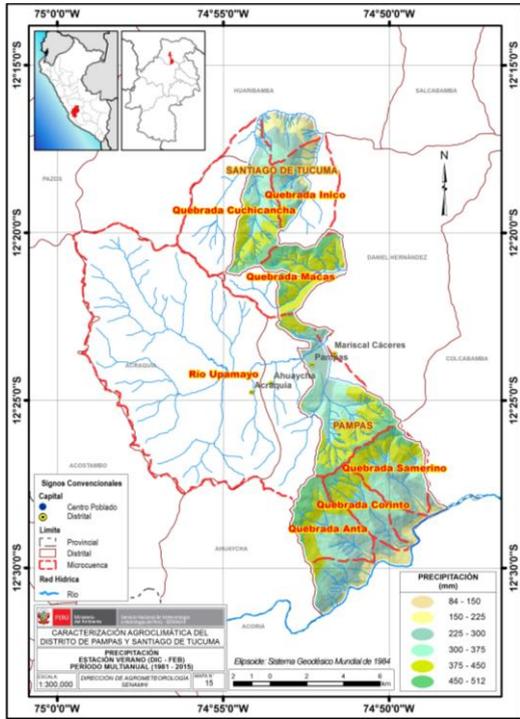
Mapa 13. Comportamiento de la temperatura máxima en la estación de invierno



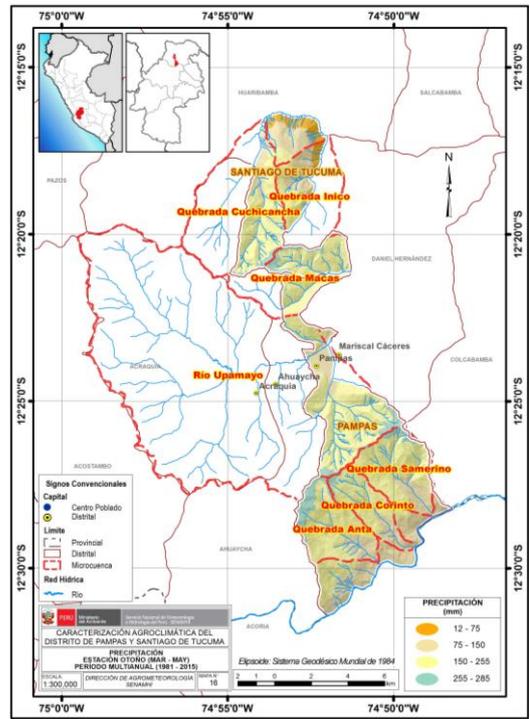
Mapa 14. Comportamiento de la temperatura máxima en la estación de primavera



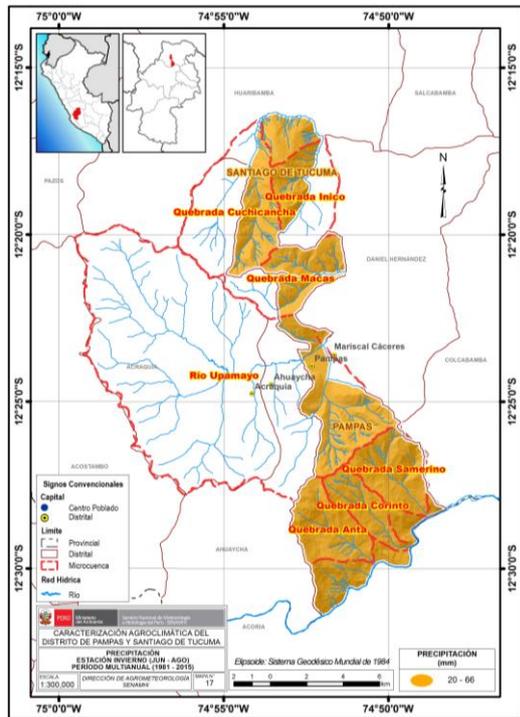
Mapa 15. Comportamiento de la precipitación en la estación de verano



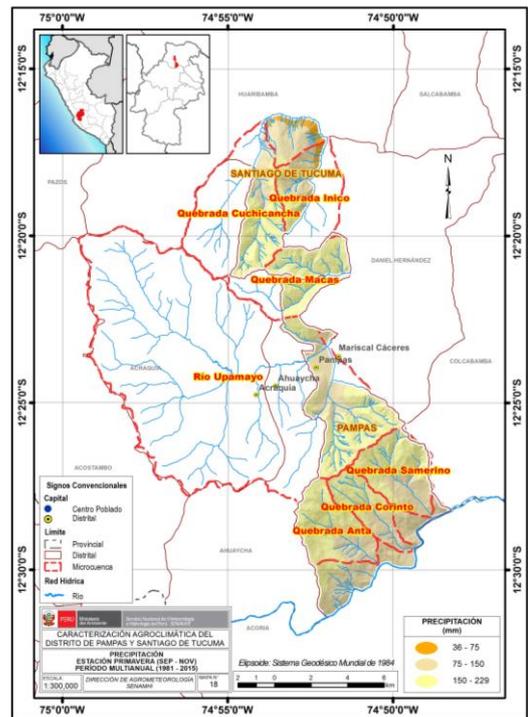
Mapa 16. Comportamiento de la precipitación en la estación de otoño



Mapa 17. Comportamiento de la precipitación en la estación de invierno



Mapa 18. Comportamiento de la precipitación en la estación de primavera



### **Evapotranspiración referencial**

En general durante el año, la distribución espacial de la evapotranspiración referencial (ET<sub>o</sub>) promedio varía de 236 mm a 395 mm. La mayor demanda evaporativa de la atmósfera se sitúa en las partes bajas del área de estudio, y la menor demanda a mayores altitudes (región suni).

Durante la estación de primavera se registra los mayores valores de ET<sub>o</sub> (282 mm a 395 mm). En altitudes menores a los 3000 msnm, la ET<sub>o</sub> varía de 350 mm a 395 mm. Caso contrario ocurre en altitudes mayores a los 3000 msnm donde la ET<sub>o</sub> oscila de 282 mm a 350 mm (Mapa 22).

Durante la estación de verano, los mayores valores de ET<sub>o</sub> (325 mm a 374 mm) ocurren en las partes bajas ubicadas al norte y sur del área priorizada. Los menores valores de ET<sub>o</sub> (264 mm a 325 mm) ocupan gran parte del territorio, principalmente en las partes altas de la cordillera andina (Mapa 19).

La ET<sub>o</sub> durante las estaciones de otoño e invierno presentan un comportamiento muy similar variando de 236 mm a 337 mm, con predominancia de 236 mm a 300 mm de ET<sub>o</sub> en gran parte del territorio. Los mayores valores de ET<sub>o</sub> (325 mm a 337 mm) se observan al norte y sur del área de estudio, principalmente en altitudes menores a los 2500 msnm (Mapas 20 y 21).

### **Humedad relativa**

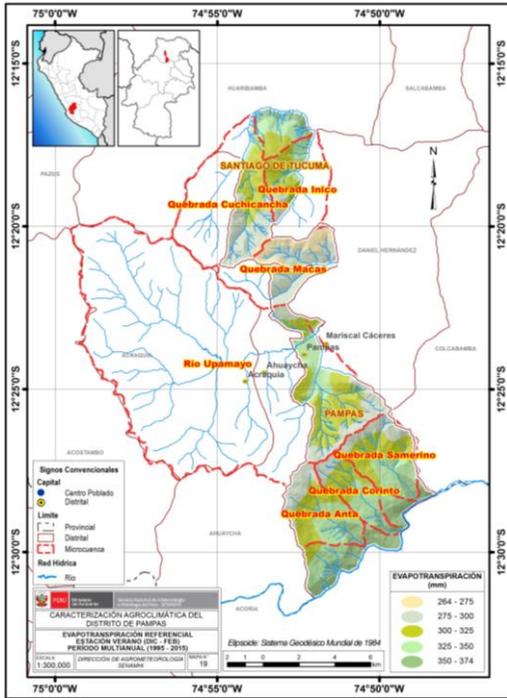
En general durante el año, la distribución espacial de la humedad relativa (HR) promedio varía de 55% a 87%. La mayor humedad relativa, por lo general, se asocia a la estación de mayor cobertura nubosa y de mayor frecuencia de lluvias.

Durante la estación de verano, la HR oscila de 75% a 78% en gran parte del territorio principalmente en áreas asociadas al sistema cordillerano más elevado del área priorizada. Solo hacia las partes bajas situadas al norte del Distrito de Santiago de Tucuma, así como el centro y sur del Distrito de Pampas es posible apreciar una HR de 72% a 75% (Mapa 23).

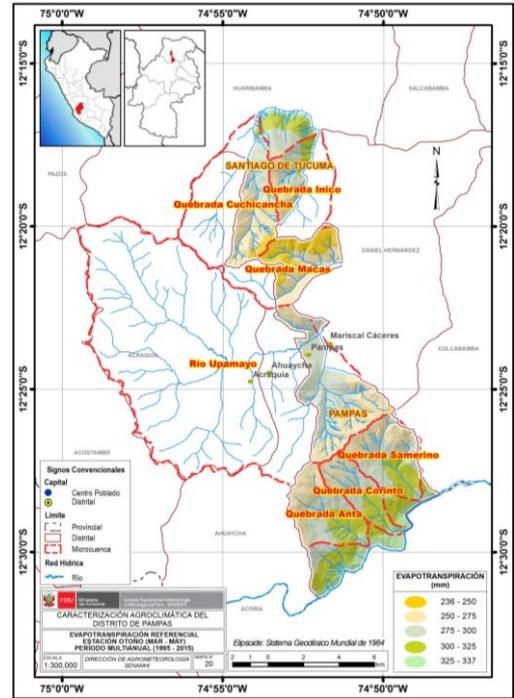
Durante el otoño, la HR varía de 65% a 85%. Las áreas bajas situadas al norte del Distrito de Santiago de Tucuma presentan valores de 65% a 70% de HR y hacia el sur del Distrito de Pampas se observa valores de 70% a 75%. Respecto a las partes más elevadas del ámbito de estudio y sobre los 3000 msnm es posible notar valores de HR de 75% a 87% (Mapa 24).

El invierno y la primavera son las estaciones del año donde la HR alcanza los valores más bajos debido a la menor cobertura nubosa, elevadas temperaturas máximas, ausencia de lluvias, entre otros factores. Tal es así que durante estas estaciones, en promedio, la HR varía de 55% a 78% registrándose los mayores valores de HR hacia las partes más altas del área priorizada (Mapas 25 y 26).

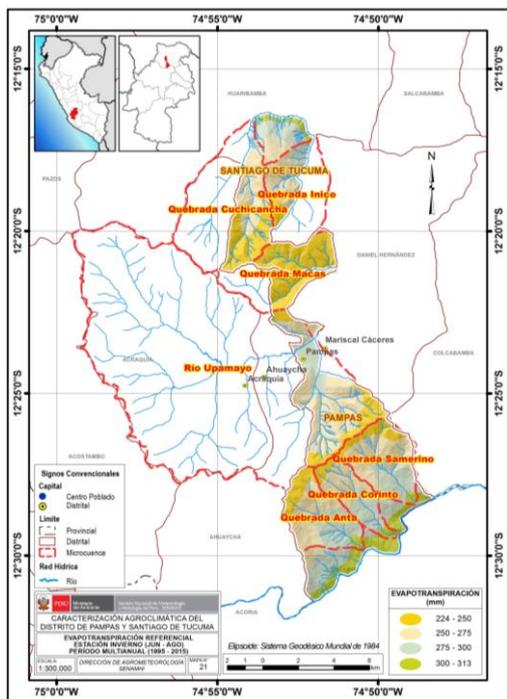
Mapa 19. Comportamiento de la evapotranspiración referencial en la estación de verano



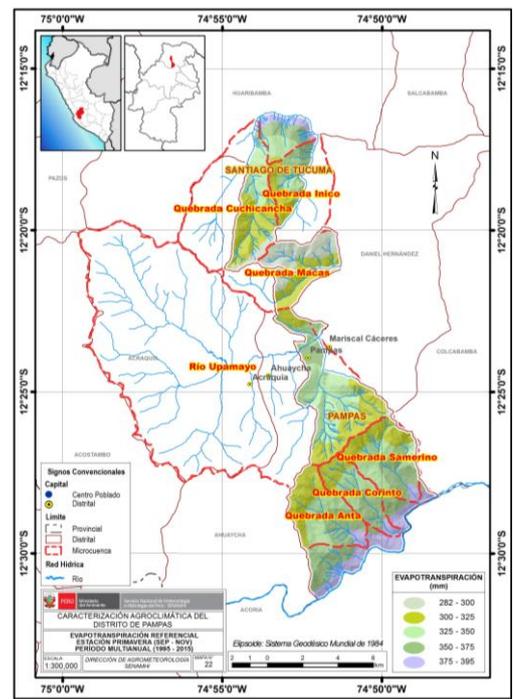
Mapa 20. Comportamiento de la evapotranspiración referencial en la estación de otoño



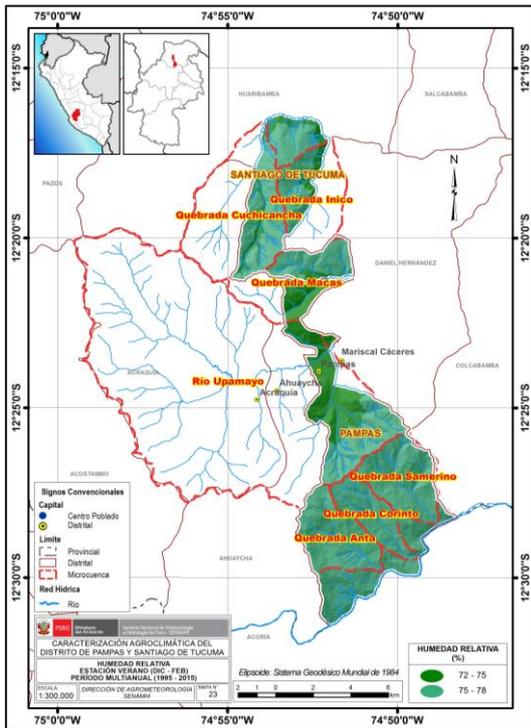
Mapa 21. Comportamiento de la evapotranspiración referencial en la estación de invierno



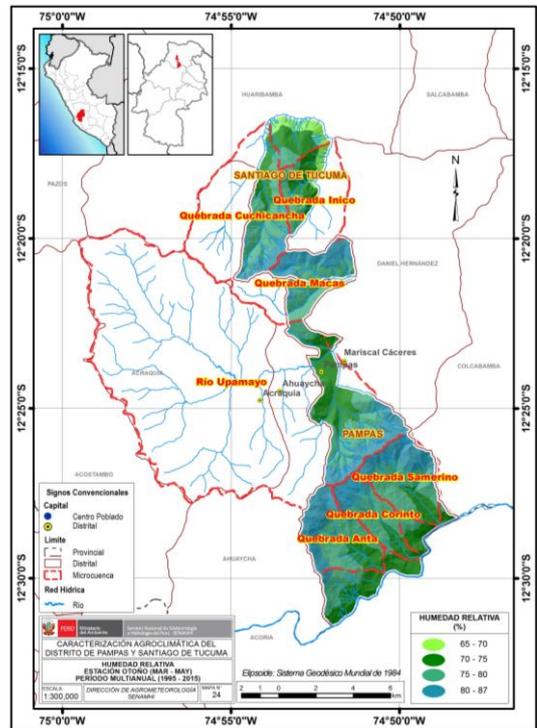
Mapa 22. Comportamiento de la evapotranspiración referencial en la estación de primavera



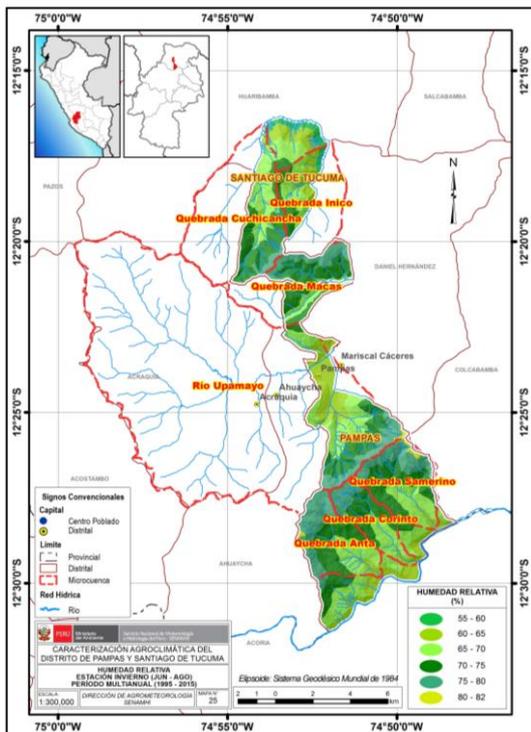
Mapa 23. Comportamiento de la humedad relativa en la estación de verano



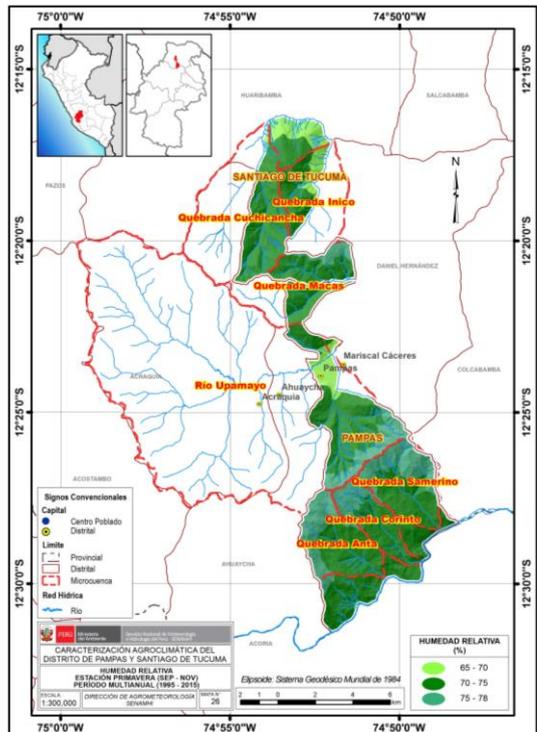
Mapa 24. Comportamiento de la humedad relativa en la estación de otoño



Mapa 25. Comportamiento de la humedad relativa en la estación de invierno



Mapa 26. Comportamiento de la humedad relativa en la estación de primavera



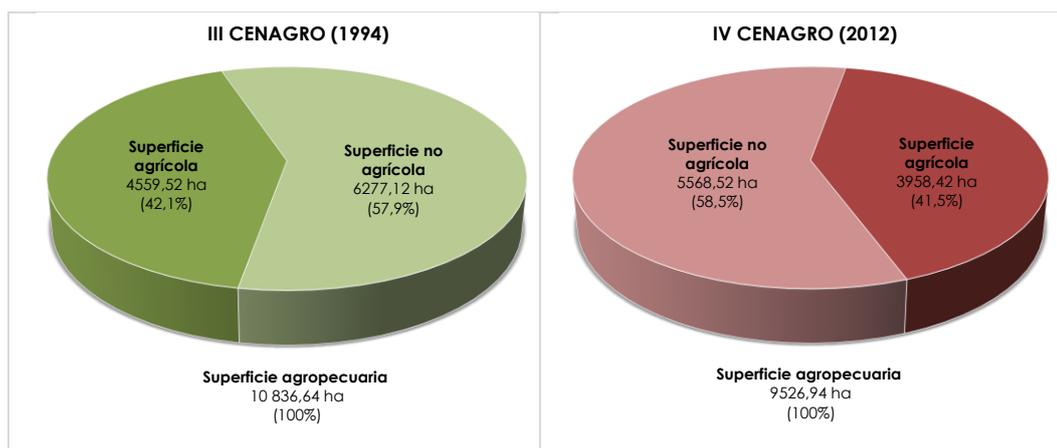
## 2.3 AGRICULTURA

### 2.3.1 ESTRUCTURA DEL ESPACIO AGROPECUARIO

El área de estudio está conformada por 3190 parcelas agrupadas en 1072 unidades agropecuarias (UA) con tierras cuyo régimen de tenencia es propio, comunal, arrendado y posesionario. Las tierras dedicadas a la actividad agropecuaria se caracterizan por presentar una superficie agrícola y otra no agrícola.

Según el IV CENAGRO (INEI, 2012), la superficie total de las unidades agropecuarias, considerando el área de cada una de las parcelas que trabajan o conducen mujeres y hombres, asciende a 9526,94 ha. Comparando esta información con los resultados obtenidos en el III CENAGRO (INEI, 1994) se aprecia que la superficie agropecuaria ha decrecido en 1309,7 ha (Figura 1).

Figura 1. Dinámica de la superficie agropecuaria en el área de estudio según los dos últimos Censos Nacionales Agropecuarios



Fuente: IV CENAGRO (INEI, 2012)

#### 2.3.1.1 Superficie agrícola

En esta categoría predomina las tierras bajo riego y en seco que se dedican a la actividad agrícola, incluyendo las tierras con cultivos transitorios y permanentes, en barbecho, en descanso y las no trabajadas por causas ajenas a la voluntad del productor agrario (INEI, 2013).

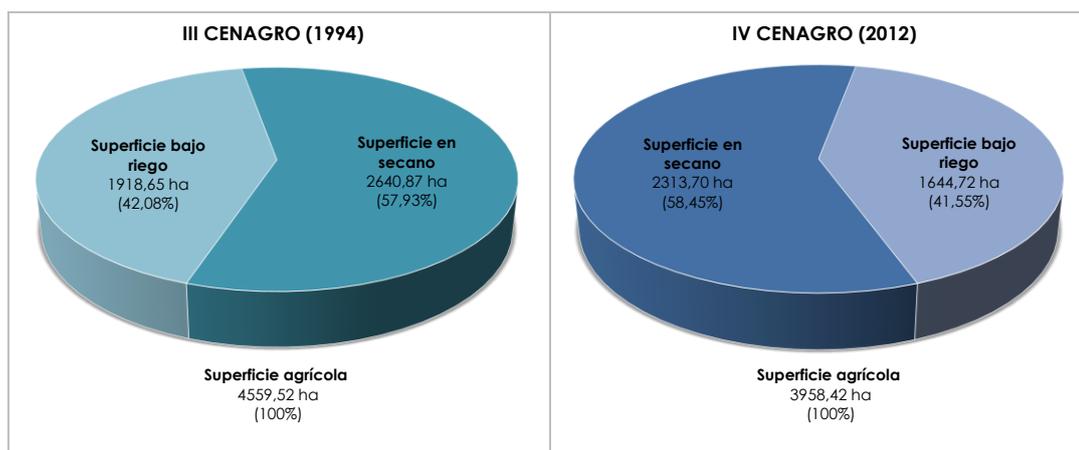
##### 2.3.1.1.1 Superficie agrícola bajo riego y en seco

Los resultados del IV CENAGRO (INEI, 2012) muestran que el área de estudio presenta una superficie agrícola de 3958,42 ha. El 41,5% de la superficie es conducida bajo riego con agua proveniente de los ríos, las quebradas y los manantiales. Así mismo el 58,5% de las

tierras agrícolas son dependientes las precipitaciones, las cuales ocurren generalmente entre los meses de noviembre y marzo (Figura 2).

Al comparar los resultados obtenidos en el III y IV CENAGRO (INEI, 1994; INEI, 2012) se observa que la superficie agrícola bajo riego y en seco ha decrecido en 273,92 ha y 327,63 ha respectivamente, en el año 2012.

Figura 2. Dinámica de la superficie agrícola bajo riego y en seco en el área de estudio según los dos últimos Censos Nacionales Agropecuarios



Fuente: IV CENAGRO (INEI, 2012)

### 2.3.1.1.2 Componentes de la superficie agrícola

La superficie agrícola está conformada por tierras de labranza, con cultivos permanentes y con cultivos asociados.

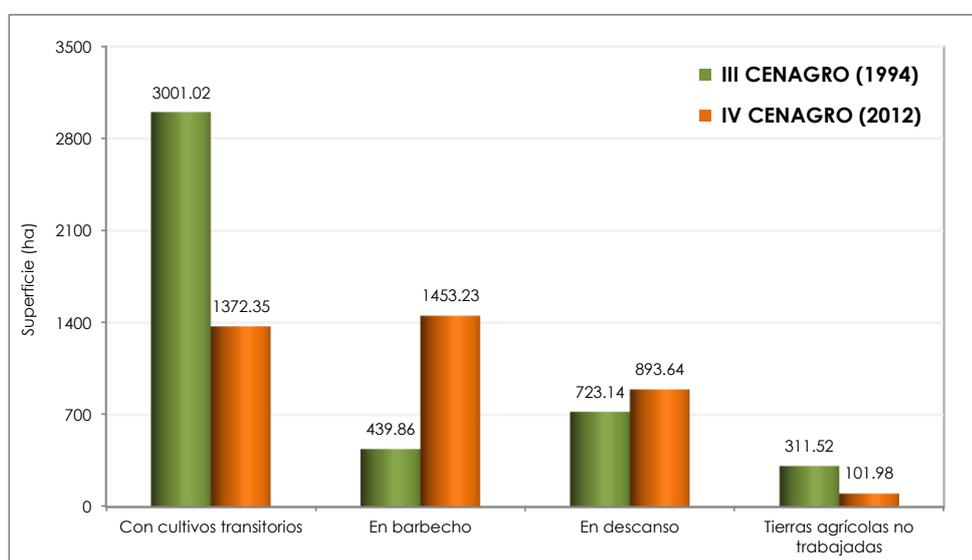
#### Tierras de labranza

Según los resultados obtenidos en el III y IV CENAGRO (INEI, 1994; INEI 2012), las tierras de labranza se han reducido en 654,34 ha en el año 2012 (Figura 3). Las tierras de labranza son las que más predominan en el área de estudio y está conformada por tierras con cultivos transitorios, en barbecho y en descanso.

- Las tierras con cultivos transitorios se caracterizan por presentar cereales, hortalizas, leguminosas, tubérculos, forrajes y flores. En áreas bajo riego predomina la siembra de arveja grano, maíz amiláceo y papa blanca, y en áreas en seco la producción de cebada grano, maíz amiláceo, arveja grano, haba grano, olluco y papa blanca. El IV CENAGRO (INEI, 2012) reporta 3001,02 ha con cultivos transitorios, valor muy superior a lo registrado en el III CENAGRO (INEI, 1994) que fue de 1372,35 ha (Figura 3).

- Las tierras en barbecho y en descanso, entre los años 1994 y 2012, se han reducido en 1013,37 ha y 170,5 ha respectivamente principalmente porque al momento de la ejecución del IV CENAGRO (INEI, 2012) muchas de las parcelas estuvieron sembradas con cultivos transitorios, permanentes o asociados (Figura 3).
- Comparando los resultados obtenidos en el III y IV CENAGRO (INEI, 1994; INEI 2012), las tierras agrícolas no trabajadas se han incrementado en 209,54 ha en el año 2012 (Figura 3). Los productores agrarios entrevistados manifestaron que no realizaron esta actividad por los siguientes motivos: falta de agua, semilla, crédito y mano de obra; así como por problemas de erosión y mal drenaje de los suelos.

Figura 3. Dinámica de las tierras de labranza en el área de estudio según los dos últimos Censos Nacionales Agropecuarios



Fuente: IV CENAGRO (INEI, 2012)

### Tierras con cultivos permanentes

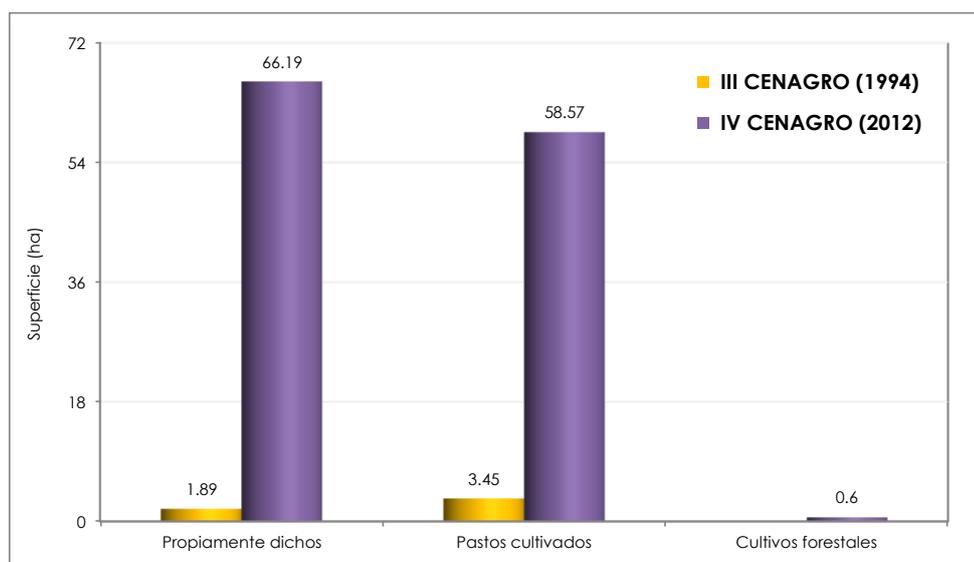
En esta clase predominan tierras con cultivos propiamente dichos, con pastos cultivados y con cultivos forestales.

- Según los resultados obtenidos en el IV CENAGRO (INEI, 2012), las tierras con cultivos permanentes se han incrementado en 120,02 ha respecto al año 1994 debido al aumento de plantaciones de frutales (limón ácido, lúcumo, melocotonero y palto) y cultivos permanentes industriales (orégano y tara), tanto en áreas bajo riego como en secano (Figura 4).
- Los pastos cultivados como la alfalfa, el rye grass y el trébol también han mostrado un incremento en el año 2012 porque se reportó 55,12 ha más que en el año 1994. Esto

ocurrió debido a que la producción pecuaria está siendo una actividad económica principal para algunos productores agrarios (Figura 4).

- Respecto a los cultivos forestales se observa que su extensión agrícola no es muy significativa en el área de estudio porque durante la ejecución del IV CENAGRO (INEI, 2012) solo se registró 0,6 ha (Figura 4).

Figura 4. Dinámica de las tierras con cultivos permanentes en el área de estudio según los dos últimos Censos Nacionales Agropecuarios



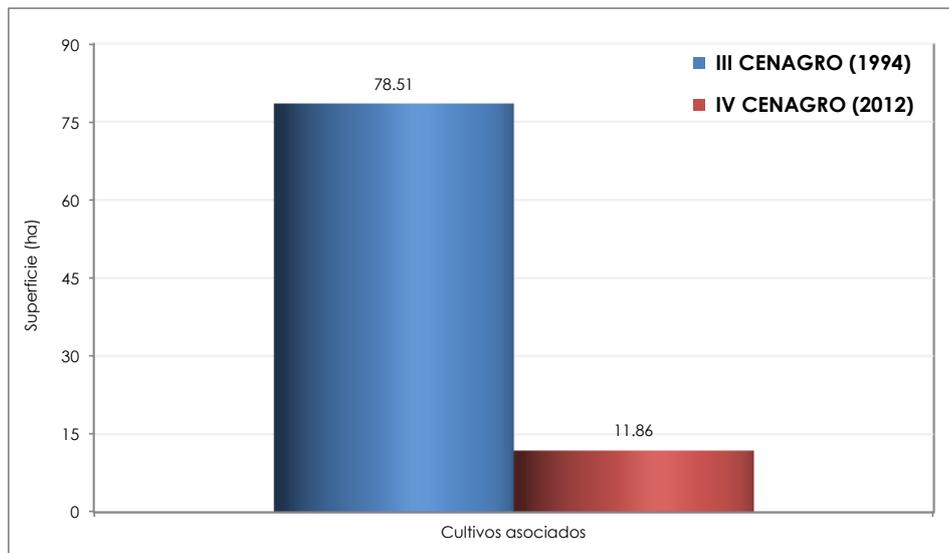
Fuente: IV CENAGRO (INEI, 2012)

### Tierras con cultivos asociados

Los cultivos asociados que se presentan en el área de estudio son entre dos cultivos transitorios o entre un cultivo transitorio y un cultivo permanente. Entre los años 1994 y 2012, las tierras con cultivos asociados se redujeron en 66,65 ha según la información obtenida en los dos últimos Censos Nacionales Agropecuarios (Figura 5).

El IV CENAGRO (INEI, 2012) reporta 9,15 ha con cultivos asociados transitorios destacando en mayor área superficial el maíz amiláceo-arveja, maíz amiláceo-fríjol, papa-arveja, haba-maíz amiláceo y arveja-haba. Asimismo, las tierras con cultivos asociados permanentes ascienden a 2,71 ha predominando el trébol-rye grass y palto-lúcumo. En general, los cultivos asociados se encuentran en mayor extensión agrícola en áreas en secano.

Figura 5. Dinámica de las tierras con cultivos asociados en el área de estudio según los dos últimos Censos Nacionales Agropecuarios



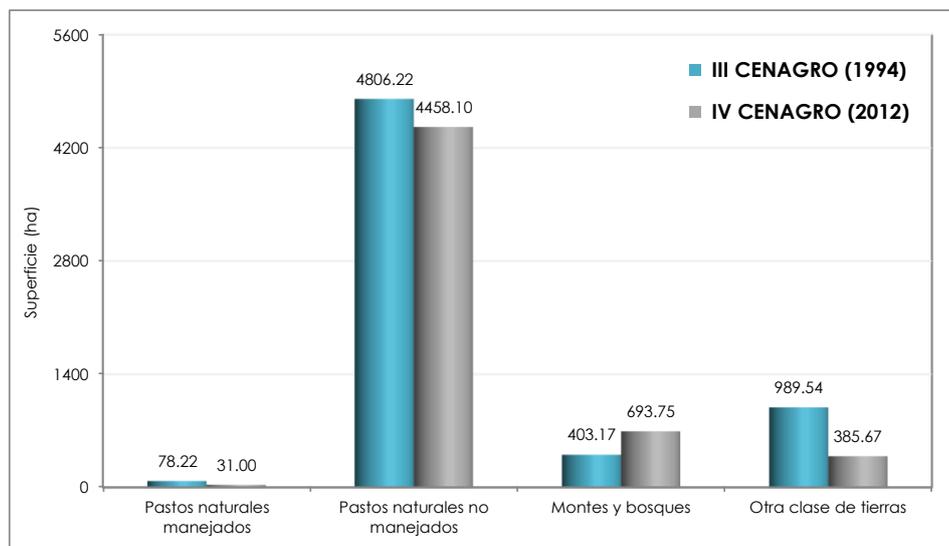
Fuente: IV CENAGRO (INEI, 2012)

### 2.3.1.2 Superficie no agrícola

En esta categoría predominan tierras destinadas a uso no agrario, que incluye tierras cubiertas con pastos naturales manejados y no manejados, montes y bosques y otra clases de tierras (INEI, 2013). La superficie no agrícola ocupa la mayor extensión de tierras en el área de estudio porque representa alrededor del 58% de la superficie agropecuaria (Figura 1).

Comparando la información obtenida en el III y IV CENAGRO (INEI, 1994; INEI, 2012) observamos que las tierras con pastos naturales manejados, no manejados y otra clase de tierras se han reducido (47,22 ha, 348,12 ha y 603,87 ha respectivamente) en el año 2012. Tan sólo las tierras con montes y bosques se incrementaron en 290,58 ha debido a los proyectos de reforestación que existen en las cabeceras de las microcuencas. Esto se realiza con la finalidad de asegurar el almacenamiento de agua y promover el manejo y uso sostenible de los recursos forestales (Figura 6).

Figura 6. Dinámica de las tierras con superficie no agrícola en el área de estudio según los dos últimos Censos Nacionales Agropecuarios



Fuente: IV CENAGRO (INEI, 2012)

### 2.3.2 ESTRUCTURA DE LA ACTIVIDAD PECUARIA

A nivel de la unidad productiva, también tiene importancia la producción pecuaria, ya que le permite al agricultor obtener los ingresos monetarios adicionales y necesarios para adquirir una serie de productos para desarrollar su actividad agrícola, pecuaria o para vivir y, también, le permite aprovechar los rastrojos de las cosechas de las parcelas dispersas en las áreas de pastoreo alejadas; además, este tipo de explotación se considera segura, porque los productos o subproductos que se obtienen de ella no son perecibles y pueden ofertarse en cualquier momento.

#### Población pecuaria

En área de estudio, la población de ganado vacuno, ovino y porcino se ha reducido entre los años 1994 y 2012. El IV CENAGRO (INEI, 2012) reporta 2184 cabezas de ganado vacuno, 2946 cabezas de ganado ovino y 1532 cabezas de ganado porcino. Las razas de ganado vacuno que más predominan son los criollos (1646 cabezas) y brown swiss (454 cabezas), de ganado ovino son los criollos (2510) y otras razas (250 cabezas), y finalmente de ganado porcino son los criollos (1189 cabezas) (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Población de ganado vacuno y ovino en el área de estudio

Ganado Vacuno	Razas					
	Total	Holstein	Brown Swiss	Gyr/Cebú	Criollos	Otras Razas
Terneros(as)	421	12	88		307	14
Vaquillas	197	4	38		154	1
Vaquillonas	109	2	21		85	1
Vacas	696	18	153		519	6
Toretas	138	1	43		92	2
Toros	619	12	111	2	489	5
Bueyes	4					
<b>Total</b>	<b>2184</b>	<b>49</b>	<b>454</b>	<b>2</b>	<b>1646</b>	<b>29</b>

Ganado Ovino	Razas					
	Total	Corriedale	Hampshire Down	Black belly	Criollos	Otras Razas
Corderos(as)	903	17	40	1	785	60
Borregillas	484	25	35		398	26
Borregas	912	16	22	1	774	99
Carnerillos	207	3	8		189	7
Carneros	439	4	13		364	58
Capones	1					
<b>Total</b>	<b>2946</b>	<b>65</b>	<b>118</b>	<b>2</b>	<b>2510</b>	<b>250</b>

Fuente: IV CENAGRO (INEI, 2012)

Tabla 2. Población de ganado porcino en el área de estudio

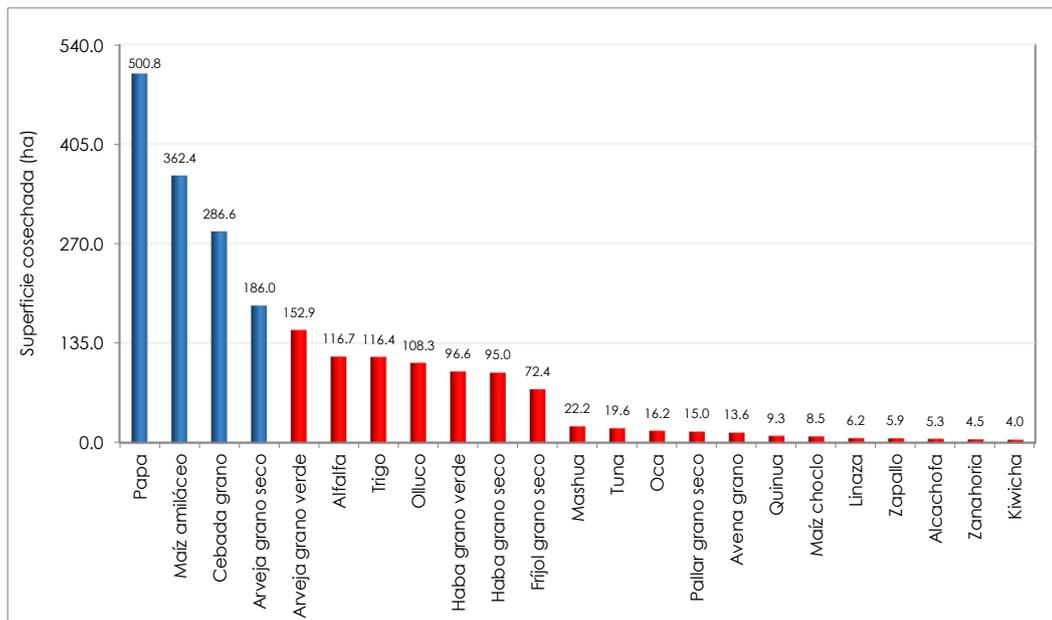
Ganado Porcino	Razas		
	Total	Criollos	Mejorados
Lechones	936	732	204
Gorrinas	223	178	45
Marranas	259	190	69
Gorrinos	35	32	3
Verracos	79	57	22
<b>Total</b>	<b>1532</b>	<b>1189</b>	<b>343</b>

Fuente: IV CENAGRO (INEI, 2012)

### 2.3.3 PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el área de estudio se produce una diversidad de cultivos en diferentes pisos ecológicos de las regiones naturales quechua y suni. La información histórica de la Dirección de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016) indica que la papa, maíz amiláceo, cebada grano y arveja (grano seco y verde) son los cultivos transitorios más cosechados. Asimismo, el pasto cultivado que más se cosecha en promedio es la alfalfa (Figura 7).

Figura 7. Patrón de los principales cultivos cosechados en el área de estudio  
 (Promedio 1997 al 2015)



Fuente: Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (MINAGRI, 2016)

El área de estudio muestra una importancia creciente en la siembra de papa, maíz amiláceo, cebada grano y arveja (grano seco y verde), explicada básicamente por el incremento de la superficie cosechada y el rendimiento en los últimos 19 años (Tablas 3 y 4).

La producción de los cultivos antes mencionados se destina principalmente al mercado local (ferias) y regional del centro (Huancayo, Huanta, Lima). En las zonas altoandinas parte de la producción constituye la dieta básica del poblador local.

Tabla 3. Indicadores del cultivo de la papa, maíz amiláceo, cebada grano y arveja grano seco en el área de estudio (Promedio 1997 al 2015)

Años	Cultivo de papa			Cultivo de maíz amiláceo		
	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
1997	470,00	4215,00	8,97	370,00	427,00	1,15
1998	520,00	4771,00	9,18	350,00	475,00	1,36
1999	540,00	5099,00	9,44	310,00	476,00	1,54
2000	585,00	5458,00	9,33	620,00	850,00	1,37
2001	525,00	5032,00	9,58	190,00	266,00	1,40
2002	570,00	5457,00	9,57	360,00	504,00	1,40
2003	496,00	4746,00	9,57	205,00	288,00	1,40
2004	440,00	4006,00	9,10	135,00	162,00	1,20
2005	290,00	2775,00	9,57	150,00	210,00	1,40
2006	228,00	2157,00	9,46	211,00	292,00	1,38
2007	198,00	1824,00	9,21	229,00	274,00	1,20
2008	220,00	2054,00	9,34	233,00	425,90	1,83
2009	231,00	2595,50	11,24	225,00	422,00	1,88
2010	421,00	4482,00	10,65	466,00	757,00	1,62
2011	933,00	10 614,26	11,38	385,00	616,00	1,60
2012	892,00	9490,00	10,64	645,00	984,00	1,53
2013	774,00	8582,00	11,09	628,00	943,00	1,50
2014	578,00	6250,30	10,81	648,00	972,60	1,50
2015	603,50	7385,70	12,24	526,00	785,40	1,49
Años	Cultivo de cebada grano			Cultivo de arveja grano seco		
	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
1997	285,00	285,00	1,14	330,00	350,00	1,06
1998	360,00	360,00	1,38	200,00	255,00	1,28
1999	382,00	382,00	1,53	110,00	148,00	1,35
2000	334,00	334,00	1,39	250,00	345,00	1,38
2001	443,00	443,00	1,43	280,00	389,00	1,39
2002	385,00	385,00	1,43	250,00	347,00	1,39
2003	400,00	400,00	1,43	340,00	473,00	1,39
2004	306,00	306,00	1,22	310,00	372,00	1,20
2005	378,00	378,00	1,43	215,00	298,00	1,39
2006	188,00	188,00	1,40	110,00	149,00	1,35
2007	126,00	126,00	1,37	97,00	121,00	1,25
2008	221,00	221,00	1,52	98,00	121,40	1,24
2009	186,00	186,00	1,49	94,00	119,00	1,27
2010	280,00	280,00	1,40	52,00	62,00	1,19
2011	670,00	670,00	1,55	81,00	135,17	1,67
2012	838,20	838,20	1,52	244,00	386,00	1,58
2013	766,00	766,00	1,53	162,00	245,00	1,51
2014	732,70	732,70	1,50	145,00	217,40	1,50
2015	599,60	599,60	1,48	166,00	245,78	1,48

Fuente: Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (MINAGRI, 2016)

Tabla 4. Indicadores del cultivo de la arveja grano verde en el área de estudio (Promedio 1997 al 2015)

Años	Cultivo de arveja grano verde		
	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
1997	160,00	610,00	3,81
1998	375,00	1428,00	3,81
1999	100,00	392,00	3,92
2000	115,00	402,00	3,50
2001	120,00	478,00	3,98
2002	125,00	498,00	3,98
2003	155,00	616,00	3,97
2004	40,00	147,00	3,68
2005	125,00	495,00	3,96
2006	61,00	233,00	3,82
2007	58,00	216,00	3,72
2008	85,00	308,60	3,63
2009	95,00	323,20	3,40
2010	119,00	403,00	3,39
2011	131,00	460,35	3,51
2012	252,00	995,80	3,95
2013	215,00	801,00	3,73
2014	271,00	941,00	3,47
2015	304,00	1083,20	3,56

Fuente: Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (MINAGRI, 2016)

Para el estudio agroclimático del área de estudio se priorizaron los cultivos de papa, maíz amiláceo, cebada grano y arveja (grano seco y verde); los cuales fueron seleccionados por los indicadores que presenta el cultivo (superficie cosechada y producción), porque contribuyen a la seguridad alimentaria del poblador local y por ser fuente importante de ingresos monetarios para las familias.

#### **Impacto de los principales eventos climáticos adversos durante las campañas agrícolas de los cultivos anuales**

En las últimas 6 campañas agrícolas, los eventos climáticos adversos que mayor impacto causaron en los cultivos producidos en el área de estudio fueron las granizadas y los excesos de lluvias y en menor proporción los vientos huracanados (DRA Huancavelica, 2016). La Tabla 5 muestra el daño producido por la ocurrencia de estos eventos climáticos adversos, el cual se representa por la superficie perdida y afectada de los cultivos más sembrados en el área de estudio.

Tabla 5. Superficie perdida y afectada de cultivos en el área de estudio por la ocurrencia de eventos climáticos adversos

Evento climático adverso	Campaña agrícola	Cultivos	Superficie afectada (ha)	Superficie perdida (ha)
Granizadas y excesos de lluvia	2010-2011	Papa	350,00	80,00
		Maíz amiláceo	300,00	140,00
		Arveja grano seco	80,00	30,00
		Arveja grano verde	40,00	35,00
		Haba grano seco	60,00	10,00
		Haba grano verde		20,00
		Cebada grano	40,00	
		Trigo		
		Fríjol grano	120,00	70,00
		Quinua		20,00
Granizadas	2011-2012	Arveja grano verde	60,00	30,00
		Cebada grano	7,00	
		Haba grano verde	45,00	25,00
		Maíz amiláceo	101,00	8,00
		Olluco	32,00	
		Papa blanca	52,00	25,00
Granizadas y excesos de lluvia	2012-2013	Maíz amiláceo	30,00	10,00
Granizadas y vientos huracanados	2014-2015	Arveja grano seco	16,00	2,00
Granizadas	2015-2016 <sup>1</sup>	Papa	90,00	
		Maíz amiláceo	110,00	
		Haba grano seco	12,00	

Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

<sup>1</sup> Información provisional de agosto del 2015 a julio del 2016

### III. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general

Caracterizar agroclimáticamente los Distritos de Pampas y Santiago de Tucuma, Departamento de Huancavelica.

#### 3.2 Objetivos específicos

Objetivo específico 1:

Caracterizar agrícolamente los cultivos priorizados.

Objetivo específico 2:

Caracterizar los principales parámetros y eventos climáticos extremos relacionados con los cultivos priorizados.

Objetivo específico 3:

Evaluar a través de percepciones de la población local el impacto de la variabilidad climática sobre los cultivos priorizados.

#### **IV. METODOLOGÍA**

##### **4.1 BASE DE DATOS**

###### **4.1.1 CLIMÁTICA**

Se trabajó con información de 8 estaciones meteorológicas convencionales y 1 automática correspondientes a la Red Nacional de Estaciones de Observación del SENAMHI. El periodo de referencia y los parámetros que mide y registra cada estación principal se muestra en la Tabla 6.

Se utilizó datos diarios de temperatura máxima y mínima, precipitación, velocidad y dirección de viento, radiación solar, humedad relativa y evapotranspiración referencial. Los datos de humedad relativa fueron calculados en función de la temperatura del bulbo húmedo y seco y la evapotranspiración a través de la fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985). El comportamiento y evaluación del clima durante el período agrícola se realizó tanto a nivel temporal como espacial.

- El comportamiento temporal de cada parámetro climático se generó a partir de la información de dos estaciones principales: la estación convencional "Pampas" localizada cerca del área urbana de la ciudad de Pampas y la automática "Puca Era" ubicada en el centro poblado de Centro Unión Puca Era. El comportamiento temporal de cada parámetro climático en el primer tipo de estación comprende de noviembre de 1995 a mayo del 2015 y en el segundo tipo de noviembre del 2015 a mayo del 2016.
- El comportamiento espacial de cada parámetro climático se generó a partir de la información de las estaciones principales (Tabla 6) y complementarias (Tabla 7) ubicadas dentro como alrededor del área de estudio, tal como se observa en el Mapa 27. Los mapas agroclimáticos representan el promedio del período agrícola (noviembre a mayo) de los últimos 21 años.

###### **Control de calidad de datos**

El control de calidad primario de los datos climáticos de las estaciones utilizadas en el estudio se realizó en dos fases. La primera fase se basó en un análisis exploratorio de los datos a fin de identificar posibles saltos u outliers con el programa RclimDex. La segunda fase consistió en verificar la homogeneidad de la serie histórica por medio de la prueba

F-Fisher de homogeneidad de varianzas y la prueba t-Student de homogeneidad de medias.

El control de calidad secundario se basó en verificar los datos dudosos en las planillas manuales meteorológicas. Los datos encontrados por mala digitación fueron eliminados o corregidos buscando la coherencia interna y consistencia espacial con estaciones vecinas de similar comportamiento climático.

Obteniendo las series históricas con el control de calidad adecuado, se generaron los valores promedios por cada estación y para un periodo común (1995 al 2015), totalizando 21 años de registro, con los cuales se generaron los mapas de los diferentes parámetros climáticos.

Tabla 6. Estaciones meteorológicas principales utilizadas en el estudio

ESTACIONES PRINCIPALES									
Estación	Departamento	Provincia	Distrito	Latitud (W)	Longitud (S)	Altitud (msnm)	Parámetro	Período	
								Inicio	Fin
Pampas	Huancavelica	Tayacaja	Pampas	12°23'	74°51'	3240	Tmax, Tmin	1995	2014
							TBs, TBh	1995	2014
							PP	1981	2015
Puca Era	Huancavelica	Tayacaja	Pampas	12°28'	74°50'	3474	Tmax, Tmin	2015	2016
							PP, HR	2015	2016
							Rad, VV	2015	2016
Salcabamba	Huancavelica	Tayacaja	Salcabamba	12°11'	74°47'	3275	Tmax, Tmin	1981	2015
							TBs, TBh	1981	2015
							PP	1981	2015
Acostambo	Huancavelica	Tayacaja	Acostambo	12°21'	75°03'	3675	Tmax, Tmin	1981	2014
							TBs, TBh	1981	2014
							PP	1981	2015
Colcabamba	Huancavelica	Tayacaja	Colcabamba	12°24'	74°40'	3055	Tmax, Tmin	2004	2015
							TBs, TBh	2004	2015
Pilchaca	Huancavelica	Huancavelica	Pilchaca	12°24'	75°05'	3650	Tmax, Tmin	1995	2014
							TBs, TBh	1995	2014
							PP	1981	2015
Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	Ascensión	12°46'	75°02'	3860	Tmax, Tmin	1995	2014
							TBs, TBh	1995	2014
							PP	1981	2015
Huancalpi	Huancavelica	Huancavelica	Vilca	12°32'	75°14'	4450	Tmax, Tmin	2002	2014
							TBs, TBh	2002	2014
							PP	1981	2015
Paucarbamba	Huancavelica	Churcampa	Chinchihuasi	12°33'	74°32'	3370	Tmax, Tmin	1995	2015
							TBs, TBh	1995	2015

Fuente: Red Nacional de Estaciones de Observación del SENAMHI

Tmáx : Temperatura máxima (°C)      HR : Humedad relativa (%)  
 Tmín : Temperatura mínima (°C)      VV : Velocidad y dirección del viento (m/s)  
 PP : Precipitación (mm)              Rad : Radiación solar (Mj/m²)

Tabla 7. Estaciones meteorológicas complementarias utilizadas en el estudio

<b>ESTACIONES COMPLEMENTARIAS</b>									
Estación	Departamento	Provincia	Distrito	Latitud (W)	Longitud (S)	Altura (msnm)	Parámetro	Periodo	
								Inicio	Fin
San Pedro de Cachi	Ayacucho	Huamanga	Santiago de Pischa	13°05'	74°23'	2990	PP	1985	2015
Viques	Junín	Huancayo	Viques	12°09'	75°14'	3186	PP	1987	2015
Laive	Junín	Chupaca	Yanacancha	12°15'	75°21'	3831	PP	1986	2015

Fuente: Red Nacional de Estaciones de Observación del SENAMHI

PP : Precipitación (mm)

### **Mapas agroclimáticos**

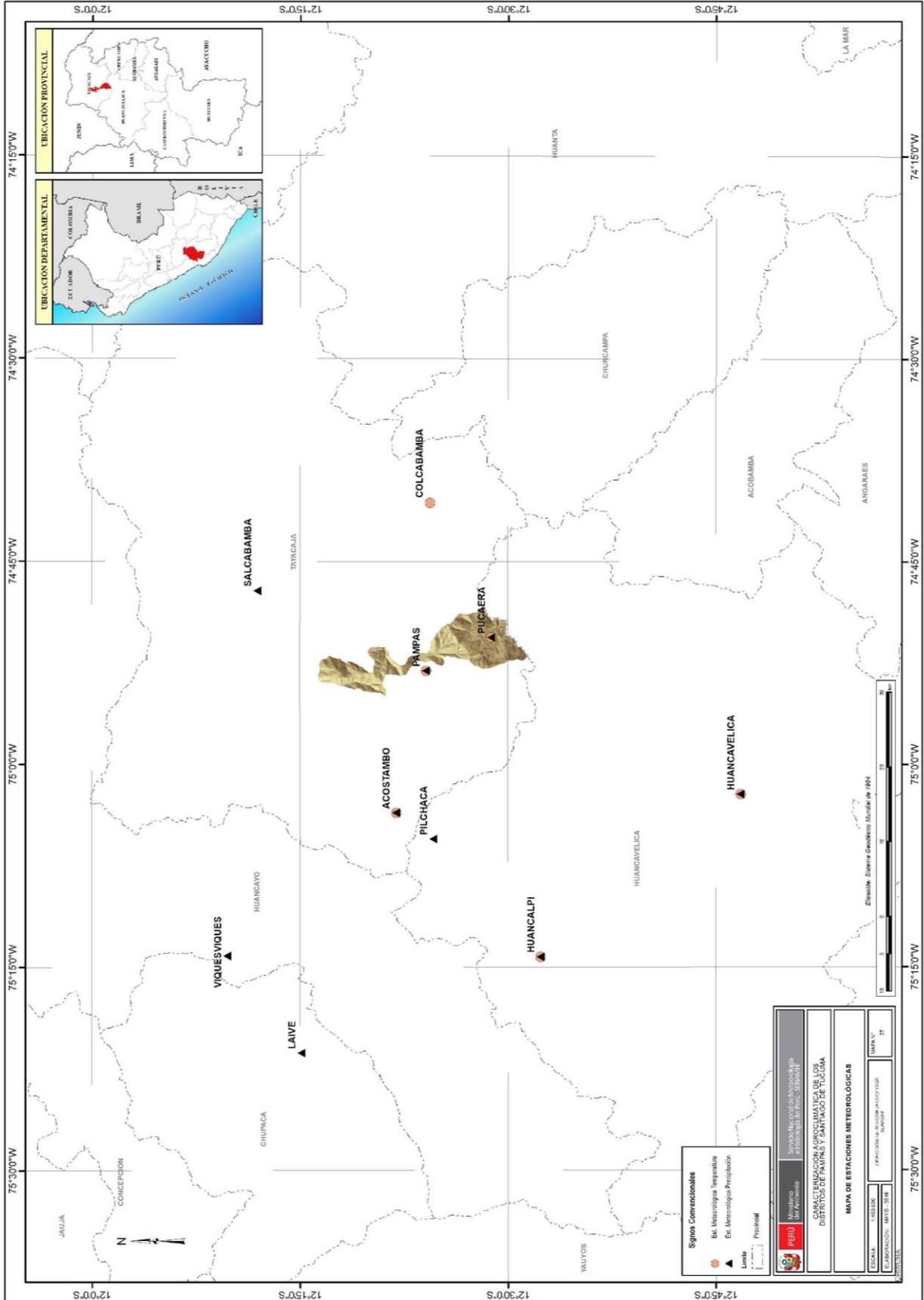
A partir de los mapas mensuales de cada parámetro climático, se elaboraron mapas agroclimáticos para el periodo agrícola: noviembre a mayo.

Los mapas de temperatura máxima y mínima fueron elaborados por el método de regresión lineal múltiple donde el comportamiento de la temperatura es explicado por la longitud (Y) y la elevación (DEM). Para la precipitación, las variables que explican su comportamiento corresponden a la latitud (X), longitud (Y) y elevación (DEM). Una gran ventaja del método es la corrección de la interpolación a partir de un mapa de errores que permite ajustar el mapa resultante y representar el comportamiento de la variable que no pudo ser explicada mediante la fórmula (Quevedo y Sánchez, 2009).

El mapa de humedad relativa fue calculado mediante la fórmula proporcionada por la FAO, dentro de los parámetros meteorológicos que determinan la Evapotranspiración, el cual fue insertado en el álgebra de mapas, expresado como el cociente entre la presión real de vapor (ea) a una temperatura hallada mediante el método psicrométrico y la presión de saturación de vapor de agua (es) a temperatura promedio del aire.

El mapa de evapotranspiración referencial se elaboró teniendo en cuenta el modelo de Hargreaves-Samani (1985), el cual se aproxima al método de Penman Monteith. Los parámetros que requiere el modelo son: temperatura máxima, mínima, media y radiación extraterrestre.

Mapa 27. Estaciones meteorológicas principales y complementarias utilizadas en el estudio



Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.2 AGRÍCOLA**

Se utilizó una base de datos mensual de las principales variables agrarias (superficie sembrada y cosechada) correspondiente a los años 1997 al 2015. Esta información fue obtenida de la Dirección de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura y Riego (DGESEP-MINAGRI).

#### **4.2 EVALUACIÓN DE LOS CULTIVOS**

En el presente capítulo se brinda información básica sobre los requerimientos agroclimáticos, el comportamiento fenológico y la estacionalidad histórica de las siembras y cosechas de los cultivos priorizados.

##### **Requerimientos agroclimáticos**

Las exigencias agroclimáticas que necesita cada cultivo se determinaron a partir de información primaria (entrevista a productores agrarios) y secundaria (publicaciones y/o investigaciones).

##### **Fenología**

El comportamiento fenológico de cada cultivo se determinó a partir de información primaria (entrevista a productores agrarios). La duración promedio de cada fase fenológica fue validada y contrastada con la base de datos del Sistema Fenológico de Cultivos-FENOSYS (SENAMHI, 2016b). Cabe resaltar que el SENAMHI, a través de la Dirección Zonal 11, realiza observaciones fenológicas en parcelas localizadas cerca de la estación convencional Pampas.

##### **Estacionalidad de las siembras y cosechas**

A partir de las estadísticas agrarias mensuales, se elaboró la estacionalidad histórica de las siembras y cosechas de cada cultivo. Esta herramienta de información permite a los lectores identificar en qué meses la mayor parte de los productores agrarios realizan las siembras y cosechas de sus principales cultivos.

#### **4.3 EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA**

En el presente capítulo se describe las condiciones agroclimáticas del área de estudio a partir de la información de los parámetros climáticos de la estación convencional y automática.

##### **Temperatura**

El comportamiento temporal promedio de la temperatura máxima, mínima y media, durante el periodo agrícola noviembre a mayo, se presenta a nivel decadiario y con sus respectivas desviaciones estándar. La distribución espacial se representa a nivel del área de estudio y también para el mismo período.

## Heladas

Para realizar una adecuada planificación agrícola es necesario conocer información que permita tomar decisiones anticipadas ante probables riesgos climáticos. Por tal motivo, la caracterización de heladas meteorológicas y agronómicas constituye una herramienta para la elección de variedades a cultivar según su tolerancia, ciclo vegetativo, entre otros (SENAMHI, 2013).

Se realizó el procesamiento de los datos de temperatura mínima únicamente en la estación convencional Pampas a fin de hallar las fechas de la primera, última y periodo libre de heladas meteorológicas y agronómicas. Para este proceso se utilizó el Software INSTAT+ de la Universidad de Reading, Inglaterra, versión 3.36.

En la misma estación también se realizó un análisis de frecuencia relativa de heladas meteorológicas y agronómicas durante el período agrícola para observar en que décadas las heladas presentarían un mayor o menor impacto en los cultivos. La temperatura base (TB) considerada para evaluar las variables anteriormente descritas se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Temperatura base (TB) de los cultivos priorizados

Cultivo priorizado	TB (°C)	Fuente bibliográfica
Arveja	5	Chiappe (1968), Doorenbos y Kassam (1979), Ortiz (1982) citado en Ruiz et al (1999), Parsons (1987), CIREN (1989), Santibáñez (1994), Yuste (1997)
Cebada	5	Prats y Grandcourt (1969), Menacho (1992), Coronel (2000), Gómez (2005), Collantes (2007)
Maíz amiláceo	7	Manrique (1997), Lesur (2005), Altet (2006)
Papa mejorada	6	Smith (1977), López et al (1980), Cao y Tibbitts (1995)
Papa nativa	4	

## Precipitación

Para definir la estación lluviosa durante el periodo agrícola, se calculó la contribución de la precipitación mensual de las lluvias con respecto al acumulado anual considerando como inicio de la estación lluviosa el primer mes con un porcentaje acumulado de precipitación superior o igual a 8,3%, y el fin de la estación lluviosa a el último mes cuyo acumulado de precipitación sea menor o igual a 8,3% respecto a la cantidad anual

(Schrooder, 1966).

### Índices de sequías

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. La sequía agronómica implica un desequilibrio hídrico negativo en la planta, la cual no inicia cuando cesa la precipitación, sino cuando las plantas ya no pueden absorber agua del suelo por estar agotadas las reservas (Ledesma, 2000).

Para cuantificar la sequía agrícola fue utilizado el Índice de Severidad de Sequías de Palmer autocalibrado (SCPDSI), propuesto por Wells (2003), método que a partir de los parámetros de entrada (precipitación y la capacidad de agua disponible) calcula los componentes del balance de agua, incluyendo la evapotranspiración, la recarga del suelo, la escorrentía, la pérdida de humedad del horizonte superficial; y presenta como resultado la duración, cantidad e intensidad de los eventos secos.

La severidad de la sequía fue estimada en función a la intensidad de la sequía, cuyos rangos se presentan en la Figura 8. Asimismo se evaluó la distribución temporal y la variación interanual de las sequías agrícolas y los periodos húmedos en la estación convencional Pampas.

Figura 8. Índices de sequía según la intensidad

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

Fuente: Wells (2003)

### Balance hídrico agrícola

El balance hídrico agrícola permite determinar para cada una de las fases fenológicas, de los cultivos priorizados, la disponibilidad de agua, evaporación, 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, periodo vegetativo, fases fenológicas, coeficiente de cultivo), la capacidad de agua disponible del suelo,

capacidad de campo, punto de marchitez, densidad aparente y profundidad efectiva de las raíces (Baldión, 1987), así como la evapotranspiración potencial y la precipitación a nivel decadal.

La evapotranspiración referencial (ET<sub>o</sub>) se calculó utilizando la ecuación de Hargreaves-Samani (1985). Este método se emplea cuando no se tiene disponibilidad de datos climáticos de radiación solar, humedad relativa o velocidad del viento.

Los coeficientes del cultivo o K<sub>c</sub> fueron obtenidos de una recopilación de diferentes fuentes bibliográficas (Tabla 9). Lo mejor es disponer de valores K<sub>c</sub> para cada cultivo, fase fenológica y distintas fechas de siembra, pero en ausencia de esta información se puede usar estos valores referenciales de K<sub>c</sub>.

Tabla 9. Valores de K<sub>c</sub> utilizados para el balance hídrico

Cultivo	Etapas fenológicas	K <sub>c</sub>
Arveja	Siembra-Emergencia	0,4
	Crecimiento vegetativo	0,4-1,2
	Crecimiento reproductivo	1,2
	Maduración	0,3-0,9
Cebada	Siembra-Emergencia	0,25
	Crecimiento vegetativo	0,3-0,9
	Crecimiento reproductivo	1,1
	Maduración	0,2-0,9
Maíz	Siembra-Emergencia	0,3
	Crecimiento vegetativo	0,5-0,9
	Crecimiento reproductivo	1,2
	Maduración	0,3-0,7
Papa	Siembra-Emergencia	0,3
	Crecimiento vegetativo	0,4-0,9
	Crecimiento reproductivo	1,2
	Maduración	0,3-0,7

Fuente: FAO (2006), James (1988), Stewart y Nielsen (1990)

El balance hídrico se realizó para el periodo agrícola (noviembre a mayo) donde se desarrollan las distintas fases fenológicas de los cultivos priorizados. En la estación convencional Pampas el balance hídrico se evaluó bajo condiciones promedio, condiciones lluviosas y condiciones deficitarias tomando como información el record histórico 1995 al 2015. En la estación automática solo se realizó el balance hídrico para el periodo noviembre del 2015 a mayo del 2016.

#### 4.4 PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS

Se recopiló información primaria a través de encuestas semi-estructuradas aplicadas a

productores agrarios que residen en el área de estudio. El trabajo de campo tuvo por objetivo conocer que percepciones tienen los pobladores locales respecto a la variabilidad climática y sus posibles impactos en los cultivos priorizados. Así mismo, se buscó relevar información sobre qué medidas de adaptación realizan ante la ocurrencia de un evento climático adverso.

La Tabla 10 muestra la procedencia y el total de productores agrarios que participaron en la ejecución de las encuestas semi-estructuradas.

Tabla 10. Levantamiento de información primaria en el área de estudio

Distrito	Lugar de procedencia	Cantidad
Pampas	Centro Unión Puca Era	35
	San Carlos	4
	Vista Alegre Casay	4
	Viñas	4
Santiago de Tucuma	Santiago de Tucuma	10
	Taurispampa	4
	Dos de Mayo de Punyachi	2
	Santa Cruz de Chauchura	4

Fuente: Elaboración propia

## V. CARACTERIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS PRIORIZADOS

### 5.1 REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS

En este capítulo se describen los requerimientos agroclimáticos de cada cultivo priorizado en el área de estudio. Así mismo, se analiza el comportamiento fenológico y estacional de las siembras y cosechas históricas.

#### 5.1.1 Arveja

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una leguminosa que crece en los más diversos agroecosistemas cultivándose desde la costa durante el invierno y en toda la sierra entre los 2300 msnm a 3500 msnm (Paredes 1982; Medina, 1992; CARE, 2007). Nutricionalmente es una fuente importante de carbohidratos y proteínas que le convierte en un complemento ideal de la alimentación humana; agrícolamente mejora la fertilidad de los suelos agrarios, por su capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico (CARITAS, 2004).

### Requerimientos climáticos



Foto 1. Cultivo de arveja en floración  
(Distrito de Pampas)

La planta se comporta adecuadamente en clima templado y templado-frío, con buena adaptación a períodos de bajas temperaturas durante la germinación y primeros estados de la planta, favoreciendo su enraizamiento y macollaje.

La temperatura óptima en la germinación oscila entre los 14 °C a 22 °C, en el crecimiento entre los 13 °C a 18 °C, en la floración entre los 12 °C a 18 °C y en la maduración entre los 16 °C a 20 °C (Chiappe, 1968; Doorenbos y Kassam, 1979; Ortiz, 1982; Parson, 1987; Santibáñez, 1994; Yuste, 1997). La planta no crece si la temperatura se presenta por debajo de los umbrales térmicos y las heladas afectan a las plantas tiernas y a las que están floreciendo o en vaina, produciendo granos pequeños. Si las temperaturas son elevadas, la planta crece mal y no hay buen rendimiento.

La precipitación es un elemento muy importante en la emergencia, floración y llenado de vainas. La arveja requiere un régimen de lluvias óptimo entre los 400 mm a 600 mm (Chiappe, 1968; Casseres, 1969; Doorenbos y Kassam, 1979; López, 1990).

En relación al fotoperiodo es una planta indiferente en cuanto a la duración del día (Doorenbos y Kassam, 1979). La arveja requiere condiciones intermedias de humedad atmosférica (Yuste, 1997) y de una iluminación intensa a moderada (FAO, 1994).

### Requerimientos edáficos

Aunque se adapta a diferentes tipos de suelo, la arveja requiere terrenos franco-arenosos a franco arcillosos con suelos profundos, sueltos, bien drenados y abundante materia orgánica. No son recomendables suelos muy arcillosos, salinos y encharcados (Doorenbos y Kassam, 1979; Valadez, 1992; FAO, 1994; Dolores, 1996; Gómez, 1996; Yuste, 1997; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huamán, 2001).

El suelo óptimo debe presentar un pH entre 5,6 a 6,8 (Valadez, 1992; Dolores, 1996; Gómez, 1996; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huamán, 2001).

La Tabla 11 resume los requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de arveja en la sierra altoandina.

Tabla 11. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Climáticos					Fuentes bibliográficas
1. Requerimientos térmicos	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	5	14	22	24	Chiappe, 1968; Casseres, 1969; Trepino y Murray, 1976; Doorenbos y Kassam, 1979; Ortiz, 1982; Parson, 1987; Santibañez, 1994; Yuste, 1997.
b. Crecimiento	5	13	18	27	
c. Floración	7	12	18	25	
d. Maduración	7	16	20	25	
2. Requerimientos hídricos	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
	300	400	600	700	Chiappe, 1968; Doorenbos y Kassam, 1979; Casseres, 1969.
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arenoso, Franco, Franco limoso y Franco arcilloso				Doorenbos y Kassam, 1979; Valadez, 1992; FAO, 1994; Dolores, 1996; Gomez, 1996; Yuste, 1997; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huaman, 2001.
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm) y Profundo (100-150 cm)				Doorenbos y Kassam, 1979; Valadez, 1992; FAO, 1994; Dolores, 1996; Gomez, 1996; Yuste, 1997; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huaman, 2001.
c. Drenaje	Bueno				Doorenbos y Kassam, 1979; Valadez, 1992; FAO, 1994; Dolores, 1996; Gomez, 1996; Yuste, 1997; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huaman, 2001.
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Moderadamente ácido (5,6-6), Ligeramente ácido (6,1-6,5) y Neutro (6,6-7,3)				Valadez, 1992; Dolores, 1996; Gomez, 1996; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huaman, 2001.
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				Valadez, 1992; Dolores, 1996; Gomez, 1996; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huaman, 2001.
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo	Máximo			
	2300	3500	Paredes, 1982; Medina, 1992; CARE, 2007.		
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				
	Mínimo	Máximo			
	0	25	Paredes, 1996; Palacios, 1997.		

### 5.1.2 Cebada grano

Entre los cereales de grano pequeño para la zona altoandina encontramos a la cebada grano como cultivo estratégico e importante para sus pobladores, que permite cubrir las necesidades alimenticias, además constituye una fuente de ingresos al comercializarse los excedentes. En el Perú, el 93,6% de las unidades productivas de la zona altoandina consumen la cebada grano que producen (INIA, 2014).

Es el cultivo con mayor rango de adaptación altitudinal, resistencia a la sequía, bajas temperaturas y a la salinidad del suelo. Se puede sembrar desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, siendo la zona óptima de 3000 msnm a 4000 msnm (INIPAGTZ, 1983; Barreto, 1997; INIA, 2014).

#### Requerimientos climáticos



Foto 2. Cultivo de arveja en crecimiento  
(Distrito de Pampas)

La germinación requiere una temperatura óptima de 15 °C a 22 °C, con un umbral mínimo de 6 °C (Prats y Grandcourt, 1969; Collantes, 2007). El rango térmico para que la planta desarrolle sus hojas y tallos oscila de 4 °C a 30 °C, con un valor óptimo de 15 °C a 25 °C (Menacho, 1992; Gómez, 2005; Collantes, 2007; Coronel, 2000). Las temperaturas más adecuadas para la etapa reproductiva se encuentran alrededor de 16 °C a 21 °C y para la maduración de 18 °C a 21 °C (Coronel, 2000; Collantes, 2007).

La planta para desarrollarse requiere de 600 mm a 800 mm de agua, con un umbral mínimo de 300 mm y un máximo de 1000 mm. Muchos especialistas consideran que la cebada es uno de los cultivos que requiere poca cantidad de agua para desarrollar sus fases fenológicas (DGET, 1983; INIPAGTZ, 1983; Coronel, 2000; Gómez, 2005; Bocanegra, 2010).

#### Requerimientos edáficos

La cebada requiere suelos de textura franca (limosa, arcillosa y arenosa), moderadamente profundos a profundos, no muy pedregosos y de buen drenaje. Requiere un pH de 6,1 a 7,8 (tolerante a la salinidad) y un alto contenido de materia

orgánica para un adecuado aporte de nutrientes a las plantas (Coulombe, 1983; DGET, 1983; INIPAGTZ, 1983; Kamisato, 1996; Gómez, 2005; Collantes, 2007).

La Tabla 12 resume las exigencias de clima, suelo y paisaje que requiere el cultivo de cebada para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos.

Tabla 12. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Climáticos					Fuentes bibliográficas
1. Temperatura	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	6	15	22	Prats y Grandcourt (1969), Menacho (1992), Coronel (2000), Gómez (2005), Collantes (2007).	
b. Crecimiento	4	15	25		
c. Floración		16	21		
c. Maduración		18	21		
2. Precipitación	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
	300	600	800	1000	DGET (1983), INIPA-GTZ (1983), Coronel (2000), Gómez (2005), Bocanegra (2010).
3. Fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	11		12		Coronel (2000).
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arenoso, Franco, Franco limoso				INIPA-GTZ (1983), Kamisato (1996), Gómez (2005), Collantes (2007).
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm), Profundo (100-150 cm)				Kamisato (1996), Collantes (2007).
c. Drenaje	Bueno				
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Ligeramente ácido (6,1-6,5), Neutro (6,6-7,3), Ligeramente alcalino (7,4-7,8)				Coulombe (1983), DGET (1983), INIPA-GTZ (1983), Kamisato (1996), Gómez (2005), Collantes (2007).
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				Kamisato (1996).
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
	3000		4000		INIPA-GTZ (1983), Barreto (1997), INIA (2014).
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	0		15		Acosta (1984).

### 5.1.3 Maíz amiláceo

El maíz amiláceo (*Zea mays* L. ssp. *amilácea*) es, después de la papa, el principal alimento de los habitantes de la sierra; cultivado por pequeños productores que lo utilizan principalmente para el autoconsumo. Se caracteriza por presentar una gran variabilidad en el color del grano, en la textura, en su composición y en su apariencia.

Este cultivo se siembra entre los 2000 msnm a 3800 msnm; sin embargo, las zonas que presentan una mayor adaptabilidad y superficie agrícola se localizan entre los 2300 msnm a 3500 msnm (Valdivieso y Montoya, 1985; Celis, 1996; Chávez, 2003; MINAG, 2012).

#### Requerimientos climáticos

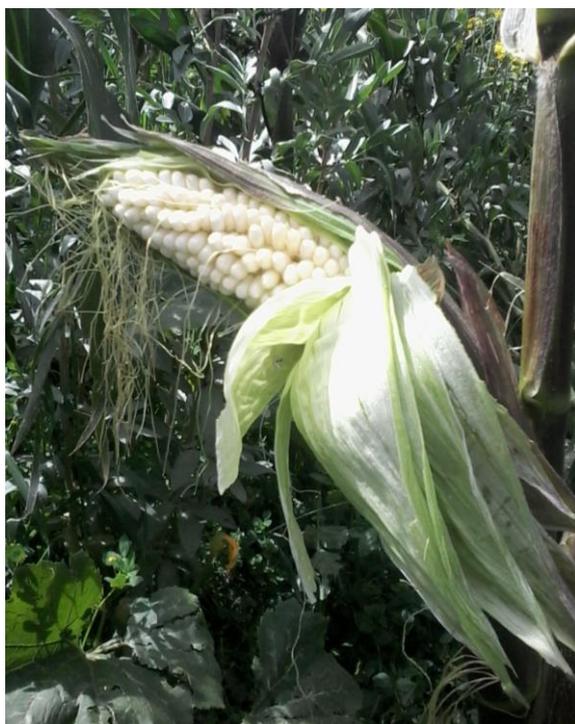


Foto 3. Cultivo de maíz amiláceo en maduración (Distrito de Pampas)

El maíz amiláceo es una planta de climas templados a fríos moderados. En la etapa de germinación la temperatura oscila de 10 °C a 30 °C, siendo el rango óptimo de 15 °C a 25 °C (Berger, 1967; CIREN, 1989; Manrique, 1997; Lesur, 2005; Ochoa, 2009). En la etapa de crecimiento vegetativo, los umbrales de temperatura se encuentran alrededor de 7 °C a 30 °C, con un valor óptimo de 15 °C a 21 °C (Valdez, 1977; Manrique, 1997; Altet, 2006); mientras que para la etapa de floración, la temperatura óptima oscila de 15 °C a 20 °C (Manrique, 1988) con un umbral mínimo de 8 °C y un máximo de 30 °C.

El requerimiento óptimo de agua se encuentra alrededor de 500 mm a 700 mm, con un umbral mínimo de 200 mm y un máximo de 1000 mm (Berger, 1967; Lesur, 2005).

Las necesidades varían a lo largo del cultivo, siendo mayor en las etapas de crecimiento y floración. En relación al brillo solar, el maíz requiere de 10 a 14 horas de sol por día (CIREN, 1989; Lesur, 2005).

#### Requerimientos edáficos

Las plantas se adaptan a distintos tipos de suelos, sin embargo se desarrolla mejor en suelos que presentan textura media (franco, franco arcilloso arenoso, franco arcilloso), bien drenados y aireados (Berger, 1967; Valdez, 1977; Lesur, 2005). Las raíces de las plantas de maíz pueden llegar a más de 200 cm de profundidad. Por lo tanto, la

profundidad media del suelo debe ser en lo posible moderadamente profundo o profundo (Valdez, 1977; CIREN, 1989; Manrique, 1997; Puertas, 2002;).

La pendiente del terreno donde crece el maíz no debe ser superior al 25% (Salinas, 2010). El maíz puede desarrollarse entre un rango de pH de 5,5 a 8. Sin embargo, los suelos óptimos para el cultivo son los que presentan de 6,1 a 7,8 de pH (Valdez, 1977; Manrique, 1997). La cantidad de materia orgánica en el suelo debe ser alta (Berger, 1967).

La Tabla 13 resume las exigencias de clima, suelo y paisaje que requiere el cultivo de maíz amiláceo para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos.

#### 5.1.4 Papa mejorada

La papa (*Solanum tuberosum* L.) constituye la base de la alimentación y seguridad alimentaria del poblador de la sierra, y su cultivo le genera al productor andino más ingresos económicos que cualquier otro cultivo.

El cultivo crece desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm. En la sierra, las mayores áreas de producción se localizan alrededor de los 2300 msnm a 3800 msnm (López et al, 1980; Alcalde et al, 1990; Egúsquiza, 2000; Ochoa, 2001; Tapia y Fries, 2007).

#### Requerimientos climáticos



Foto 3. Cultivo de papa vrd Yungay en maduración (Distrito de Pampas)

La papa es un cultivo de clima templado-frío. La temperatura es una de las principales variables climáticas involucradas con los procesos fisiológicos de la planta. La etapa de emergencia requiere una temperatura alrededor de 5 °C a 30 °C, con un valor óptimo de 17 °C a 25 °C (Borah y Milthorpe, 1959; Midmore, 1988; Loayza, 1993; Cepeda y Gallegos, 2003). Temperaturas menores a 15 °C afectan la velocidad de crecimiento de los brotes y la emergencia de los tallos (Cortbaoui, 1988). La etapa de crecimiento vegetativo necesita un rango térmico de 6 °C a 30 °C (Cepeda y Gallegos, 2003), con un valor óptimo de 15 °C a 25 °C (López et al, 1980; Midmore, 1988; Loayza, 1993; Cepeda y Gallegos, 2003; Mendoza, 2007).

Tabla 13. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Climáticos					Fuentes bibliográficas
1. Temperatura	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	10	15	25	30	Berger (1967), Valdez (1977), Manrique (1988), CIREN (1989), Manrique (1997), Lesur (2005), Altet (2006), Ochoa (2009.)
b. Crecimiento	7	15	21	30	
c. Floración	8	15	20	30	
2. Precipitación	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
	200	500	700	1000	Berger (1967), Lesur (2005).
3. Fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	10		14		CIREN (1989), Lesur (2005).
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco, Franco arcillo arenoso, Franco arcilloso				Berger (1967), Valdez (1977), Puertas (2002), Lesur (2005).
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm), Profundo (100-150 cm)				Valdez (1977), CIREN (1989), Manrique (1997).
c. Drenaje	Bueno				Berger (1967), Valdez (1977), Puertas (2002), Lesur (2005).
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Ligeramente ácido (6,1- 6,5), Neutro (6,6-7,3), Ligeramente alcalino (7,4-7,8)				Berger (1967), Valdez (1977), CIREN (1989), Manrique (1997), Lesur (2005).
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				Berger (1967), CIREN (1989).
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo	Máximo			
	2300	3500			Martínez (1994), Celis (1996), Aquino (2003), Chávez (2003).
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo	Máximo			
	0	25			Salinas (2010), Oscanoa (2011).

La tuberización es la etapa más importante de la planta porque está directamente relacionada con la translocación y llenado de fotosintatos en los tubérculos. Para esta fase los umbrales de temperatura varían de 5 °C a 28 °C, con un valor óptimo de 14 °C a 20 °C (Christiansen, 1967; López et al, 1980; Ezeta, 1986; Huerta, 1987; Egúsqiza, 2000; Cepeda y Gallegos, 2003). Temperaturas mayores a 28 °C inhiben la tuberización, y si se mantiene constante durante este tiempo es posible que no haya formación de tubérculos

y los estolones crezcan en forma engrosada (Christiansen, 1967). Las condiciones más favorables para la tuberización y el crecimiento del tubérculo son días cortos y temperaturas nocturnas bajas (14 °C a 16 °C) (Van Dam et al, 1996).

La precipitación óptima requerida por la planta está alrededor de 400 mm a 800 mm, la cual debe ser distribuida en todo el ciclo vegetativo del cultivo (Christiansen, 1967; López et al, 1980; Ekanayake, 1994; Cepeda y Gallegos, 2003).

La humedad relativa favorable para el cultivo debe variar de 60% a 80% (López et al, 1980; Mendoza, 2007). Humedad relativa superior al 80% genera condiciones óptimas para la aparición de enfermedades foliares. La papa es una planta de días cortos. La exposición del follaje a días cortos induce la tuberización, mostrando una formación más temprana del tubérculo y los estolones. El brillo solar debe ser alrededor de 10 a 12 horas por día (Egúsqiza, 2000; Mendoza, 2007).

### **Requerimientos edáficos**

La planta se desarrolla adecuadamente en suelos de textura moderadamente gruesa (franco arenoso) y media (franco, franco limoso). El desarrollo radicular y la formación de estolones son mejor en estos tipos de suelos (Christiansen, 1967; Huerta, 1987; Molina et al, 2004; Mendoza, 2007). Los suelos deben ser moderadamente profundos y profundos, bien drenados y de buena estructura, que permitan asegurar buen crecimiento de las raíces y de los estolones (Christiansen, 1967; Montaldo, 1984; Egúsqiza, 2000; Cepeda y Gallegos, 2003; Mendoza, 2007).

La pendiente no debe de exceder del 25% (Salinas, 2010; Torres, 2011). El rango de pH óptimo para el cultivo varía de 5,5 a 6,5 (Christiansen, 1967; Montaldo, 1984; Cepeda y Gallegos, 2003; MISTI, 2001). El contenido de materia orgánica en el suelo debe ser alto (López et al, 1980; MISTI, 2001; Rojo, 2006; Mendoza, 2007).

La Tabla 14 sintetiza las exigencias de clima, suelo y paisaje que requiere el cultivo de papa mejorada para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos.

#### **5.1.5 Papa nativa**

La papa nativa se distribuye entre los 2300 msnm a 4200 msnm en pisos ecológicos donde la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos brindan condiciones naturales especiales para su cultivo (CIP, 2008). La papa nativa dulce produce mejor entre 3000 msnm a 4200 msnm y la papa nativa amarga entre los 3800 msnm a 4200 msnm (Alcalde et al, 1990; Huanco, 1991; Egúsqiza, 2000; Tapia y Fries, 2007; Gómez et al, 2008; Sedano, 2008).

En el Perú existen 3500 variedades, donde el 75% corresponden a papas nativas (dulces y amargas) y el 25% a papas blancas. En el grupo de papas nativas dulces se encuentran variedades procedentes de las especies *Solanum tuberosum* sp indígena, *S. goniocalix*, *S. stenotomun*, *S. phureja* y *S. chaucha* (Egúsqiza, 2000; Ochoa, 2001).

Tabla 14. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de papa mejorada (*Solanum tuberosum* L.) en la sierra andina

I. Requerimientos Climáticos					Fuentes bibliográficas
1. Temperatura	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	5	17	25	30	Borah y Milthorpe (1959), Christiansen (1967), López et al (1980), Montaldo (1984), Smith (1977), Ezeta (1986), Huerta (1987), Cortbaoui (1988), Midmore (1988), CIREN (1989), Cao y Tibbitts (1995), Pumisacho y Sherwood (2002), Cepeda y Gallegos (2003), Molina et al (2004), Aldabe y Doglioti (2006), Mendoza (2007).
b. Crecimiento	6	15	25	30	
c. Tuberización	6	14	20	28	
2. Precipitación	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
	200	400	800	1200	Christiansen (1967), López et al (1980), Ekanayaque (1994), Cepeda y Gallegos (2003).
3. Humedad relativa	Humedad relativa óptima (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	60		80		López et al (1980), Mendoza (2007).
4. Fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	10		12		Egúsqiza (2000), Herrera (2000), Mendoza (2007).
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arenoso, Franco, Franco limoso				Christiansen (1967), Huerta (1987), Molina et al (2004), Mendoza (2007).
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm), Profundo (100-150 cm)				Christiansen (1967), Montaldo (1984), Egúsqiza (2000), Cepeda y Gallegos (2003), Mendoza (2007).
c. Drenaje	Bueno				
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Moderadamente ácido (5,6-6), Ligeramente ácido (6,1-6,5)				Christiansen (1967), Montaldo (1984), Cepeda y Gallegos (2003), MISTI (2001), Rojo (2006).
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				López et al (1980), Misti (2001), Molina et al (2004), Mendoza (2007).
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
	2300		3800		López et al (1980), Alcalde et al (1990), Egúsqiza (2000), Ochoa (2001), Tapia y Fries (2007).
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	0		25		Salinas (2010), Torres (2011).

### Requerimientos climáticos

La papa nativa requiere una temperatura de 4 °C a 20 °C, con un requerimiento térmico

óptimo de 8 °C a 16 °C para la papa nativa dulce y de 6 °C a 14 °C para la papa nativa amarga (Arbizu y Tapia, 1992; Salinas, 2010; Torres, 2011).

La precipitación óptima para el cultivo oscila de 600 mm a 1000 mm (Arbizu y Tapia, 1992; Salinas, 2010). El brillo solar requerido se encuentra alrededor de las 10 a 16 horas por día (Amorós, 1979; López et al, 1980).

#### Requerimientos edáficos



Foto 3. Terrenos en preparación  
(Distrito de Santiago de Tucuma)

La papa nativa dulce se cultiva en terrenos que presentan un sistema de producción rotacional, preferentemente en zonas de ladera y terrenos descansados de textura franco arenoso, franco limoso y franco arcillosa (Canahua, 1998; Llacsá, 2008; Salinas, 2010). Prefiere suelos profundos, de buen drenaje y no muy ácidos (López et al, 1980; Cepeda y Gallegos, 2003; Llacsá, 2008; Salinas, 2010). El contenido de materia orgánica debe ser alto (Alcalde et al, 1990; Arbizu y Tapia, 1992; Llacsá, 2008). La papa nativa amarga prefiere suelos fríos, de buen drenaje; se adapta a suelos de textura variable y a un amplio rango de acidez (Alcalde et al, 1990; Llacsá, 2008).

La Tabla 15 resume las exigencias de clima, suelo y paisaje que requiere el cultivo de papa nativa para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos.

Tabla 15. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de papa nativa (Solanum andigena, S. ajanhuiri, S. phureja y S. chaucha en la sierra altoandina

<b>I. Requerimientos Climáticos</b>					Fuentes bibliográficas
<b>1. Temperatura</b>	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Papa nativa dulce	4	8	16	20	Salinas (2010), Torres (2011).
b. Papa nativa amarga	4	6	14	20	Arbizu y Tapia (1992), Salinas (2010).
<b>2. Precipitación</b>	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
a. Papa nativa (dulce y amarga)	400	600	1000	1200	
<b>3. Fotoperíodo</b>	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	10		16		
<b>II. Requerimientos Edáficos</b>					Fuentes bibliográficas
<b>1. Propiedades físicas</b>	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arcilloso, Franco arcillo limoso				Canahua (1998), Llacsá (2008), Salinas (2010).
b. Drenaje	Bueno				Llacsá (2008), Salinas (2010).
<b>2. Propiedades químicas</b>	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Fuertemente ácido (5,1-5,5), Moderadamente ácido (5,6- 6), Ligeramente ácido (6,1-6,5)				Cepeda y Gallegos (2003), Salinas (2010).
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm), Profundo (100-150 cm)				López et al (1980), Salinas (2010).
c. Materia orgánica	Alto (≥4%)				Alcalde et al (1990), Arbizu y Tapia (1992), Llacsá (2008).
<b>III. Requerimientos de Paisaje</b>					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo	Máximo			
a. Papa nativa dulce	3000	4200			Alcalde et al (1990), Huanco (1991), Egúsqüiza (2000), Tapia y Fries (2007), Gómez et al (2008), Sedano (2008).
b. Papa nativa amarga	3800	4200			
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	25		50		

## 5.2 FENOLOGÍA

La fenología contribuye a conocer los cambios en los patrones de desarrollo y crecimiento de las plantas en relación con las condiciones del clima, el manejo agronómico y otros aspectos del ambiente.

Las Figuras 9 al 12 representan el comportamiento fenológico de los cultivos priorizados en el área de estudio.

Figura 9. Comportamiento fenológico promedio del cultivo de arveja en el área de estudio

Periodo fenológico	Crecimiento vegetativo		Crecimiento reproductivo		Maduración		
	Estadios de crecimiento de la planta						
Parte aérea	Emergencia	Desarrollo de las hojas	Botón floral	Floración	Formación de fruto	Maduración	Senescencia
Parte radicular	Desarrollo y crecimiento de raíces						
Descripción de la fase fenológica	El brote se encuentra fuera de la semilla, luego de crecer sale hacia la superficie del suelo.	Las hojas (con estípulas) se despliegan y comienzan a desarrollarse hasta alcanzar el número máximo de hojas que tiene la variedad.	En la parte superior del tallo se hacen visibles los primeros botones florales en las plantas.	Las flores se empiezan a abrirse hasta alcanzar la plena floración en las plantas. La floración decae cuando la mayoría de los pétalos se han secado y han caído.	Las vainas alcanzan la longitud típica de la variedad, siendo mayormente de una tonalidad verde.	Las vainas están llenas y las semillas adquieren el color típico de la variedad. Presentan una consistencia seca y dura.	Las plantas empiezan a amarillarse y secarse. Los granos de las vainas se encuentran en su madurez de cosecha.
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)	5 - 15	15 - 30	65 - 90	80 - 115	85 - 125		145 - 185

Fuente: Feller et al (1995); SENAMHI (2016b)

Figura 10. Comportamiento fenológico promedio del cultivo de cebada en el área de estudio

Periodo fenológico	Crecimiento vegetativo					Crecimiento reproductivo		Maduración			
	Estadios de crecimiento de la planta										
Parte aérea	Germinación	Emergencia	Tercera hoja	Macollaje	Encañado	Espigado	Floración	Maduración lechosa	Maduración pastosa	Maduración cornéa	Senescencia
Parte radicular	Desarrollo y crecimiento de raíces										
Descripción de la fase fenológica	Comienza la inhibición de la semilla. La radícula y el coleóptilo emergen e inician su crecimiento.	El coleóptilo traspasa la superficie del suelo.	La tercera hoja del tallo principal se despliega sobre la superficie del suelo.	Se inicia la formación de los botones laterales (macollos o hijuelos).	Comienza el encañado (el primer entrenado empieza a alargarse). Esta fase finaliza cuando aparece la hoja bandera.	La punta de la espiga o de la panícula empieza a emerger de la vaina.	En la espiga se aprecia las primeras anteras visibles en la mayoría de las espiguitas.	Los primeros granos presentan una consistencia acuosa. La coloración es todavía verde.	Los granos presentan una consistencia blanda. Al presionar con la uña del dedo la huella no se mantiene.	Los granos presentan una consistencia dura. Al presionar con la uña del dedo la huella se mantiene.	La planta está totalmente muerta, los tallos se quiebran. Los granos se encuentran en su madurez de cosecha.
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)		5 - 10	20 - 30	40 - 55	65 - 85	90 - 105	105 - 120				145 - 185

Fuente: Witzemberger et al (1989); Lancashire et al (1991); SENAMHI (2016b)

Figura 11. Comportamiento fenológico promedio del cultivo de maíz amiláceo en el área de estudio

Periodo fenológico	Crecimiento vegetativo				Crecimiento reproductivo		Maduración			
	Estadios de crecimiento de la planta									
Parte aérea	Germinación	Emergencia	Desarrollo de hojas	Panojamiento	Espigamiento	Maduración lechosa	Maduración pastosa	Maduración cornéa	Senescencia	
Parte radicular	Brotamiento de raíces	Desarrollo y crecimiento de raíces								
Descripción de la fase fenológica	Inhibición de la semilla. Emergencia de radícula y coleóptilo. Este último emerge hacia la superficie del suelo.	El coleóptilo atraviesa la superficie del suelo.	Las hojas del tallo principal empiezan a desarrollarse y desplegarse. Ocurre alargamiento del tallo principal apreciándose los nudos de la caña.	Comienza la salida y crecimiento de la inflorescencia masculina (penacho) del tallo principal.	Emergencia de los estigmas por las puntas de las mazorcas. Se aprecia los estambres en los penachos. Inicia la polinización de los estigmas.	Comienza el desarrollo y acumulación de materia seca en los granos. Éstos presentan una coloración blanco-amarillento.	Los granos presentan una consistencia blanda y tienen una coloración amarillento a amarillo (según la variedad).	Los granos presentan una consistencia dura y son brillantes. En la base de los granos empieza a notarse puntos o rayas negras (madurez fisiológica).	La planta está totalmente muerta, los tallos se quiebran. Las mazorcas están en su madurez de cosecha.	
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)		10 - 15	20 - 30	110 - 130	125 - 150	160 - 195	180 - 225		230 - 280	

Fuente: Weber y Bleiholder (1990); Lancashire et al (1991); SENAMHI (2016b)

Figura 12. Comportamiento fenológico promedio del cultivo de papa en el área de estudio

Periodo fenológico	Crecimiento vegetativo			Crecimiento reproductivo		Maduración	
	Estadios de crecimiento de la planta						
Parte aérea	Brotamiento	Emergencia	Brotes laterales	Botón floral	Floración	Maduración de bayas	Senescencia
Parte radicular	Formación de raíces y tallos	Desarrollo y crecimiento de raíces		Emisión y crecimiento de estolones	Crecimiento y llenado de estolones	Maduración de tubérculos	
Descripción de la fase fenológica	Los brotes del tubérculo semilla empiezan a formar raíces y tallos. Estos últimos emergen hacia la superficie del suelo.	Las hojas del tallo principal comienzan a alargarse y desplegarse sobre la superficie del suelo.	El tallo principal empieza a ramificarse. Las nuevas ramas empiezan a crecer longitudinalmente hasta cubrir todo el campo de cultivo.	Aparecen los botones florales de la primera inflorescencia visible del tallo principal.	Ocurre la apertura de las primeras flores.	En la parte subterránea, el crecimiento de los tubérculos se torna lento. La piel o cascara empieza a endurecerse.	Ocurre el amarillamiento de las hojas y los tallos. Los tubérculos están en su madurez de cosecha.
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)		15 - 20 - Variedad precoz 20 - 25 - Variedad semitardía 25 - 30 - Variedad tardía	25 - 35 35 - 45 45 - 55	60 - 70 75 - 90 95 - 105	80 - 95 100 - 120 135 - 150		100 - 120 130 - 160 180 - 200

Fuente: Hack et al (1993); SENAMHI (2016b)

### 5.3 ESTACIONALIDAD HISTÓRICA DE LAS SIEMBRAS Y COSECHAS

En el área de estudio, la estacionalidad de las siembras y cosechas de los cultivos priorizados depende en gran medida del periodo de ocurrencia de las lluvias. Entre los meses de agosto a marzo se realiza la denominada campaña grande y entre abril a julio la campaña chica.

El calendario agrícola histórico de las siembras muestra que los cultivos de papa y arveja grano verde son sembrados por los productores agrarios en tierras en secano de agosto a diciembre y en áreas bajo riego de abril a julio (Figuras 13 y 14). Caso contrario ocurre con los cultivos de maíz amiláceo, cebada grano y arveja grano seco debido a que esta actividad se realiza de setiembre a diciembre en terrenos en secano ubicados en la región quechua y suni del área de estudio (Figuras 15 al 17).

Respecto al calendario histórico de las cosechas, se aprecia que los cultivos de papa y arveja grano son cosechados por los productores agrarios durante todo el año (Figuras 13 y 14). Por otra parte, los cultivos de maíz amiláceo, cebada grano y arveja grano seco presentan un periodo de cosechas más estacional siendo de marzo a agosto (Figuras 15 al 17).

Figura 13. Estacionalidad histórica del cultivo de papa en el área de estudio

Campaña agrícola	SIEMBRAS					COSECHAS											
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	1996-97	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1997-98	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1998-99	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1999-00	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2000-01	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2001-02	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2002-03	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2003-04	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2004-05	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2005-06	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2006-07	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2007-08	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2008-09	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2009-10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2010-11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2011-12	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2012-13	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2013-14	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2014-15	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 14. Estacionalidad histórica del cultivo de arveja grano verde en el área de estudio

Campaña agrícola	SIEMBRAS					COSECHAS											
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	1996-97																
1997-98																	
1998-99																	
1999-00																	
2000-01																	
2001-02																	
2002-03																	
2003-04																	
2004-05																	
2005-06																	
2006-07																	
2007-08																	
2008-09																	
2009-10																	
2010-11																	
2011-12																	
2012-13																	
2013-14																	
2014-15																	

Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 15. Estacionalidad histórica del cultivo de maíz amiláceo en el área de estudio

Campaña agrícola	SIEMBRAS					COSECHAS											
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	1996-97																
1997-98																	
1998-99																	
1999-00																	
2000-01																	
2001-02																	
2002-03																	
2003-04																	
2004-05																	
2005-06																	
2006-07																	
2007-08																	
2008-09																	
2009-10																	
2010-11																	
2011-12																	
2012-13																	
2013-14																	
2014-15																	

Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 16. Estacionalidad histórica del cultivo de cebada grano en el área de estudio

Campaña agrícola	SIEMBRAS						COSECHAS										
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	1996-97																
1997-98																	
1998-99																	
1999-00																	
2000-01																	
2001-02																	
2002-03																	
2003-04																	
2004-05																	
2005-06																	
2006-07																	
2007-08																	
2008-09																	
2009-10																	
2010-11																	
2011-12																	
2012-13																	
2013-14																	
2014-15																	

Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 17. Estacionalidad histórica del cultivo de arveja grano seco en el área de estudio

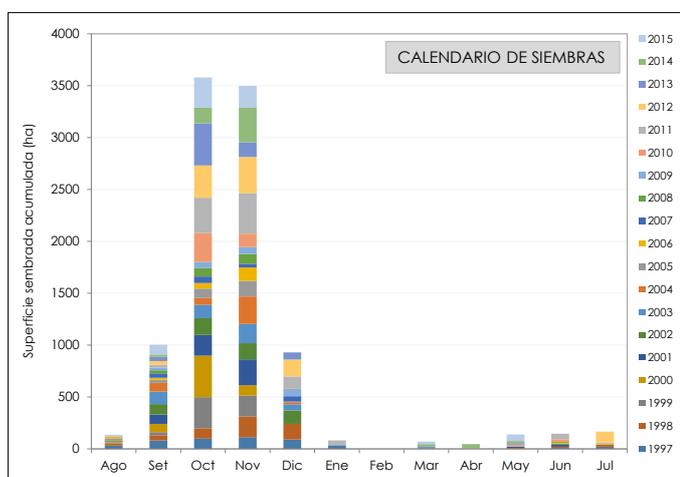
Campaña agrícola	SIEMBRAS						COSECHAS										
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	1996-97																
1997-98																	
1998-99																	
1999-00																	
2000-01																	
2001-02																	
2002-03																	
2003-04																	
2004-05																	
2005-06																	
2006-07																	
2007-08																	
2008-09																	
2009-10																	
2010-11																	
2011-12																	
2012-13																	
2013-14																	
2014-15																	

Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

El comportamiento estacional histórico de las superficies sembradas y cosechadas de los cultivos priorizados se presentan en las Figuras 18 al 27.

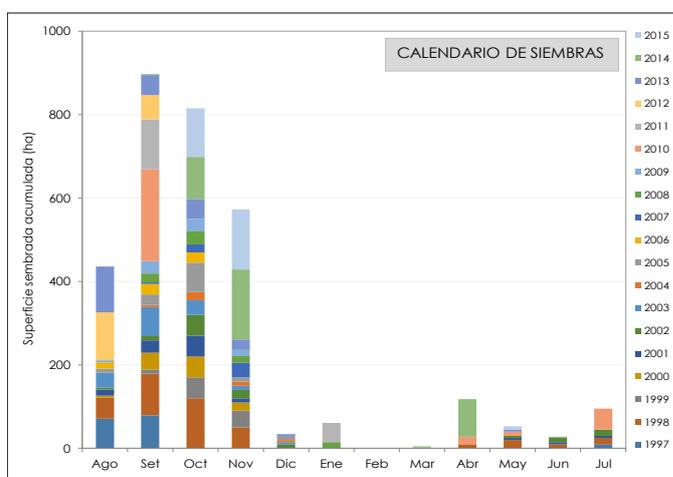
Según la información de las estadísticas agrarias se puede concluir que en promedio el 71% del área sembrada del cultivo de papa se realiza en octubre y noviembre (Figura 18), el 76% del área sembrada del cultivo de arveja grano verde se ejecuta de setiembre a noviembre (Figura 19), el 84% área sembrada del cultivo de maíz amiláceo se realiza en octubre y noviembre (Figura 20), el 69% del área sembrada del cultivo de cebada grano se ejecuta en noviembre y diciembre (Figura 21), y finalmente el 84% del área sembrada del cultivo de arveja grano seco se realiza en octubre y noviembre (Figura 22).

Figura 18. Calendario promedio de siembras del cultivo de papa



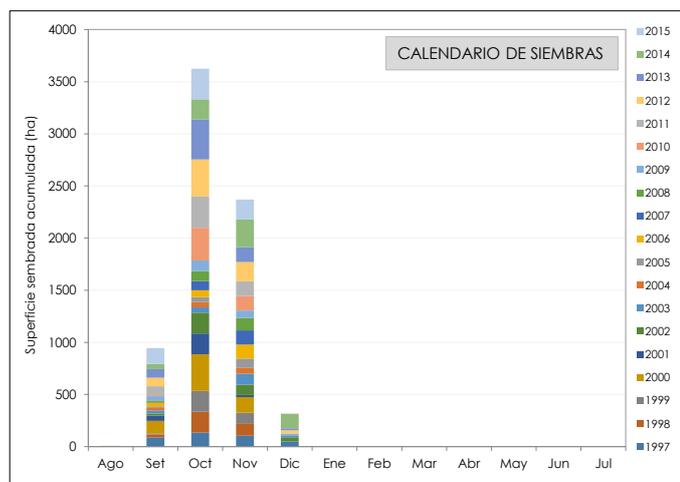
Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 19. Calendario promedio de siembras del cultivo de arveja grano verde



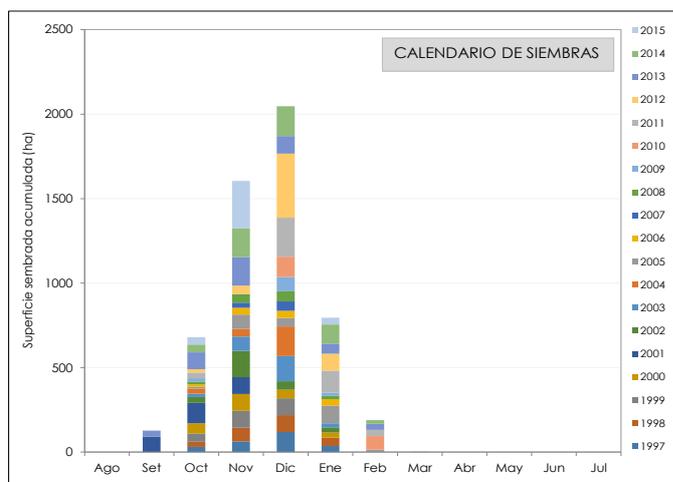
Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 20. Calendario promedio de siembras del cultivo de maíz amiláceo



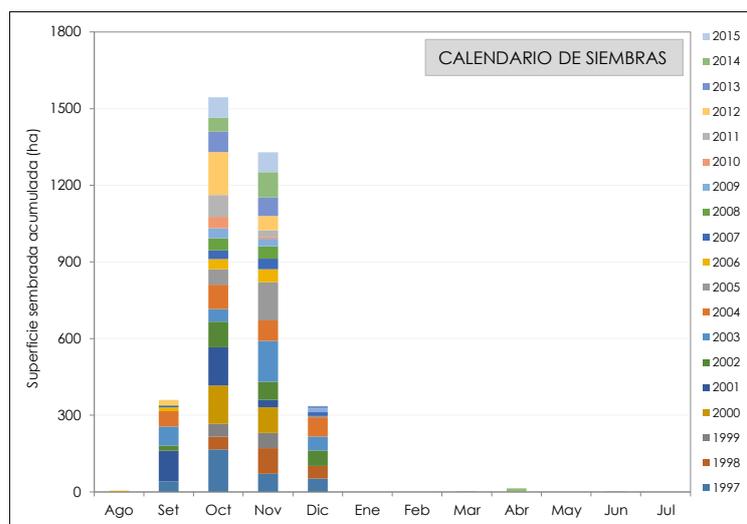
Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 21. Calendario promedio de siembras del cultivo de cebada grano



Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

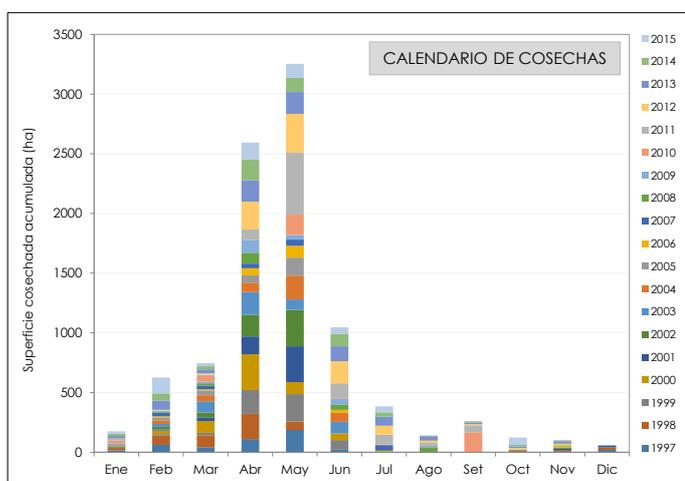
Figura 22. Calendario promedio de siembras del cultivo de arveja grano seco



Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

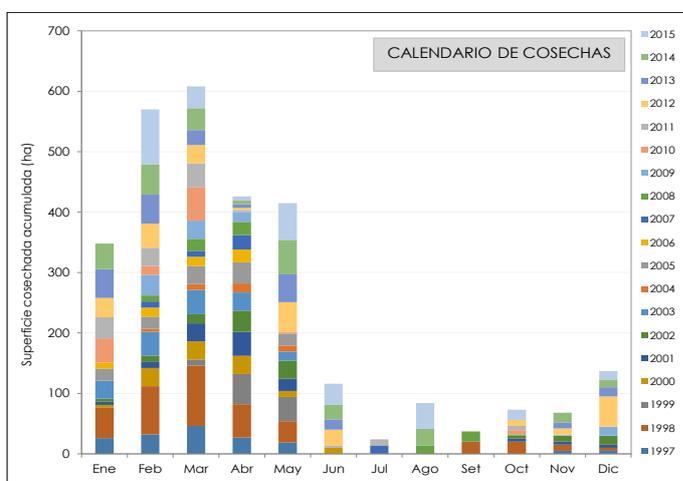
Al analizar la información del calendario histórico de cosechas se puede concluir que en promedio el 61% del área cosechada del cultivo de papa se realiza en abril y mayo (Figura 23), el 61% del área cosechada del cultivo de arveja grano verde se ejecuta en febrero y abril (Figura 24), el 86% área cosechada del cultivo de maíz amiláceo se realiza en mayo y junio (Figura 25), el 76% del área cosechada del cultivo de cebada grano se ejecuta en junio y julio (Figura 26), y finalmente el 75% del área cosechada del cultivo de arveja grano seco se realiza en mayo y junio (Figura 27).

Figura 23. Calendario promedio de cosechas del cultivo de papa



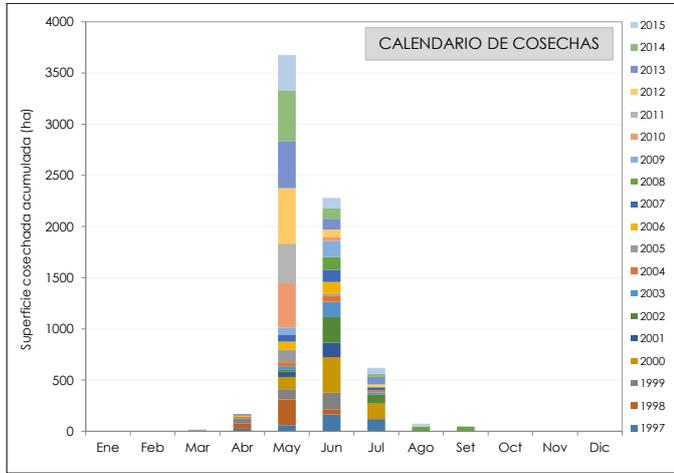
Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 24. Calendario promedio de cosechas del cultivo de arveja grano verde



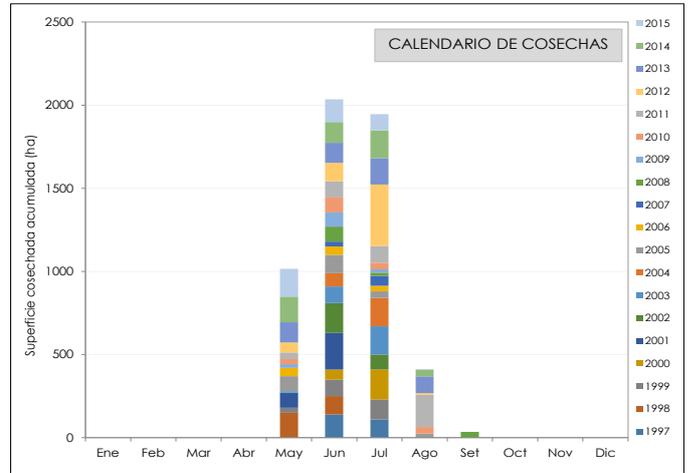
Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 25. Calendario promedio de cosechas del cultivo de maíz amiláceo



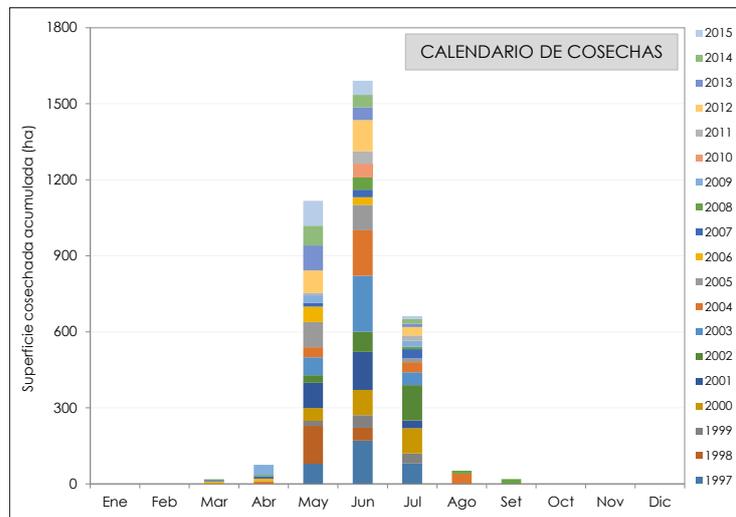
Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 26 Calendario promedio de cosechas del cultivo de cebada grano



Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

Figura 27. Calendario promedio de cosechas del cultivo de arveja grano seco en el área de estudio



Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (MINAGRI, 2016)

## VI. COMPORTAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL CLIMA DURANTE EL PERÍODO AGRÍCOLA

La presente sección analiza las variaciones del clima (nivel temporal y espacial) durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos priorizados, incidiendo principalmente en el análisis de la temperatura del aire, precipitación, evapotranspiración referencial,

humedad relativa y viento, como parámetros de mayor influencia en la productividad agrícola.

## 6.1 TEMPERATURA DEL AIRE

El comportamiento de la temperatura del aire se ve condicionado o se encuentra en función de la situación meteorológica reinante y por la heterogeneidad del relieve que presenta el área de estudio, además la elevación del terreno que se presenta en dirección noreste a suroeste propicia la existencia de escenarios térmicos variados: la puna (intersección de las Microcuencas de Cuchicancha, Macas y Inico en el Distrito de Santiago de Tucuma y los límites norte de las Microcuencas Anta, Corinto y Samerino para Pampas), la cual representa una región bastante frígida, la provincia climática Suni (Intercuenca) fría y poco húmeda, y la región de los valles interandinos o provincia climática Quechua, una región de abrigo y templado (Valle de Pampas).

### 6.1.1 Distribución temporal

A continuación se presenta el comportamiento promedio de la temperatura máxima y mínima de la estación meteorológica convencional Pampas y de la estación automática Puca Era, esta última instalada con fines específicos en la comunidad de Puca Era. Ambos parámetros meteorológicos se presentaran también con sus respectivas desviaciones estándar en el estudio, durante el periodo agrícola de los cultivos priorizados.

#### Estación de Pampas

De acuerdo a los registros de la estación meteorológica convencional Pampas (Tabla 16), que presenta condiciones de relieve similar y cercano a la parte baja del valle del distrito, se observa que presenta anualmente valores promedio en temperatura máxima que oscila entre los 17,1 °C a 19,0 °C, y en temperatura mínima valores de -0,4 °C a 6,9 °C.

Tabla 16. Valores promedio mensuales de temperatura máxima y mínima del aire de la estación meteorológica convencional Pampas

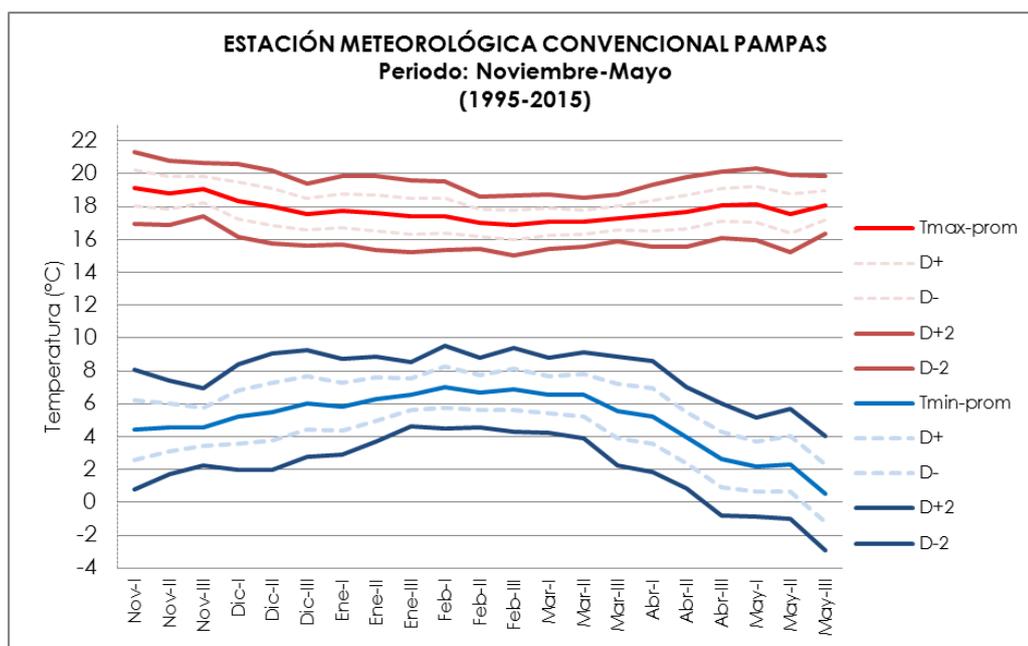
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Tmax</b>	17,6	17,1	17,1	17,7	17,9	17,6	17,3	17,8	18,0	18,5	19,0	18,0
<b>Tmin</b>	6,2	6,9	6,2	3,9	1,7	-0,1	-0,4	0,8	3,1	4,4	4,5	5,6

Fuente: Elaboración propia

Realizando un análisis de nivel decadiario, observamos la Figura 28, donde se muestra la variación de las temperaturas máximas y mínimas durante el periodo noviembre 1995 a mayo 2015. Podemos resaltar que el valor más alto de temperatura máxima se observa en la primera década de noviembre, registrando un valor promedio de 19,1 °C asociado

a la reducción de la cobertura nubosa; mientras que el valor mínimo en la temperatura mínima se presenta desde la primera década de abril hasta la tercera década de mayo, con un valor promedio de 0,5 °C.

Figura 28. Variación decadiaria de la temperatura máxima y mínima del aire de la estación de Pampas

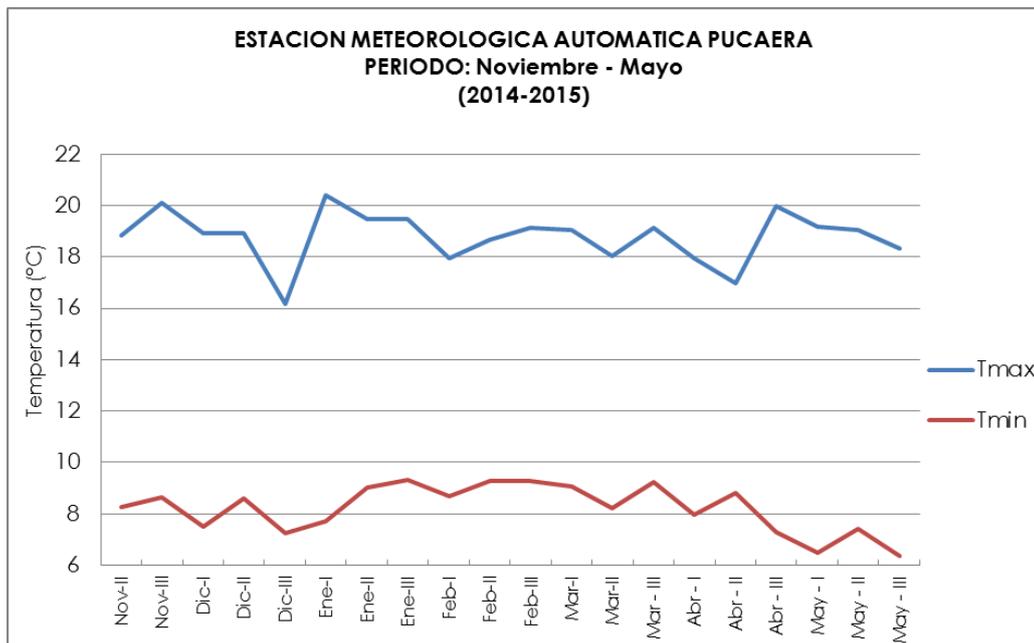


Fuente: Elaboración propia

### **Estación de Puca Era**

Durante el periodo de estudio se observa que la temperatura máxima alcanzó su pico más alto, durante el periodo noviembre 2014 a mayo 2015 en la primera década de enero con 20,4 °C, presentando variaciones promedio regulares hasta la segunda década de abril; mientras que uno de los valores más bajos de la temperatura mínima se registró a partir de la primera década de mayo, con un valor de 6,5 °C (Figura 29).

Figura 29. Variación decadiaria de temperatura máxima y mínima del aire de la estación de Puca Era



Fuente: Elaboración propia

### 6.1.2 Distribución espacial

#### Temperatura media

El Mapa 28 muestra la distribución espacial de la temperatura media del aire, en los Distritos de Santiago de Tucuma y Pampas, durante el periodo agrícola de los cultivos priorizados (noviembre a mayo).

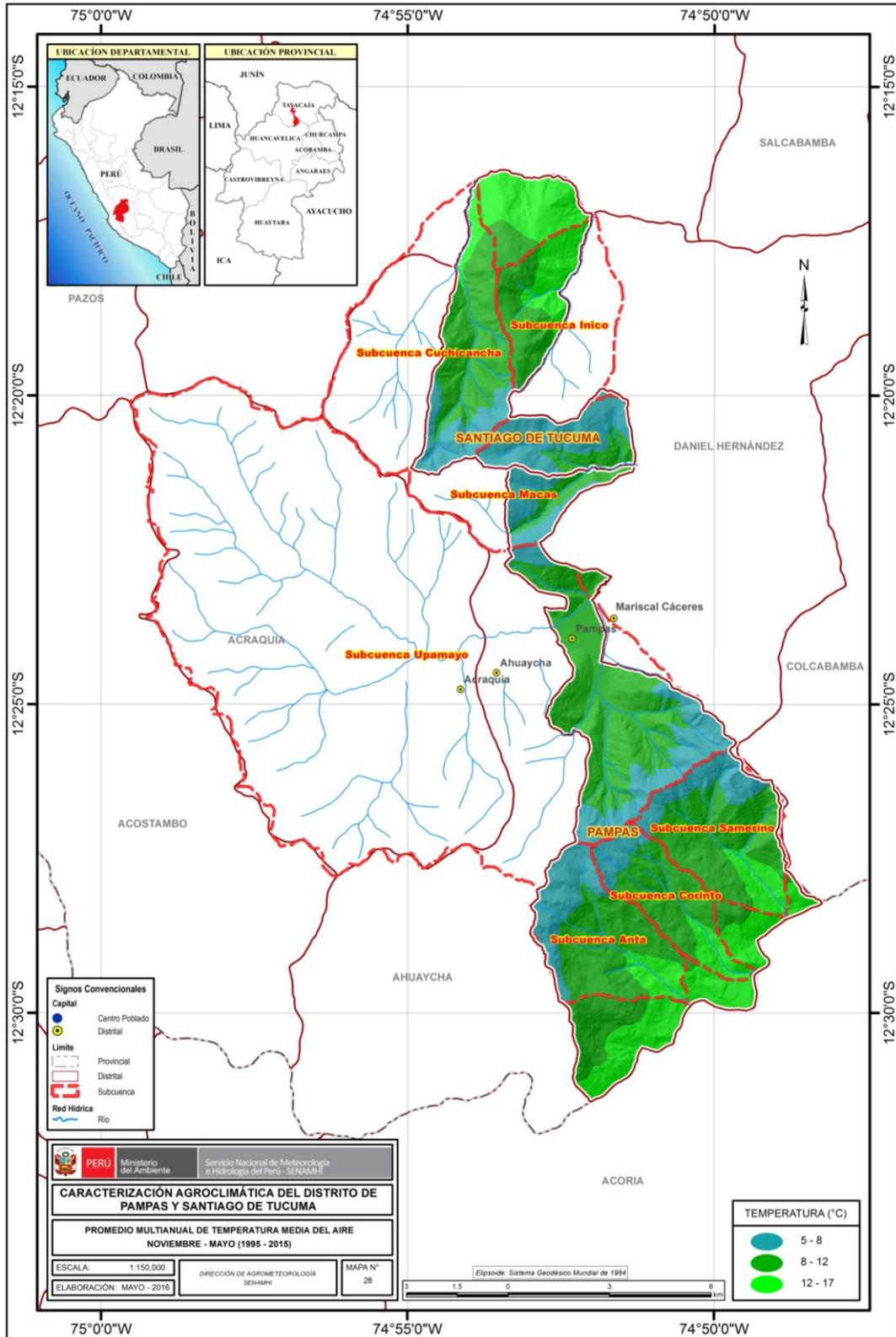
#### **Distrito de Santiago de Tucuma**

Del Mapa 28 se observa que en el sur del distrito predominan valores de temperatura baja que oscilan entre 5 °C a 8 °C, específicamente en la cima de la cadena de montañas que se encuentran en la intersección de las Microcuencas Cuchicancha y Macas, mientras que en el centro y norte se presentan temperaturas más cálidas que oscilan entre 8 °C a 12 °C, y de 12 °C a 17 °C.

#### **Distrito de Pampas**

En el distrito de Pampas (Mapa 28) se observa que predominan temperaturas cálidas en el sur y centro del distrito (8 °C a 17 °C); mientras que el área que pertenece a la cadena de montañas, además en una pequeña área al norte muy cerca al centro poblado Atahuara, se presentan temperaturas bajas que oscilan entre 5 °C a 8 °C.

Mapa 28. Distribución espacial de la temperatura media del aire durante el periodo agrícola en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

### **Temperatura máxima**

El Mapa 29 representa la distribución espacial de la temperatura máxima del aire, en los Distritos de Santiago de Tucuma y Pampas, durante el periodo estudiado (noviembre a mayo) de los cultivos priorizados.

#### **Distrito de Santiago de Tucuma**

Se observa al sur del distrito predominan valores entre 13 °C a 16 °C, mientras que en el centro y casi todo el norte valores entre 16 °C a 20 °C; asimismo los bordes en el norte presentan la más altas temperaturas con 20 °C a 21 °C.

#### **Distrito de Pampas**

Se observa que las temperaturas más cálidas (16 °C a 20 °C) en el periodo agrícola se encuentran en centro y sur del distrito de Pampas, mientras que los valores más bajos se encuentran al norte y en la área montañosa entre el centro y sur del distrito.

### **Temperatura mínima**

El Mapa 30 muestra la distribución espacial de la temperatura mínima del aire, en los distritos, durante el período agrícola de los cultivos priorizados.

#### **Distrito de Santiago de Tucuma**

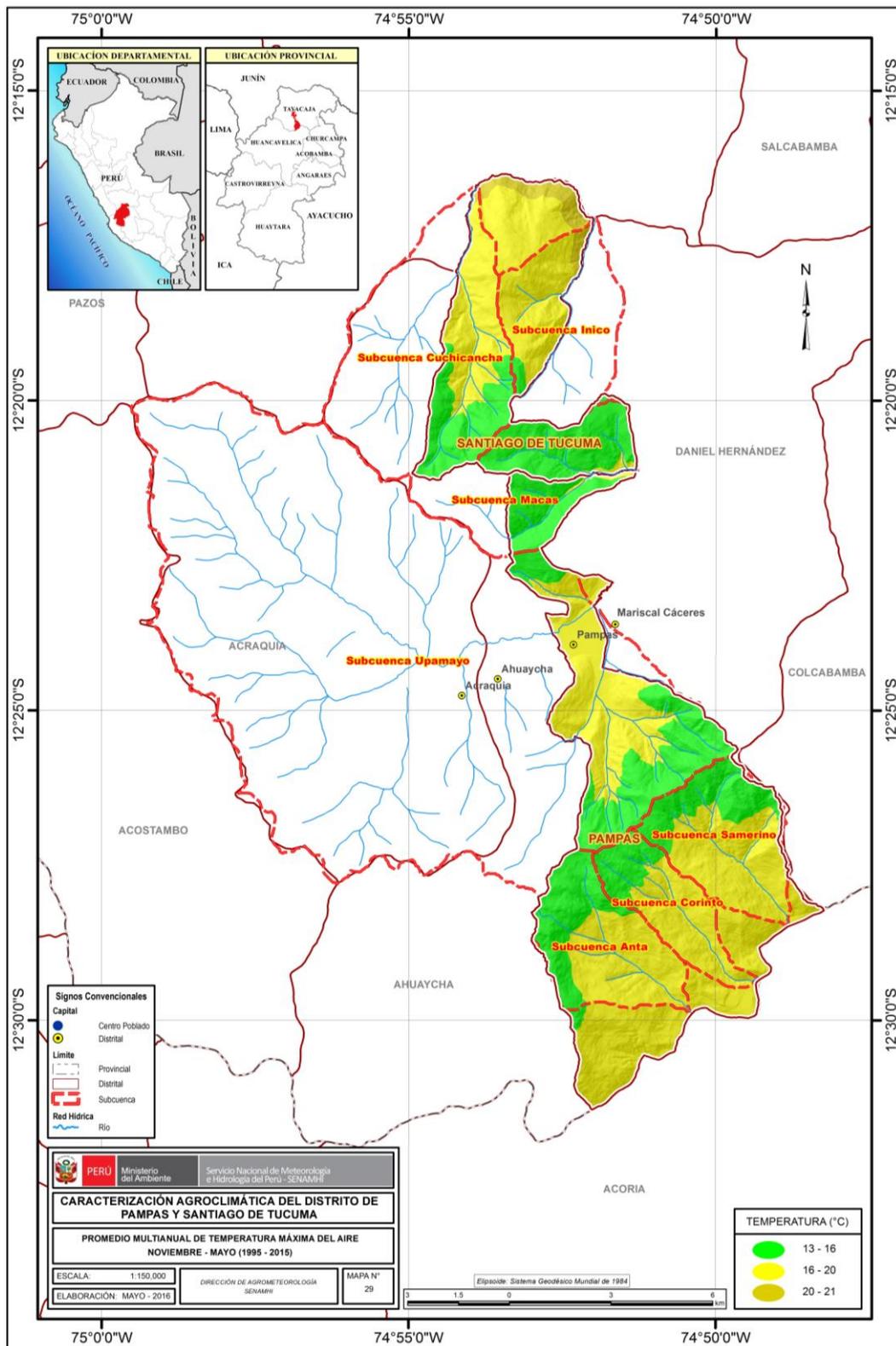
Se observa del Mapa 30 que el periodo agrícola en el distrito de Santiago de Tucuma, los menores valores se concentran en el área de montañas que se ubica entre la intersección de la microcuenca Cuchicancha y Macas con valores entre -2 °C a 0 °C, mientras que en el centro, partes bajas del sur y parte del norte del distrito presentan valores entre 0 °C a 8 °C, sin embargo los bordes en el norte presentan los más altos valores entre 8 °C a 12 °C.

#### **Distrito de Pampas**

En el Distrito de Pampas (Mapa 30), el periodo agrícola se caracteriza por presentar un comportamiento en temperaturas muy bajas.

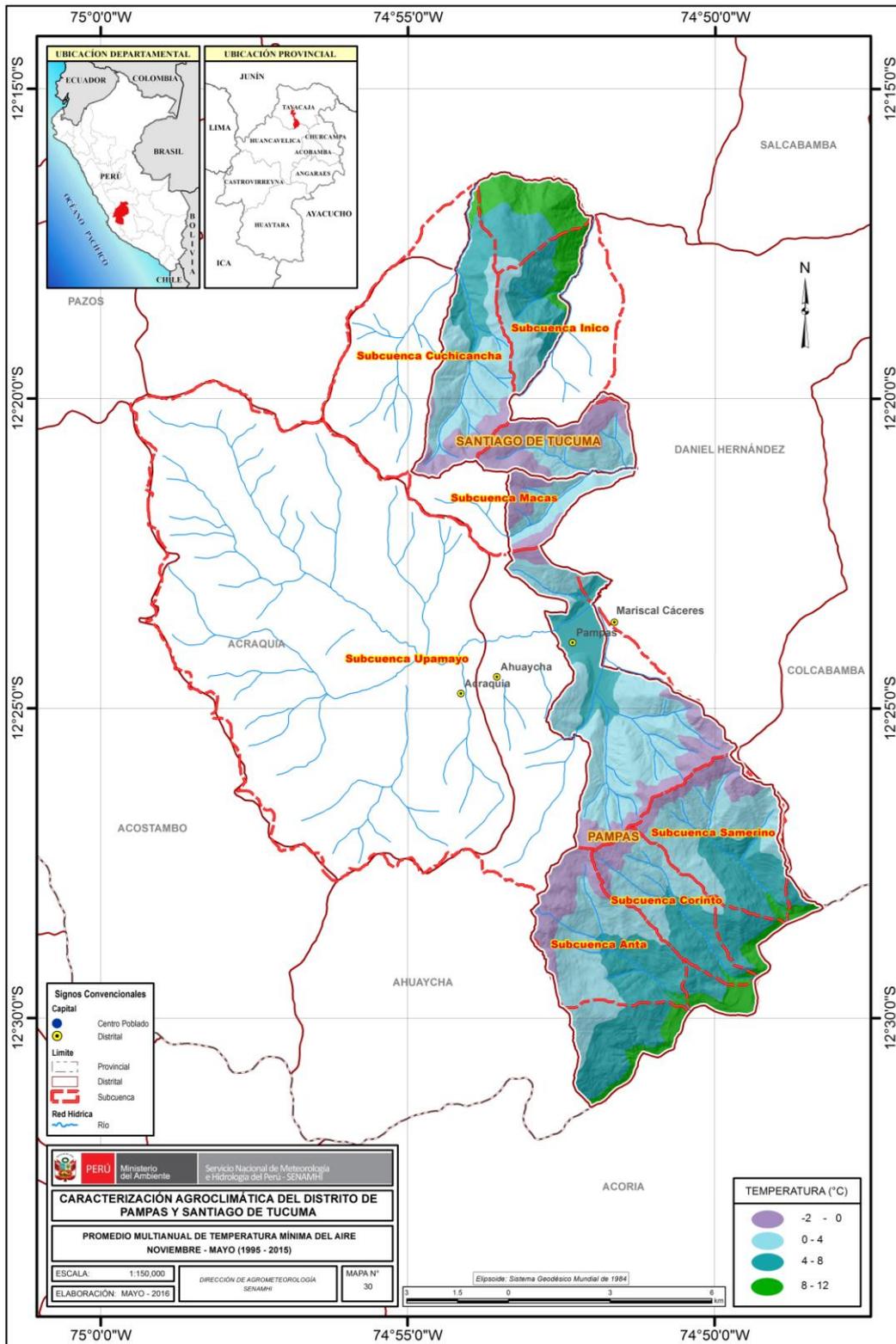
Las temperaturas mínimas más bajas se presentan en la cima de la cadena de montañas que atraviesa las tres microcuencas (Anta, Corinto y Samerino) con valores entre -2 °C a 0 °C, mientras que en sus alrededores se presentan valores entre 0 °C a 4 °C; asimismo en los alrededores de la capital del distrito y al sur se presentan temperaturas entre 4 °C a 8 °C, presentándose en los bordes los más altos valores entre 8 °C a 12 °C.

Mapa 29. Distribución espacial de la temperatura máxima del aire durante el periodo agrícola en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Mapa 30. Distribución espacial de la temperatura máxima del aire durante el periodo agrícola en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

## 6.2 HELADAS METEOROLÓGICAS Y AGRONÓMICAS

La variabilidad climática genera la mayor parte de las fluctuaciones interanuales en los rendimientos de cultivos anuales que representan una proporción importante de la alimentación básica de la humanidad (FAO, 1974). En este contexto, conocer las fechas medias de primera y última helada así como la duración del período con heladas y como se presentan a través del tiempo es de fundamental importancia al momento de tomar decisiones respecto a la elección de especies y variedades a cultivar en función a su probabilidad de ocurrencia.

### 6.2.1 HELADAS METEOROLÓGICAS

#### Intensidad de heladas meteorológicas

La sierra del Perú se encuentra fuertemente influido por la presencia de la cordillera de los andes (Valdivia, 1977), la cual genera diversos pisos altitudinales, siendo las heladas meteorológicas más recurrentes en las zonas con mayor altitud, es por ello las heladas meteorológicas en la zona de estudio se ubican principalmente en la región centro-sur de la región sierra, donde el descenso de la temperatura mínima se registra a partir de otoño y se intensifica en la estación de invierno.

En la estación meteorológica convencional de Pampas, durante la etapa vegetativa y reproductiva de los cultivos, predominan las heladas meteorológicas de intensidad entre suave a moderada. Asimismo, se aprecia la ocurrencia de heladas meteorológicas de intensidad fuerte detalladas en la Tabla 4.

Tabla 4. Intensidad de la helada meteorológica en la estación de Pampas

Severidad de la helada Meteorológica	Rango	Pampas	
		Total	Noviembre - Mayo
		%	%
Muy severo	< a -10	0.1%	0.0%
Severo	-8 a -9,9	0.7%	0.7%
Muy Fuerte	-6 a -7,9	2.6%	1.7%
Fuerte	-4 a -5,9	13.7%	6.0%
Moderado	-2 a -3,9	34.5%	24.0%
Suave	0 a -1,9	48.4%	67.7%

Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire del SENAMHI. Elaboración propia

#### Fechas de primeras y últimas heladas meteorológicas

Según la información presentada en la Tabla 5, se aprecia que las primeras heladas

meteorológicas, ocurren en promedio a partir del 17 de abril, con una variabilidad de 37 días, la intensidad de la helada en este caso es de  $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La última helada meteorológica puede ocurrir en promedio a partir del 2 de noviembre, con una variabilidad de 35 días, la intensidad de las heladas meteorológicas en este caso es de  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Periodo libre de heladas meteorológicas

El período libre de heladas meteorológicas en promedio se da a partir del 14 de junio, con una desviación de 58 días. Dentro de éste período los cultivos priorizados pueden crecer con una menor probabilidad de ser afectados por los descensos de la temperatura mínima.

Tabla 5. Caracterización de la primera, última y periodo libre de heladas meteorológicas en la estación de Pampas

ESTACION PAMPAS	Caracterización de las Heladas Meteorológicas		
	Primeras Heladas	Ultima helada	Periodo libre de helada
Fecha media	17-abr	02-nov	14-jun
Desviacion estándar	37	35	58
Máxima	26-may	27-dic	/
Mínima	14-ene	30-ago	
Intensidad media	-0.7	-0.8	
Desviacion estándar	1	0.6	

Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire del SENAMHI. Elaboración propia

## 6.2.2 HELADAS AGRONÓMICAS

### Frecuencia relativa de heladas agronómicas

En la Figura 30 se muestran que las frecuencias decadales de heladas agronómicas con temperaturas menores a  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  son más frecuentes (70% a 90%) entre la tercera década de abril hasta el fin del periodo de estudio.

### Estación de Pampas

La Figura 30 muestra las frecuencias de las temperaturas mínimas para cada uno de los cultivos priorizados, donde la papa nativa presenta un mayor riesgo entre la primera y tercera década de mayo, donde se presentan con mayor frecuencia (70% a 85%) heladas agronómicas con valores menores a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mientras que la arveja y cebada presentan un riesgo entre la tercera década de abril hasta la tercera década de mayo con valores de temperatura por debajo de  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  con una frecuencia entre 70% a 88%.

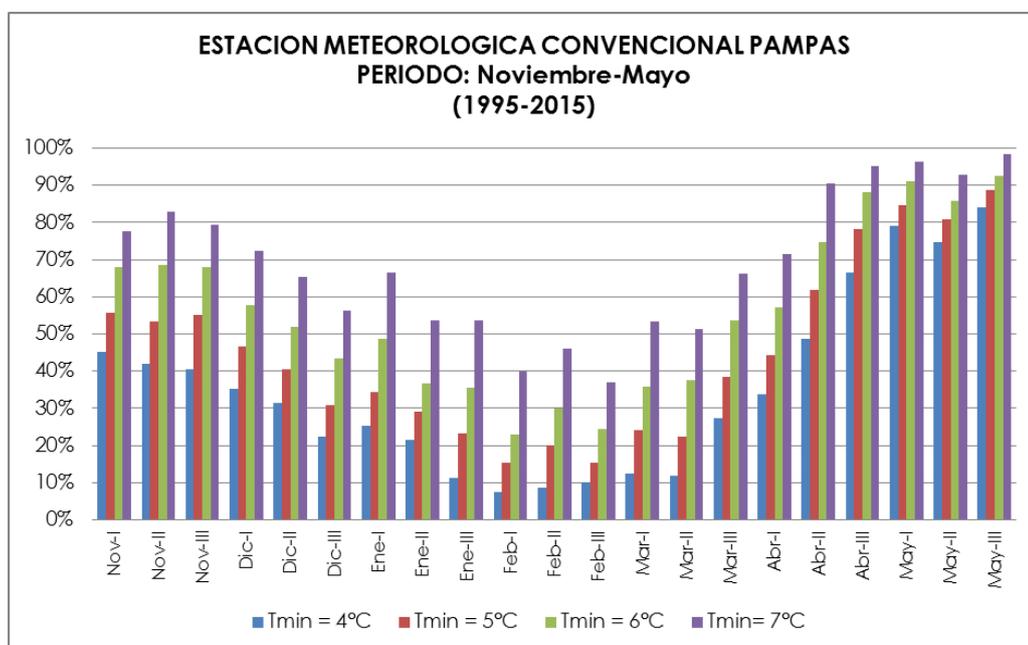
En referencia a la papa mejorada la frecuencia en que se presentan heladas agronómicas

con valores menores a 6 °C es de entre 70% a 92% entre la segunda década de abril y la tercera década de mayo.

Por último el maíz presenta heladas agronómicas con temperaturas menores a 7 °C en dos periodos, la primera entre la primera década de noviembre hasta la primera década de diciembre, y entre la segunda década de abril hasta el fin del periodo de estudio.

Generalmente durante la estación de verano se dan las condiciones donde no se presentan ningún tipo de helada agronómica que pueda poner en riesgo para los cultivos priorizados en el periodo de estudio; mientras que en parte de la estación de invierno es donde se presentan los mayores riesgos.

Figura 30. Frecuencia decadal de heladas agronómicas a 4 °C, 5 °C, 6 °C y 7 °C en la estación de Pampas



Fuente: Elaboración Propia

### Fechas de primeras y últimas heladas agronómicas

La Tabla 6 muestra la caracterización de las primeras, últimas y período libre de heladas agronómicas, en la estación meteorológica convencional de Pampas.

Para el cultivo de papa nativa, con una temperatura base de 4 °C, se registra la primera helada agronómica en promedio el 7 de enero, con una variabilidad de 7 días y una intensidad de 3,1 °C; asimismo, las últimas heladas agronómicas ocurren en promedio el 23 de diciembre, con una variabilidad de 7 días y una intensidad de 2,8 °C. Los cultivos de arveja y cebada, que tienen una temperatura base de 5 °C, registran las primeras heladas

en promedio el 5 de enero, con una variabilidad de 4 días y una intensidad de 3,4 °C; asimismo, la última helada agronómica ocurre en promedio el 26 de diciembre, con una variabilidad de 6 días y una intensidad de 3,2 °C. Para el cultivo de papa mejorada, a una temperatura base de 6 °C, se registra en promedio la primera helada agronómica el 4 de enero, con una variabilidad de 4 días y una intensidad entre 3,9 °C; y la última helada el 29 de diciembre, con una variabilidad de 2 días y una intensidad de 3,8 °C. Para el maíz amiláceo, el cual sufre daños con temperaturas inferiores a 7 °C, registra la primera helada agronómica en promedio el 3 de enero, con una variabilidad de 3 días y una intensidad de 5,0 °C; y la última helada en promedio el 29 de diciembre, con una variabilidad de 2 días y una intensidad de 4,0 °C.

### Período libre de heladas agronómicas

El período libre de heladas agronómicas en la estación meteorológica convencional de Pampas para el cultivo de papa nativa en promedio se registra el inicio para el 13 de enero, con una variabilidad de 9 días; para la arveja y cebada se presenta para el 9 de enero con una variabilidad de 7 días; mientras que para la papa mejorada y maíz amiláceo registran el inicio del periodo libre de heladas agronómicas el 5 y 4 de enero, con una variabilidad de 4 y 3 días, respectivamente. Dentro de éste período los cultivos priorizados pueden desarrollarse con una menor probabilidad de ser afectados por los descensos de temperatura mínima, siendo muy importante para la mayoría de los cultivos de las partes altas.

Tabla 6. Caracterización de las primeras, últimas y período libre de heladas agronómicas

Pampas					
Caracterización de las heladas agronómicas		Papa nativa (TB= 4°C)	Alverja/Cebada (TB= 5 °C)	Papa mejorada (TB=6 °C)	Maíz amiláceo (TB= 7 °C)
Primeras Heladas	Fecha media	07-ene	05-ene	04-ene	03-ene
	Desviación estándar	7.3	4.1	3.8	2.9
	Máxima	02-feb	18-ene	18-ene	15-ene
	Mínima	02-ene	02-ene	02-feb	02-feb
	Intensidad media	3.1	3.4	3.9	5
	Desviación estándar	0.8	1	1.4	1.7
Ultimas Heladas	Fecha media	23-dic	26-dic	29-dic	29-dic
	Desviación estándar	7.7	5.9	1.7	1.7
	Máxima	30-dic	30-dic	30-dic	30-dic
	Mínima	03-dic	11-dic	24-dic	24-dic
	Intensidad media	2.8	3.2	3.8	4
	Desviación estándar	1	1.3	1.6	1.8
Período libre de heladas	Fecha media	13-ene	09-ene	05-ene	04-ene
	Desviación estándar	9.4	6.8	4.1	3.4

Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire (Período: 1995-2015). Elaboración propia

### 6.3 PRECIPITACIÓN

El régimen de precipitación, en la zona interandina, ocupada por los Distritos de Santiago de Tucuma y Pampas está influenciada por mecanismos físicos y de circulación atmosférica local, además la ubicación del distrito sobre la franja central de la cordillera y su cercanía con la selva, determinan el impacto de las masas de aire caliente y húmedo provenientes de la cuenca amazónica sobre la cordillera, las cuales ascienden por efecto orográfico y descargan toda la humedad en las zonas más altas de la zona de estudio (Puna húmeda).

Del mismo modo, la circulación atmosférica local está determinada por los flujos del noreste que favorecen la advección de aire húmedo amazónico hacia los andes centrales, además durante la época lluviosa los flujos zonales del noreste se incrementan en todos los niveles de la tropósfera, por ello se tiene la presencia de lluvias copiosas sobre las zonas altas del distrito.

A continuación se muestra los valores mensuales promedio de precipitación acumulada en de la estación meteorológica convencional Pampas, donde sus menores valores se presentan en los meses de mayo a agosto, con oscilaciones de 13 mm a 17 mm; mientras que los meses con mayores valores de precipitación se presentan acumulados de 28 mm a 100 mm en el mes de febrero.

Tabla 3. Valores promedio mensuales de la precipitación en la estación Pampas

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PP	86,0	100,0	88,0	34,0	16,0	13,0	14,0	17,0	28,0	46,0	48,0	81,0

FUENTE: Elaboración propia

#### 6.3.1 Inicio del período lluvioso

El inicio del período lluvioso en la sierra peruana está condicionado al desplazamiento a un nivel de mesoescala de los sistemas atmosféricos hacia el sur, las cuales proporcionan condiciones que facilitan la intensificación de los vientos del este, ingreso de aire cálido y húmedo del Atlántico, y la generación e intensificación de mecanismos que favorecen la inestabilidad atmosférica y el cual da origen de las primeras lluvias primaverales (Trebejo y Díaz, 1998; SENAMHI, 2013).

En la Tabla 7 se muestra las fechas de inicio y duración promedio de la estación lluviosa en la estación meteorológica convencional Pampas, durante el periodo 1981-2015, el cual inicio en el mes de noviembre y culminó en marzo, teniendo una duración promedio de 5 meses, acumulando el 71,2% del total anual de las lluvias, siendo los más frecuentes y abundantes los meses de enero y febrero (16,5% y 17,2%) respectivamente.

Tabla 7. Inicio y duración promedio del periodo lluvioso a nivel porcentual del total anual acumulado en la estación meteorológica convencional de Pampas

Estación	MES							ESTACION LLUVIOSA		
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	Inicio	Fin	Periodo
Pampas	8.3	14.0	16.5	17.2	15.2	5.9	2.7	Nov	Mar	5

Fuente: Datos históricos de precipitación del SENAMHI. Elaboración propia

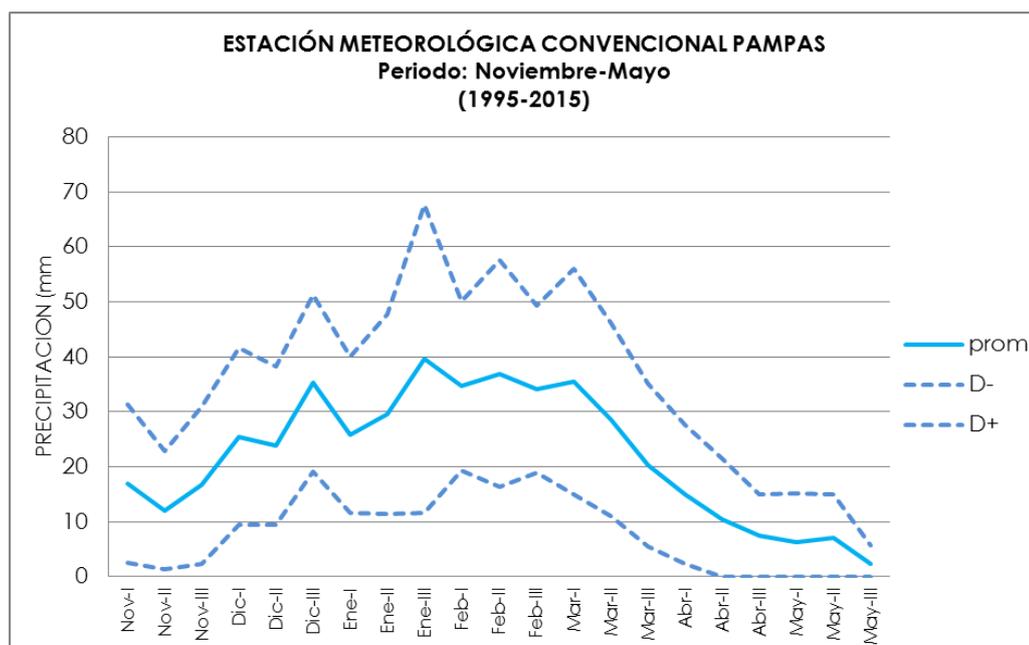
### 6.3.2 Distribución temporal

La Figura 34 muestra el comportamiento decadiario promedio de la estación meteorológica convencional de Pampas, en donde se realizó un análisis para el período en los meses de estudio.

#### Estación de Pampas

La estación meteorológica convencional de Pampas presenta una alta variabilidad de las lluvias, observándose que las precipitaciones inician en promedio a partir de la tercera década de noviembre (16,7 mm), registrando su pico máximo en la tercera década de enero (29,5 mm), disminuyendo la intensidad de la precipitación aproximadamente en la primera década de marzo, hasta culminar el periodo de lluvias en la tercera década de marzo con un acumulado promedio de 20,3 mm.

Figura 34. Comportamiento decadiario promedio de la precipitación en la estación meteorológica convencional de Pampas

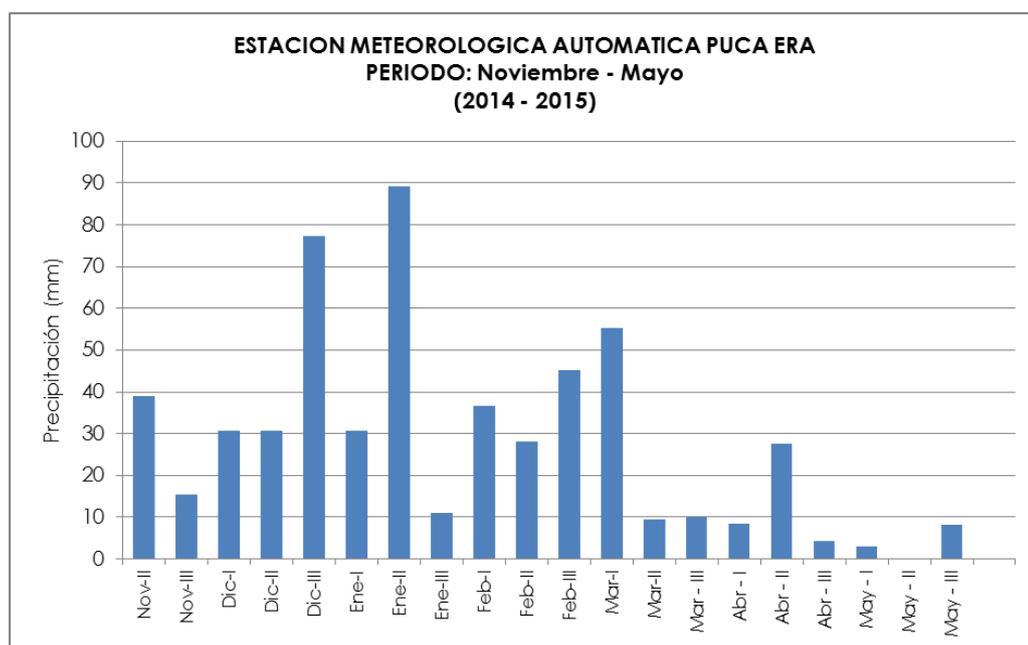


Fuente: Elaboración propia

### Estación de Puca Era

Durante el periodo de estudio la estación de Puca Era (Figura 35) presento un comportamiento irregular, iniciando aproximadamente el periodo lluvioso en la tercera década de diciembre con un valor de 77,4 mm y finalizando en la primera década de marzo con un acumulado de 55,3 mm

Figura 35. Comportamiento decadiario promedio de la precipitación en la estación meteorológica automática Puca Era



Fuente: Elaboración propia

### 6.3.3 Distribución espacial

El Mapa 31 muestra la distribución espacial de la precipitación, en el distrito de Santiago de Tucuma y Pampas acumulado para el período agrícola de los cultivos priorizados (noviembre a mayo).

#### Distrito de Santiago de Tucuma

En el análisis multianual del Mapa 31 se observa que los acumulados más altos de precipitación se presentan en el sur del distrito con valores que oscilan entre 700 mm a 884 mm, mientras que al centro y los alrededores de los centros poblados San José de Manzanayoc y San Cristóbal de Huayrapiri presentan valores acumulados entre 400 mm a 700 mm. En el norte, específicamente en los bordes los acumulados de precipitación son bajos, con valores que oscilan entre 117 mm a 250 mm.

## Distrito de Pampas

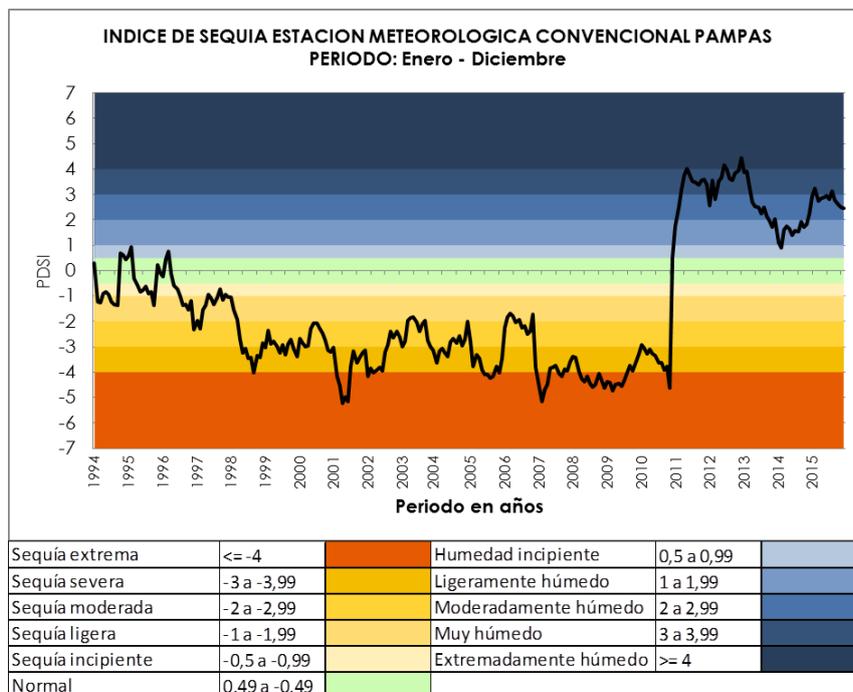
El Mapa 31 nos muestra que en el distrito de Pampas los máximos acumulados se ubican en el norte del distrito y en la cima de la cadena de montañas que atraviesa las tres microcuencas Anta, Corinto y Samerino con valores que oscilan entre 700 mm a 884 mm, mientras que al centro y sur se presentan valores promedio entre 400 mm a 700 mm, y los acumulados mínimos (250 mm a 400 mm) en los bordes al sur del distrito.

### 6.4 SEQUÍAS AGRÍCOLAS

Dado que la sequía es uno de los peligros naturales más dañinos y frecuentes en todo el mundo, que produce impactos negativos en la agricultura, en los recursos hídricos, en los ecosistemas y también en aspectos socioeconómicos; además son fenómenos naturales difíciles de identificar en tiempo y espacio, siendo complejo determinar el inicio como el final de la misma. En este capítulo se hará un análisis temporal mediante la utilización del Palmer Drought Severity Index (PDSI), el cual nos ayudara a evaluar sus características.

En la Figura 36 se presenta la distribución temporal del índice de sequía para la estación Pampas. Se puede resaltar en el gráfico las sequías agrícolas con intensidad de moderada a severa entre los periodos 1998 al 2000, mediados del 2002 al 2006, parte del 2008 y todo 2010; así mismo se destacan períodos ligeramente húmedos entre mediados del 2013 a inicios del 2014; y periodos moderadamente húmedos a muy húmedos durante el 2011 a inicios del 2013, y a finales del 2014 al 2015.

Figura 36. Variación multianual del índice de sequía agrícola estación Pampas



Fuente: Elaboración propia

## 6.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN REFERENCIAL

La evapotranspiración referencial (ET<sub>o</sub>) expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específica, y depende de los parámetros climáticos (FAO, 2006b).

### 6.5.1 Distribución temporal

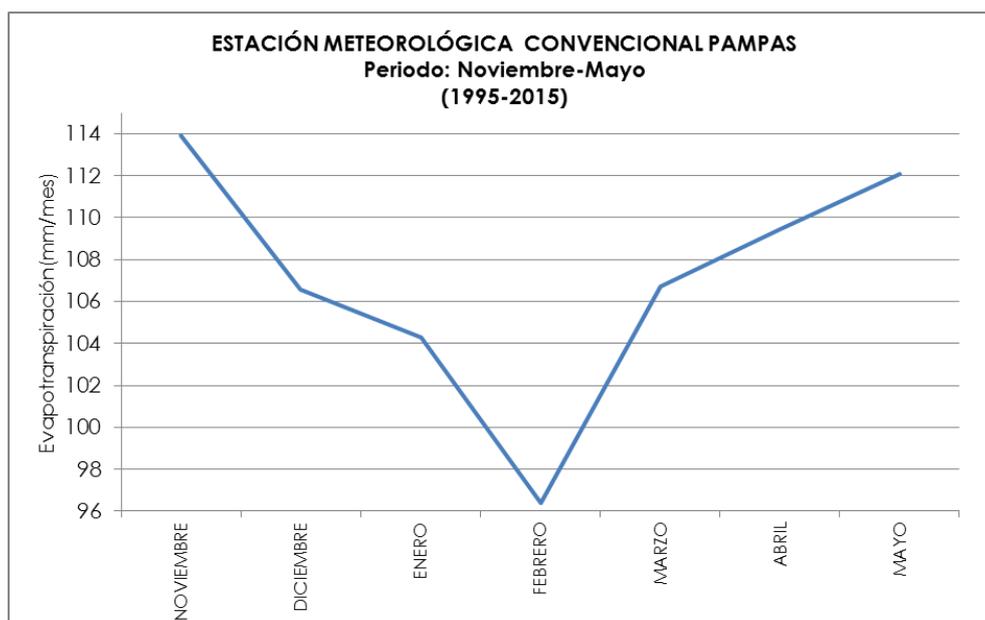
La Figura 37 muestra el comportamiento promedio de la evapotranspiración referencial en la estación de Pampas para el período de estudio de la campaña agrícola.

#### Estación de Pampas

En la Figura 37 observamos que al inicio del periodo de estudio la evapotranspiración tiene un comportamiento irregular, pudiendo haberse generado por la variación de la cantidad de agua en la superficie o incluso por disponibilidad de humedad en el suelo, estos dependientes de las precipitaciones.

Además se observa la disminución de la evapotranspiración a partir del mes de noviembre hasta el mes de febrero, fechas donde se presentan las mayores precipitaciones del año, concentrando mayor humedad durante el periodo. En el mes de marzo las precipitaciones empiezan a disminuir, al no haber mucha humedad en el medio, la evapotranspiración aumenta hasta un pico en el mismo mes de marzo, donde luego esta se mantiene constante durante el mes de mayo que son las fechas donde existe un periodo seco en el distrito.

Figura 37. Variación mensual de la evapotranspiración referencial en la estación de Pampas



Fuente: Elaboración propia

### **6.5.2 Distribución espacial**

El Mapa 32 muestra la distribución espacial promedio de la evapotranspiración referencial acumulada en el área de estudio para el período agrícola (noviembre a mayo).

#### **Distrito de Santiago de Tucuma**

Del Mapa 32 observamos que a diferencia de la precipitación acumulada, los máximo valores acumulados de evapotranspiración se presentan en el norte del distrito con valores entre 700 mm a 850 mm, mientras que los mínimos valores se presentan mientras uno se dirige hacia el sur, con valores en el centro entre 650 mm a 700 mm y en el sur valores de 599 mm a 650 mm.

#### **Distrito de Pampas**

Se observa del Mapa 32 que los menores valores de evapotranspiración se ubican en la cima de la cadena montañosa entre el centro y sur del distrito, además del norte del distrito, mientras que en el centro y sur se presentan valores ligeramente elevados que oscilan entre 700 mm a 800 mm.

## **6.6 HUMEDAD RELATIVA**

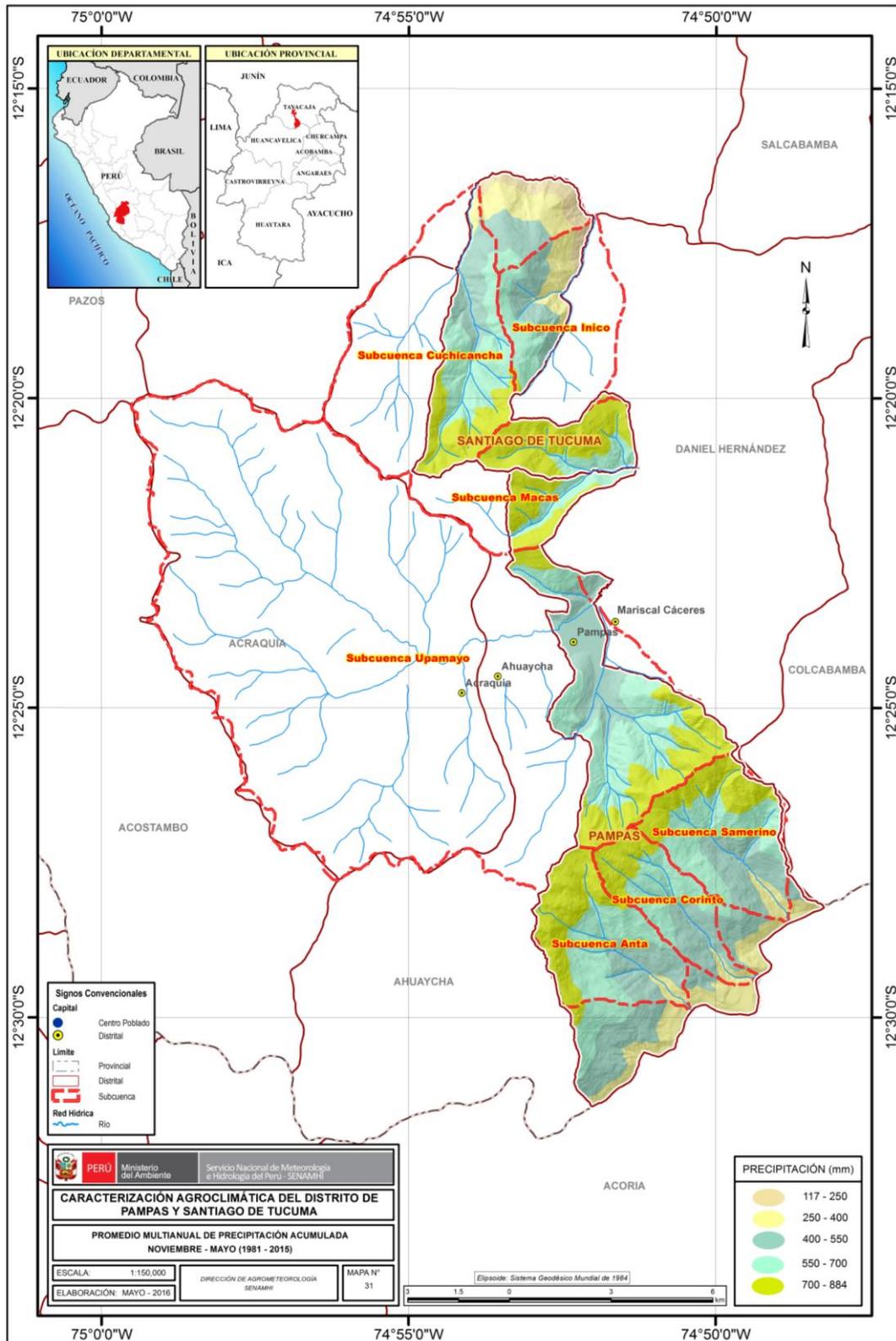
La humedad relativa (HR) se refiere a la relación entre la cantidad de vapor de agua que posee el aire y la máxima cantidad que puede retener el aire a esa temperatura. La humedad del aire afecta directamente la demanda de agua por las plantas y por ende las necesidades de riego, nutrición mineral, polinización de las flores, incidencia de enfermedades, entre otros.

### **6.6.1 Distribución temporal**

#### **Estación de Pampas**

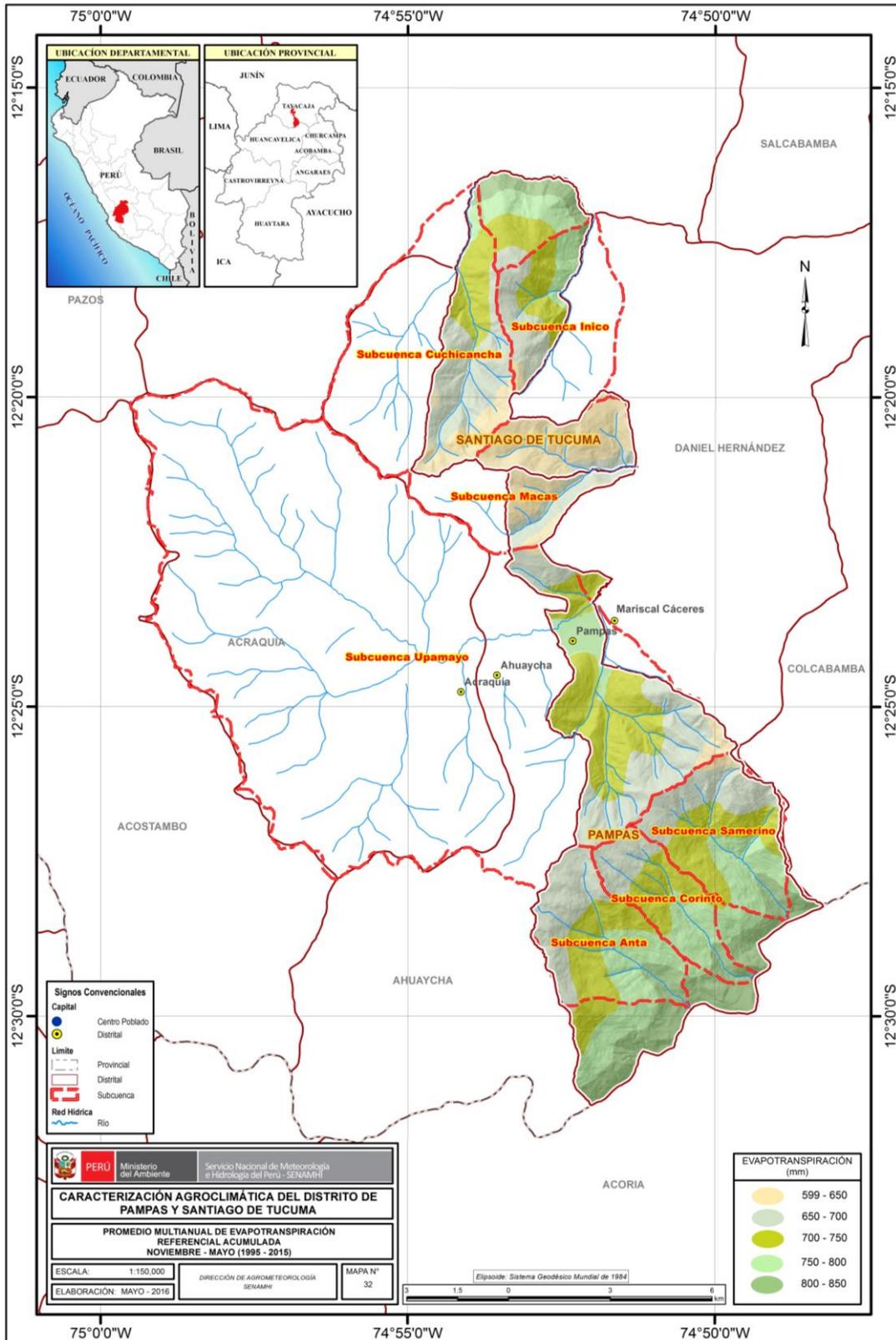
De la Figura 38 se observa en el periodo de estudio que la humedad relativa presenta su valor más bajo (72%) en la primera década de noviembre, luego paulatinamente aumenta hasta la segunda década de diciembre, manteniéndose constante hasta la tercera década de enero, presentando una pequeña caída alrededor de la primera década de febrero la cual es superada en la siguiente década, aumentando hasta alcanzar su valor máximo (80%) en la tercera década de marzo. En la primera década de abril la humedad relativa empieza a disminuir hasta finalizar el periodo de estudio con un valor de 73,8 %. Cabe resaltar que los periodos de alta humedad relativa, así como los bajos están dentro de los periodos donde se presentan las más altas precipitaciones y las más bajas, las cuales fueron mencionadas en la Figura 34.

Mapa 31. Distribución espacial de la precipitación acumulada durante el periodo agrícola en el área de estudio



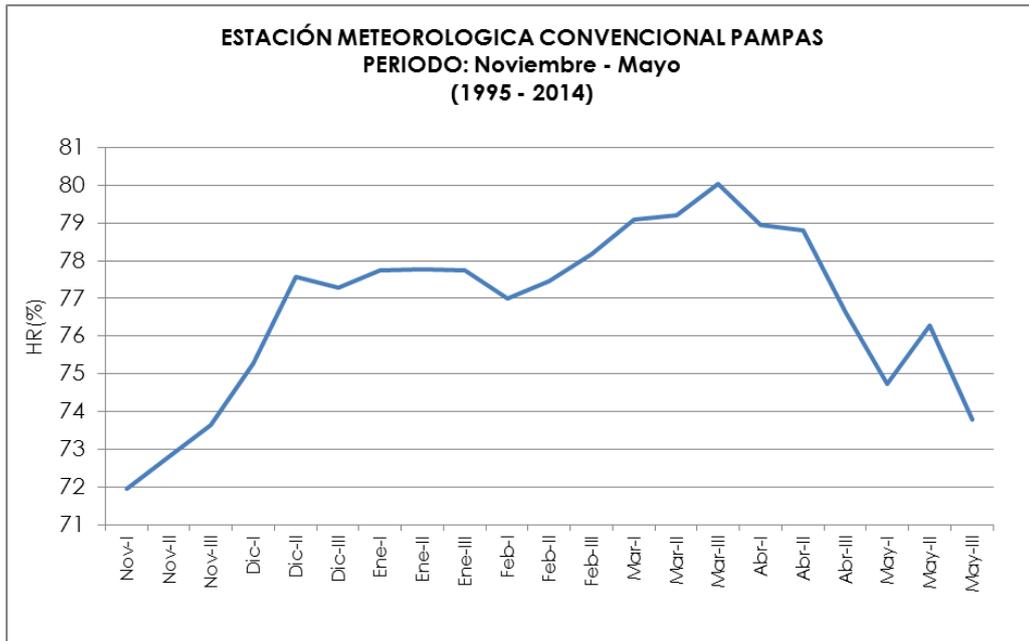
Fuente: Elaboración propia

Mapa 32. Distribución espacial de la evapotranspiración referencial durante el periodo agrícola en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Distribución decadiario de la humedad relativa en el distrito de Pampas

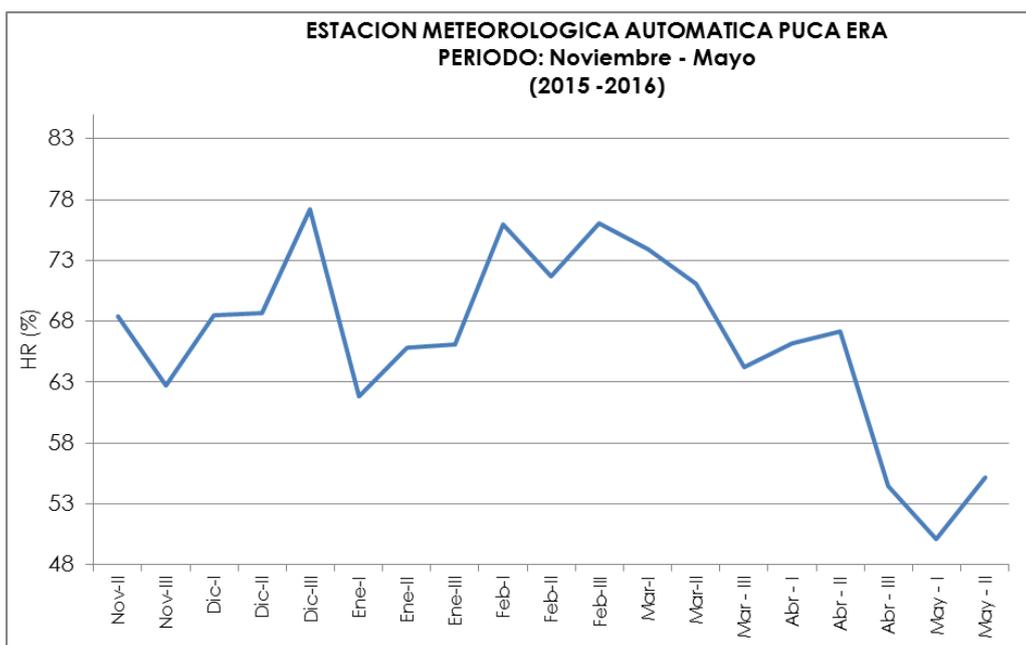


Fuente: Elaboración propia

### Estación de Puca Era

De la Figura 39 se puede observar el comportamiento irregular de la humedad relativa en la estación meteorológica automática de Puca era durante el periodo 2015-16, presentando su valor máximo (77,2%) en la tercera década de diciembre y su valor mínimo en la primera década de mayo (50,1%), además durante el periodo lluvioso (diciembre a marzo) la humedad relativa presenta valores que oscilan entre 68% a 76%, mientras que en la época de otoño es donde se observa de forma irregular la tendencia a disminuir la humedad relativa durante el periodo.

Figura 39. Distribución decadiario de la humedad relativa en la estación de Puca Era



Fuente: Elaboración propia

## 6.6.2 Distribución espacial

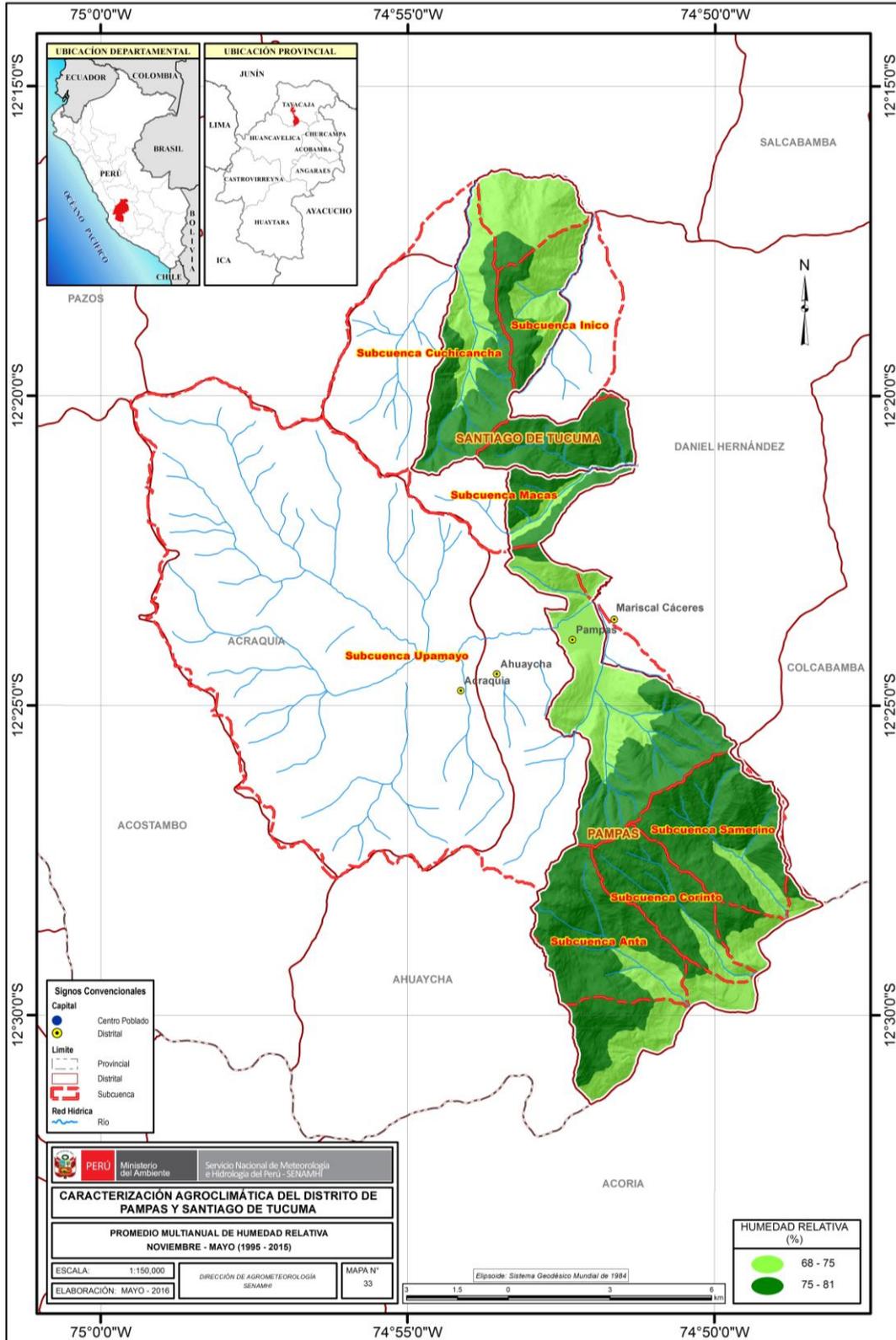
### Distrito de Santiago de Tucuma

La variación multianual de la humedad relativa en el distrito de pampas presenta condiciones húmedas en el sur y centro con valores que oscilan entre 75% a 81%, mientras que parte del norte presenta valores de 68% a 75% (Mapa 33).

### Distrito de Pampas

En el Mapa 33 se puede observar que el distrito de Pampas en el norte y gran parte del sur y centro presentan valores de humedad relativa entre 75% a 81%, mientras que el borde sur y los alrededores de la capital de Pampas presentan valores entre 68% a 75%.

Mapa 33. Distribución espacial de la humedad relativa durante el periodo agrícola en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

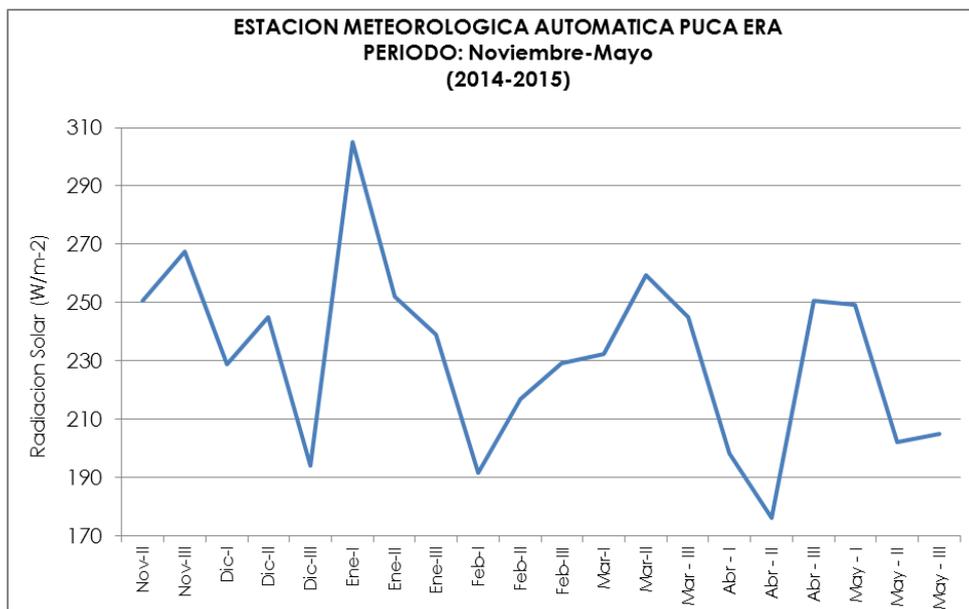
## 6.7 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar que alcanza la superficie terrestre, es una de las variables más importantes, por ser la fuente de energía utilizada en la gran mayoría de los procesos en nuestro planeta (Atlas de Energía Solar del Perú - SENAMHI). Los distintos flujos de radiación, hacia y desde la superficie de la tierra, permiten inferir el balance de calor de la tierra en su totalidad, y de cualquier lugar particular sobre el globo, es por ello que el conocimiento de la radiación solar es de gran valor para la ciencia, la agricultura y otras actividades del ser humano.

En la Figura 40 se observa que para la estación meteorológica automática de Puca Era la radiación solar incidente para el período agrícola estuvo en el rango de 305 W/m<sup>2</sup> a 176 W/m<sup>2</sup>, además se observa que en la temporada de lluvias (verano), específicamente por el mes de enero la cantidad de radiación solar disminuye, lo cual es consecuencia de la cobertura nubosa que da a lugar a que los rayos solares disminuyan su incidencia hacia la superficie de la tierra, empezando a aumentar paulatinamente a partir de la primera década de julio.

Durante los meses dentro del periodo de estudio, en los cuales hay una mayor radiación solar, los cultivos priorizados tendrán energía necesaria para desarrollar mejor su proceso fotosintético para elaborar carbohidratos y otros productos orgánicos que serán empleados por la planta como fuente de energía y de carbono.

Figura 40. Distribución temporal de Radiación Solar (W/m<sup>2</sup>) en la estación de Puca Era



Fuente: Elaboración propia

## 6.8 VIENTO

Es un factor muy importante para el agricultor, siendo el responsable directo o circunstancial de las características climatológicas de una región. A él van vinculados muchos fenómenos meteorológicos favorables o adversos para la agricultura, e incluso la formación de suelos a causa de los efectos de erosión. (Lorenzo García de Pedraza, 1963).

El viento con sus variadas características (seco, húmedo, frío, cálido), influye en el tipo de cultivo de una determinada región pudiendo beneficiarlo mediante una renovación del aire, mejorando la transpiración y ayudando a remover el aire frío que se encuentra junto al suelo, evitando así las heladas nocturnas por irradiación, entre otros.

### 6.8.1 Distribución temporal

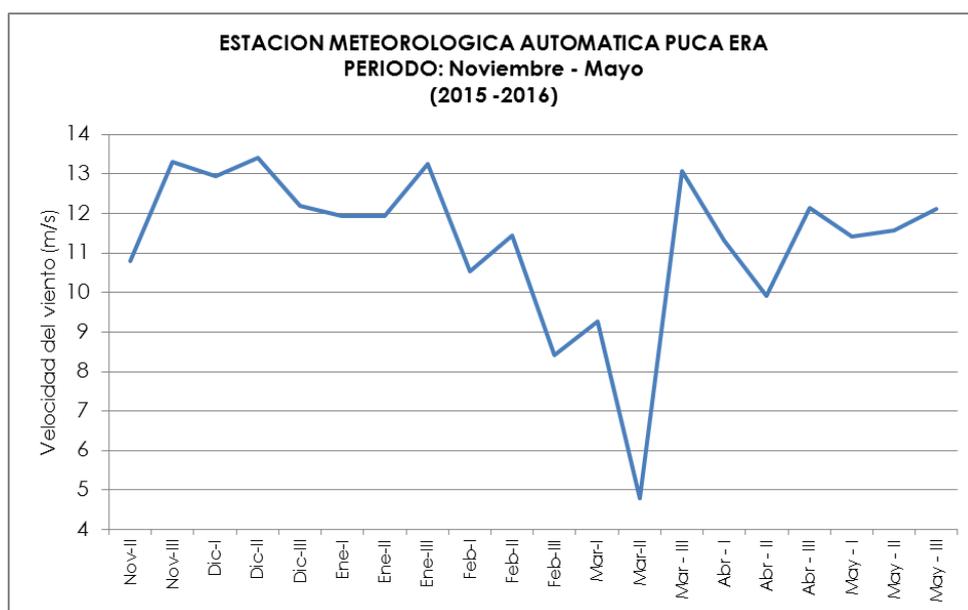
La Figura 41 muestra el comportamiento temporal promedio a nivel decadiario de la velocidad del viento en la estación de Puca Era.

#### Estación de Puca Era

Por lo general en el periodo de estudio los vientos más intensos se presentan entre la segunda tercera década de noviembre y tercera década de enero (estación de primavera) y los más bajos entre la primera década y segunda de marzo (estación de verano).

En el período agrícola de 2015-2016, en la cual se realizó mediciones, la velocidad del viento osciló de 4,8 m/s a 13,4 m/s y en promedio 11,3 m/s.

Figura 41. Comportamiento temporal de la velocidad del viento en la estación Huando

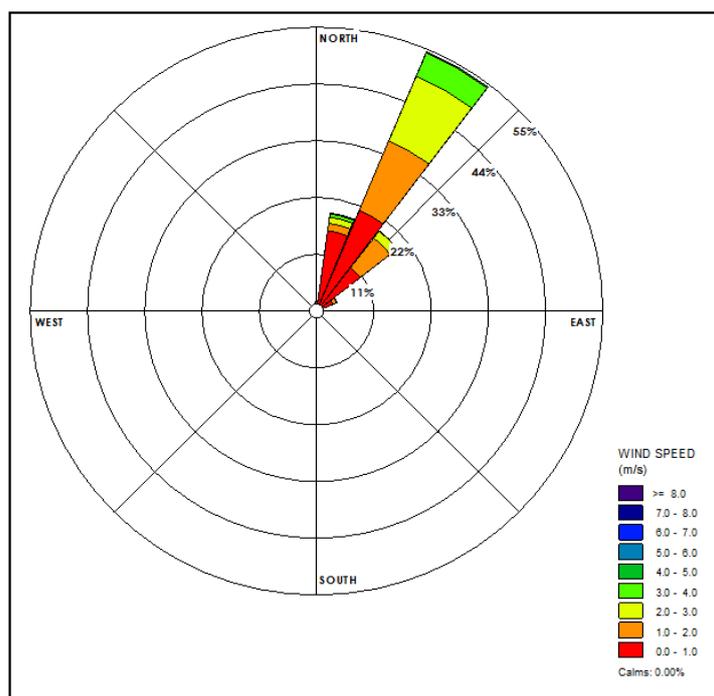


Fuente: Elaboración propia

## 6.8.2 Distribución estacional

En la Figura 42 se presenta la rosa de viento (dirección y velocidad) para la estación meteorológica automática de Puca Era, para el período noviembre - mayo. Se puede observar que los vientos predominantemente provienen de la dirección Norte-Nordeste con una frecuencia de 53,1%, en menor frecuencia se presentan vientos de dirección Este-Nordeste. Asimismo el 40,9% de los vientos son de velocidad ligera (1 m/s a 3 m/s), un 53,1% vientos calmos a débiles (0 m/s a 1 m/s) y un 6% vientos mayores a 3 m/s.

Figura 42. Rosa de viento en la estación Puca Era (Período 2014-2015)



Fuente: Elaboración propia

## 6.9 BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA

El balance hídrico agrícola permite mostrar los períodos de almacenamiento de agua, recarga, déficit y exceso, de acuerdo al tipo de cultivo y su fase fenológica.

En la presente sección se analiza las necesidades hídricas de los cultivos priorizados durante la campaña agrícola y bajo condiciones promedio (1995-2015), así como para el periodo más lluvioso (2010-11) y más deficitario (2000-01) de toda la serie histórica. Esto se realizó sólo para la estación convencional ubicada en la parte baja del Distrito de Pampas.

Para la estación automática (Puca Era) ubicada en la parte media del Distrito de Pampas

solo se realizó el balance hídrico de los cultivos priorizados para el periodo agrícola noviembre 2015 a mayo 2016.

### **6.9.1 Cultivo de arveja**

La arveja es un cultivo exigente en agua, si la misma no está disponible en gran volumen y en corto tiempo, es inevitable la pérdida del rendimiento y/o el deterioro de la calidad del grano (Ammar et al, 1987).

#### **Estación de Pampas**

Bajo condiciones climáticas promedio (1995-2015), la cantidad de precipitación durante noviembre a mayo satisface la demanda hídrica del cultivo de arveja para sus diferentes fases fenológicas (Figura 43a).

Bajo condiciones de una campaña muy lluviosa (2010-11), los excesos de precipitaciones entre la segunda década de enero y la segunda década de marzo pudieron haber afectado principalmente la emisión de los botones florales, la apertura de las flores, la formación de los frutos y la maduración debido a la menor actividad radicular por el exceso de humedad en el suelo, la aparición de enfermedades radiculares o foliares y al daño mecánico de las gotas de lluvia (Figura 43b).

Bajo condiciones de una campaña deficitaria (2000-01), la cantidad de lluvias registradas desde la primera década de noviembre a la tercera década de enero satisficieron la emergencia de las plántulas y la etapa de crecimiento vegetativo. El déficit de humedad pudo haber tenido una mayor impacto a principios de la etapa de maduración (tercera década de febrero a primera década de marzo) porque se habría reducido el llenado de los granos (Figura 43c).

#### **Estación de Puca Era**

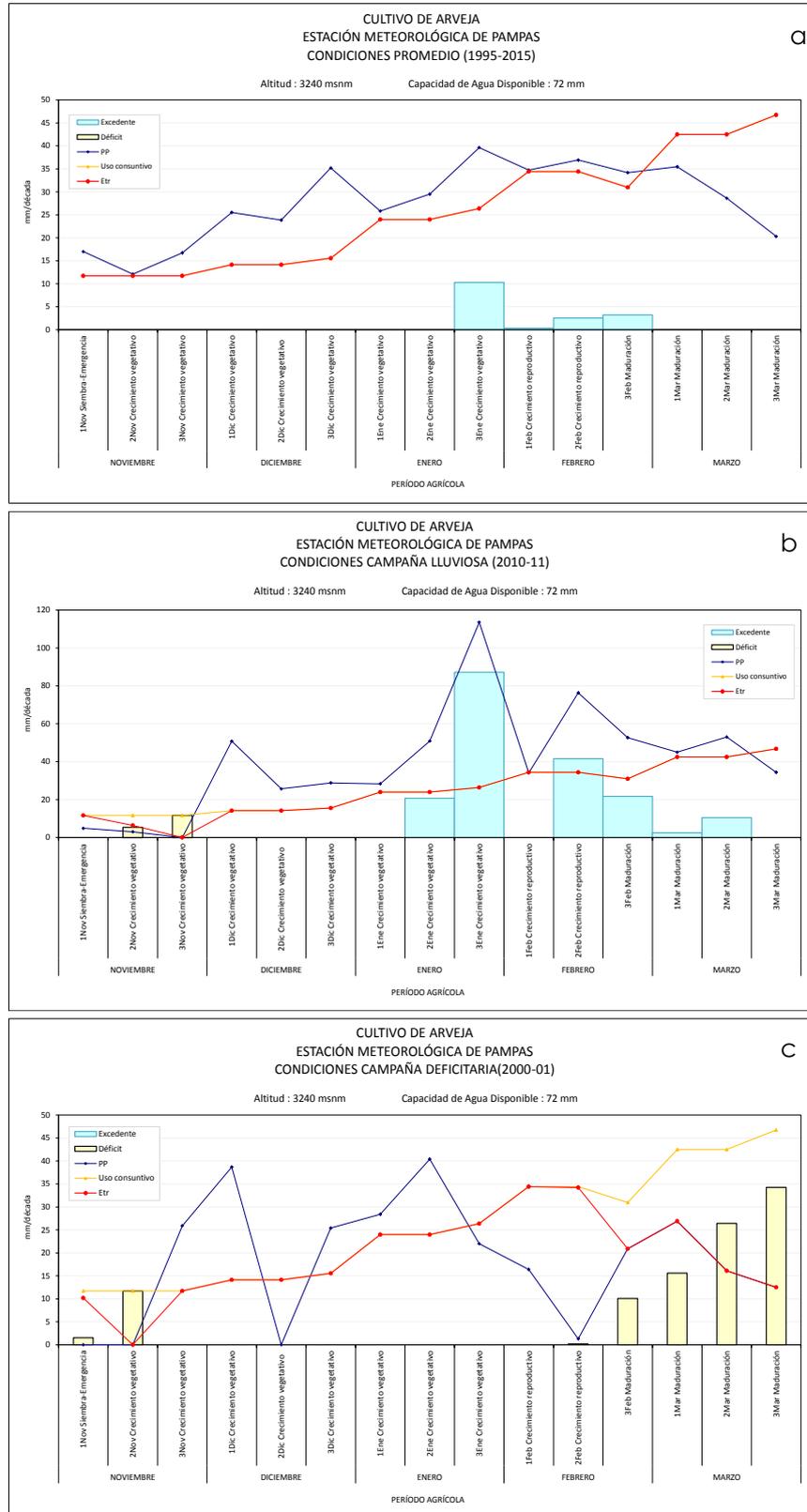
Durante la campaña 2015-16, las precipitaciones fueron suficientes y favorecieron las labores de siembra, la etapa reproductiva y maduración. Sin embargo parte del crecimiento vegetativo estuvo expuesto a excesos de humedad (primera década de abril a segunda década de enero) que pudieron haber afectado el crecimiento y desarrollo de hojas y tallos, debido a la aparición de enfermedades foliares o radiculares (Figura 44).

### **6.9.2 Cultivo de cebada**

#### **Estación de Pampas**

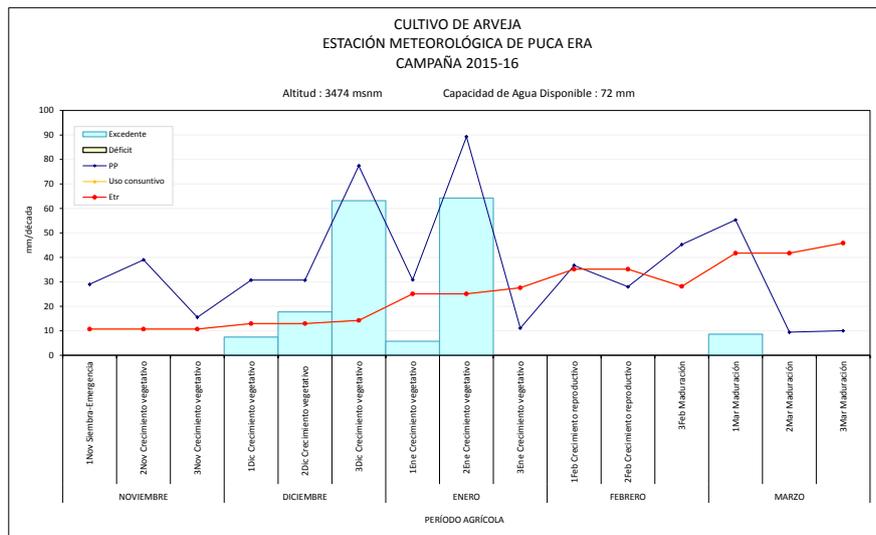
Bajo condiciones climáticas promedio (1995-2015), las precipitaciones registradas en la estación de Pampas favorecieron las labores de siembra y el desarrollo de las distintas etapas fenológicas del cultivo de cebada (Figura 45a).

Figura 43. Balance hídrico para el cultivo de arveja en la estación de Pampas, bajo condiciones promedio (a), campaña lluviosa (b) y campaña deficitaria (c)



Fuente: Elaboración propia

Figura 44. Balance hídrico para el cultivo de arveja en la estación de Puca Era, para la campaña 2015-16



Fuente: Elaboración propia

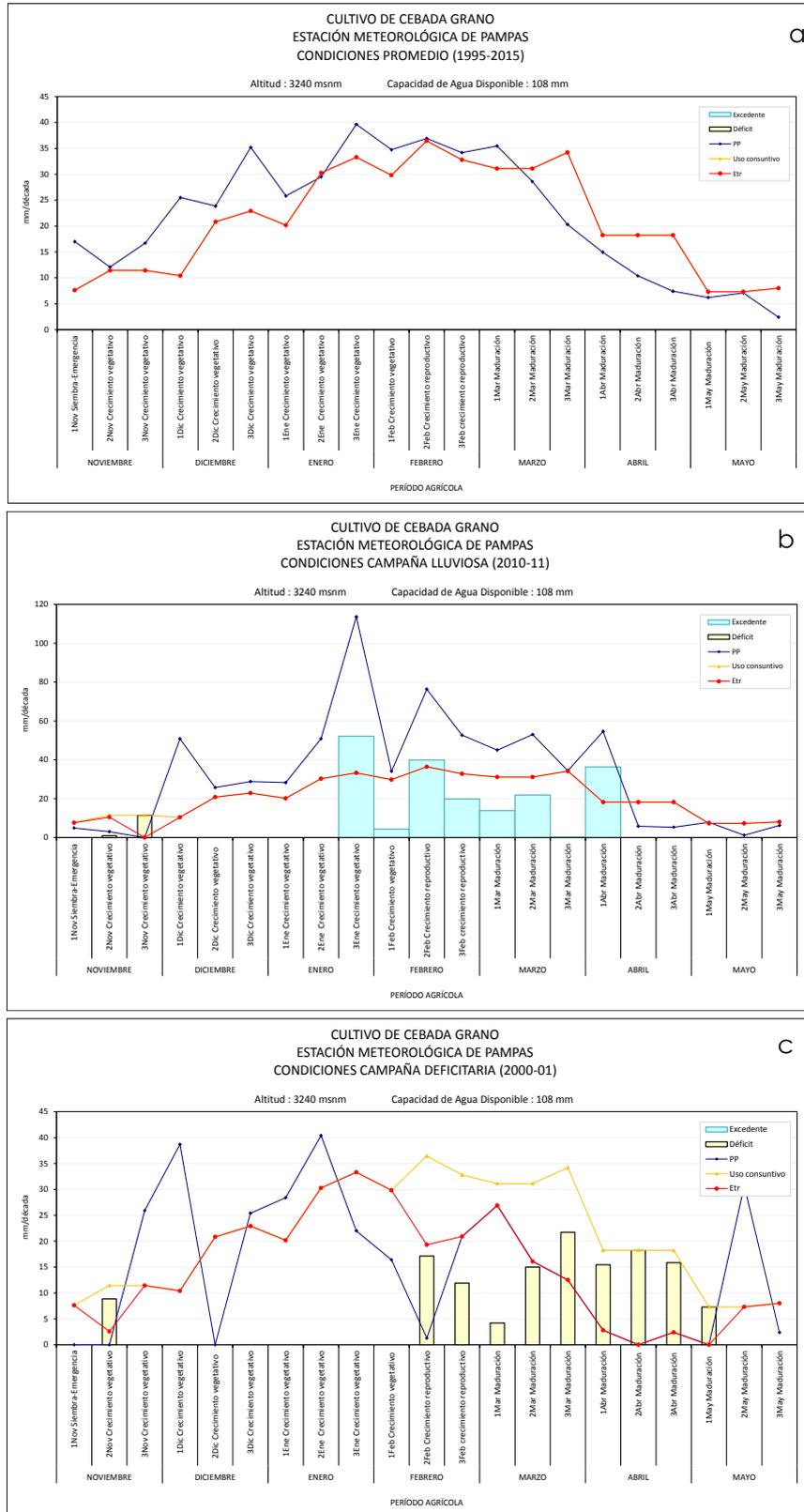
El mayor impacto por los excesos de humedad en la campaña lluviosa (2010-11) se habrían producido principalmente durante las etapas de crecimiento vegetativo (encañado), crecimiento reproductivo (espigado y floración) y primer estadio de la maduración (Figura 45b).

Bajo condiciones de una campaña deficitaria (2000-01), el déficit de humedad ocurrido entre la segunda década de febrero y la primera década de abril habría perjudicado el rendimiento del cultivo, debido a que se afectó la polinización y fecundación de las flores, así como el llenado de los granos recién formados (maduración lechosa). Por lo tanto, en zonas agrícolas con insuficiente humedad son importantes los riegos complementarios, a fin de asegurar un buen crecimiento y rendimiento de las plantas (Figura 45c).

### Estación de Puca Era

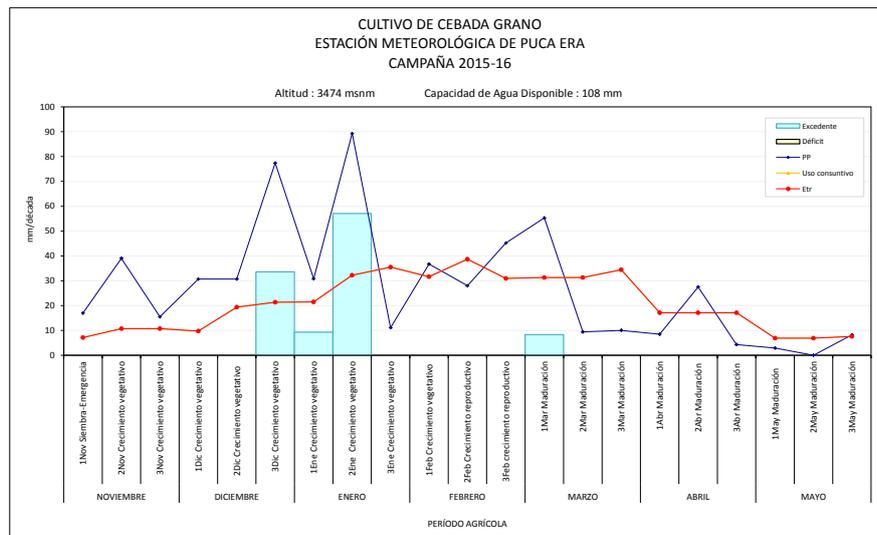
La cantidad de lluvias ocurridas durante el periodo vegetativo satisficieron las necesidades hídricas de las diferentes fases fenológicas de las plantas. Los excesos de humedad hacia finales de diciembre y mediados de enero podrían haber retardado el crecimiento de los tallos y la tasa fotosintética de las hojas (Figura 46).

Figura 45. Balance hídrico para el cultivo de cebada en la estación de Pampas, bajo condiciones promedio (a), campaña lluviosa (b) y campaña deficitaria (c)



Fuente: Elaboración propia

Figura 46. Balance hídrico para el cultivo de cebada en la estación de Puca Era, para la campaña 2015-16



Fuente: Elaboración propia

### 6.9.3 Cultivo de maíz amiláceo

#### Estación de Pampas

Bajo condiciones climáticas promedio (1995-2015), la precipitación satisface la demanda hídrica del cultivo de maíz amiláceo para sus diferentes fases fenológicas, al igual que los demás cultivos priorizados (Figura 47a).

En condiciones de campaña lluviosa (2010-11), la cantidad de precipitación en enero fue ligeramente insuficiente y pudo haber retardado la emergencia y el crecimiento inicial de las plantas. Conforme el maíz crece y se desarrolla experimenta excesos de humedad entre la tercera década de enero y la primera década de abril, los cuales pueden haber retrasado la elongación del tallo y el crecimiento de las hojas, la emisión de la panoja y espiga; así como los estadios inicios del llenado de mazorcas posiblemente por la sobresaturación de agua en el suelo que perjudica el crecimiento y desarrollo de las raíces (Figura 47b).

Bajo condiciones de una campaña deficitaria (2000-01), el mayor impacto en el cultivo podría haber ocurrido en marzo y abril, meses donde se presenta la etapa crítica de la planta. Por lo tanto, si no se adoptaron medidas correctivas (riegos complementarios) en el cultivo se habría afectado el rendimiento (Figura 47c).

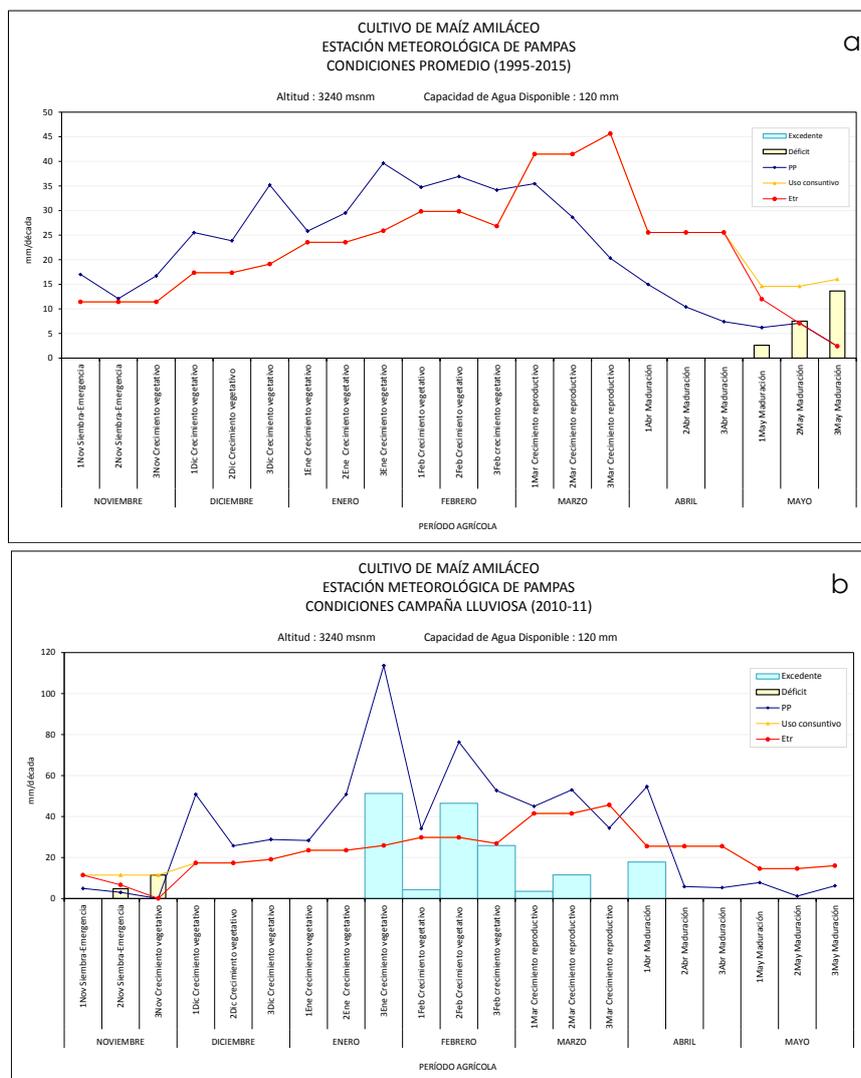
La falta severa de agua en el maíz puede manifestarse por la pérdida de la turgencia de las hojas o por el enrollamiento y apariencia opaca de las hojas superiores de las plantas jóvenes. Cuatro días de flacidez continua durante el período de crecimiento vegetativo pueden reducir la productividad entre un 5 a 10%. Si el estrés hídrico se presenta durante la emergencia de la flor femenina y polinización, la producción puede reducirse hasta en

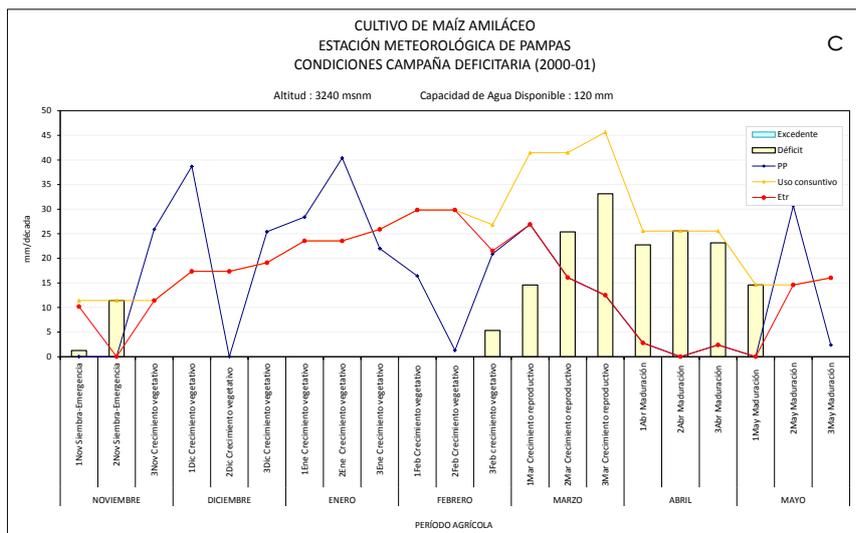
un 50%; la falta de agua en este período es crítica porque retrasa la maduración del aparato reproductor femenino y altera la sincronización entre la emergencia de los estilos y la liberación del polen, dando como resultado mazorcas con menos granos (Bloc et al, 1984 tomado de López, 1991).

### Estación de Puca Era

Las lluvias sucedidas durante el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz fueron suficientes para favorecer la diferenciación de las estructuras vegetativas y reproductivas. Los excesos de humedad entre la tercera década de diciembre y la segunda década de enero podrían haber retardado el crecimiento de los tallos y las hojas por la sobresaturación de humedad en el suelo que pudo haber provocado una reducción de la actividad radicular (Figura 48).

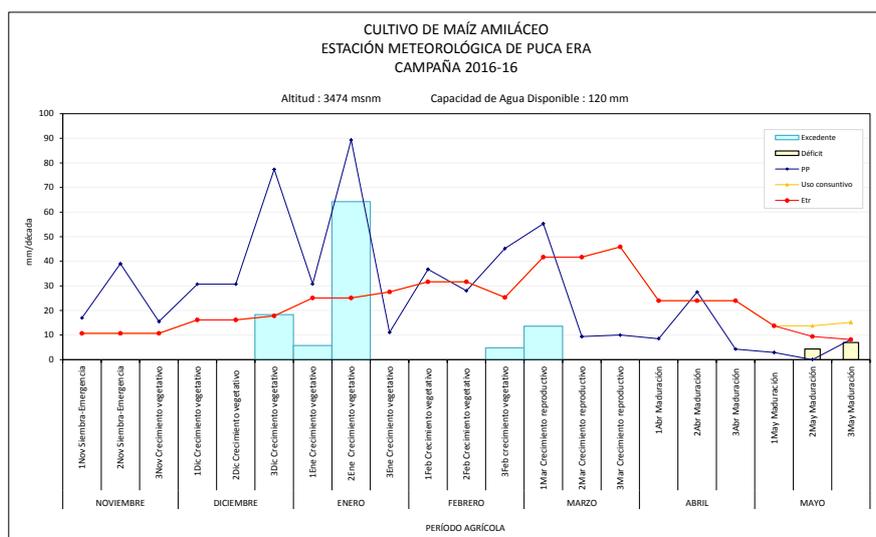
Figura 47. Balance hídrico para el cultivo de papa en la estación de Pampas, bajo condiciones promedio (a), campaña lluviosa (b) y campaña deficitaria (c)





Fuente: Elaboración propia

Figura 48. Balance hídrico para el cultivo de maíz amiláceo en la estación de Puca Era, para la campaña 2015-16



Fuente: Elaboración propia

### 6.9.4 Cultivo de papa

El cultivo de papa para desarrollar sus distintas fases fenológicas, procesos metabólicos y fisiológicos requiere de condiciones óptimas de humedad.

#### Estación de Pampas

El Distrito de Pampas es una de las áreas de mayor producción de papa. La estación ubicada en la parte baja del distrito muestra que bajo condiciones climáticas promedio

(1995-2015) las lluvias satisfacen la demanda hídrica del cultivo de papa para sus diferentes fases fenológicas, muy a pesar que en enero y febrero se observan ligeros excesos de humedad (Figura 49a).

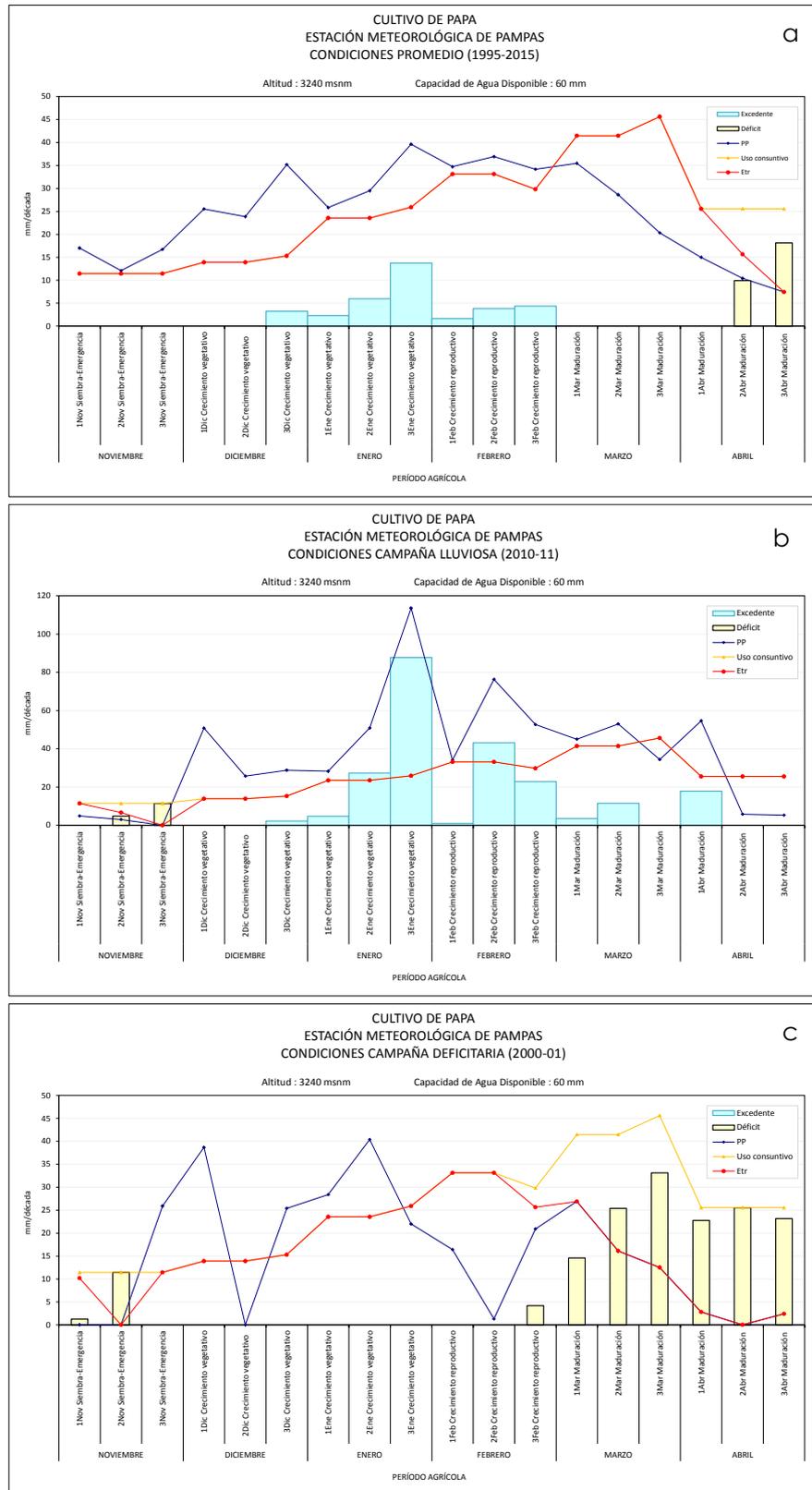
Bajo condiciones de una campaña muy lluviosa (2010-11), los excesos de precipitación a mediados del periodo vegetativo habrían perjudicado las fases fenológicas aéreas (emisión de brotes laterales, botón floral y floración) y subterráneas (crecimiento de estolones, crecimiento de tubérculos) por la aparición de enfermedades foliares (rancho) u hongos del suelo causante de pudriciones (Figura 49b).

Bajo condiciones de una campaña deficitaria (2000-01), las lluvias fueron insuficientes para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de papa durante las etapas de crecimiento reproductivo y maduración principalmente entre la segunda década de febrero y la tercera década de marzo (Figura 49c). Al respecto, en situaciones de estrés, cuando las plantas son incapaces de satisfacer la demanda evaporativa de la atmósfera, las hojas pierden turgor y se cierran los estomas, se restringe la fotosíntesis y la pérdida de agua, se incrementa la temperatura del follaje, aumenta la respiración, trayendo consigo la disminución de las reservas de carbohidratos y desfavoreciendo la formación y el crecimiento de tubérculos; en consecuencia, se reduce el rendimiento (Allen y Scott, 1980; Haverkort, 1982; Rojo, 2006).

#### **Estación de Puca Era**

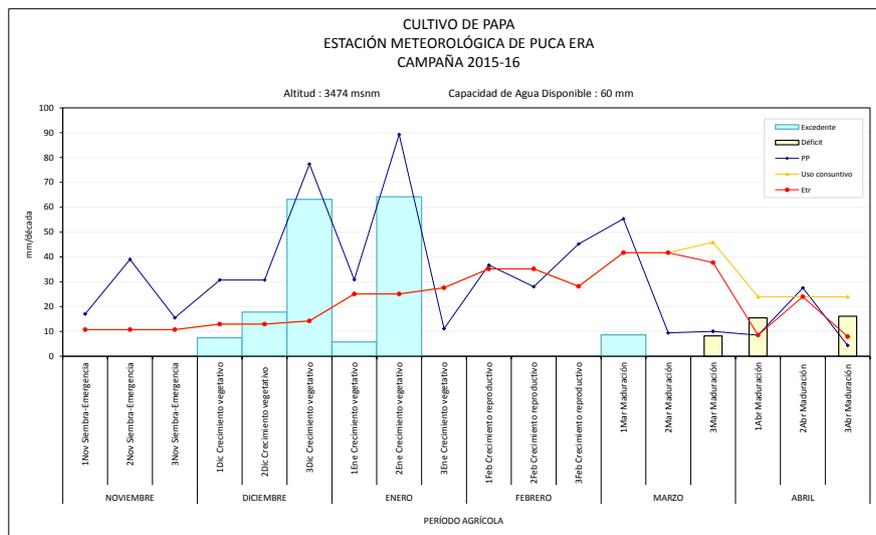
La cantidad de precipitación durante la campaña 2015-16 podría haber afectado la productividad del cultivo de papa, debido a los excesos de humedad ocurridos entre la primera década de diciembre y la segunda década de enero. Durante este periodo la sobresaturación de humedad en el suelo podría haber afectado principalmente el crecimiento de los estolones. Si estas estructuras se ven afectadas entonces la tuberización y la formación de tubérculos en las plantas se ve afectada (Figura 50).

Figura 49. Balance hídrico para el cultivo de papa en la estación de Pampas, bajo condiciones promedio (a), campaña lluviosa (b) y campaña deficitaria (c)



Fuente: Elaboración propia

Figura 50. Balance hídrico para el cultivo de papa en la estación de Puca Era, para la campaña 2015-16



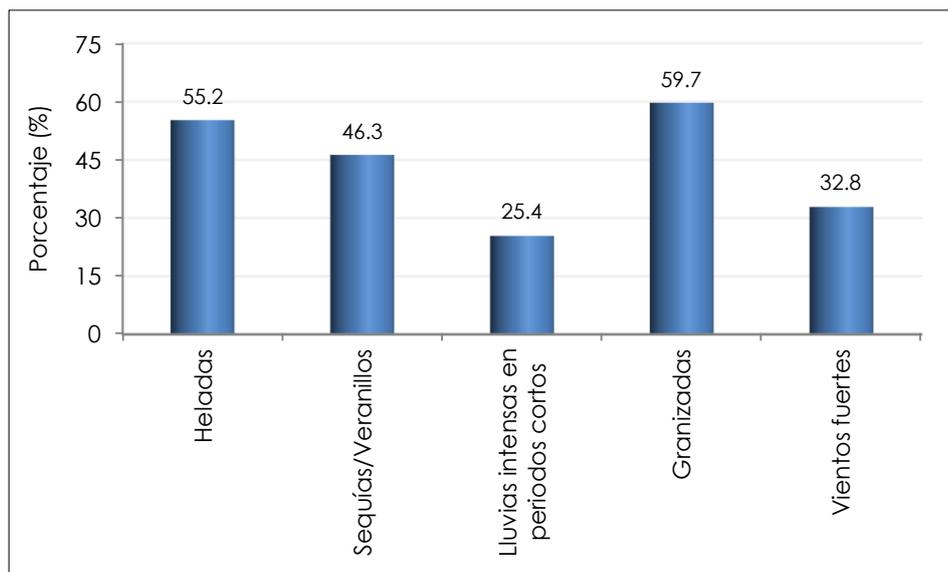
Fuente: Elaboración propia

## VII. PERCEPCIONES DE LA POBLACIÓN LOCAL SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS

### 7.1 PERCEPCIONES SOBRE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS QUE CAUSAN UN MAYOR DAÑO EN LA AGRICULTURA

Los pobladores locales manifiestan que las granizadas, heladas y sequías/veranillos son los eventos climáticos extremos que causan un mayor daño en la agricultura (Figura 51). El 94% de los pobladores entrevistados expresan que los eventos climáticos extremos están ocurriendo con mayor frecuencia e intensidad, en promedio, en los 5 últimos años, impactando negativamente en los cultivos priorizados como la papa, maíz amiláceo, cebada y arveja.

Figura 51. Eventos climáticos extremos más recurrentes en el área de estudio



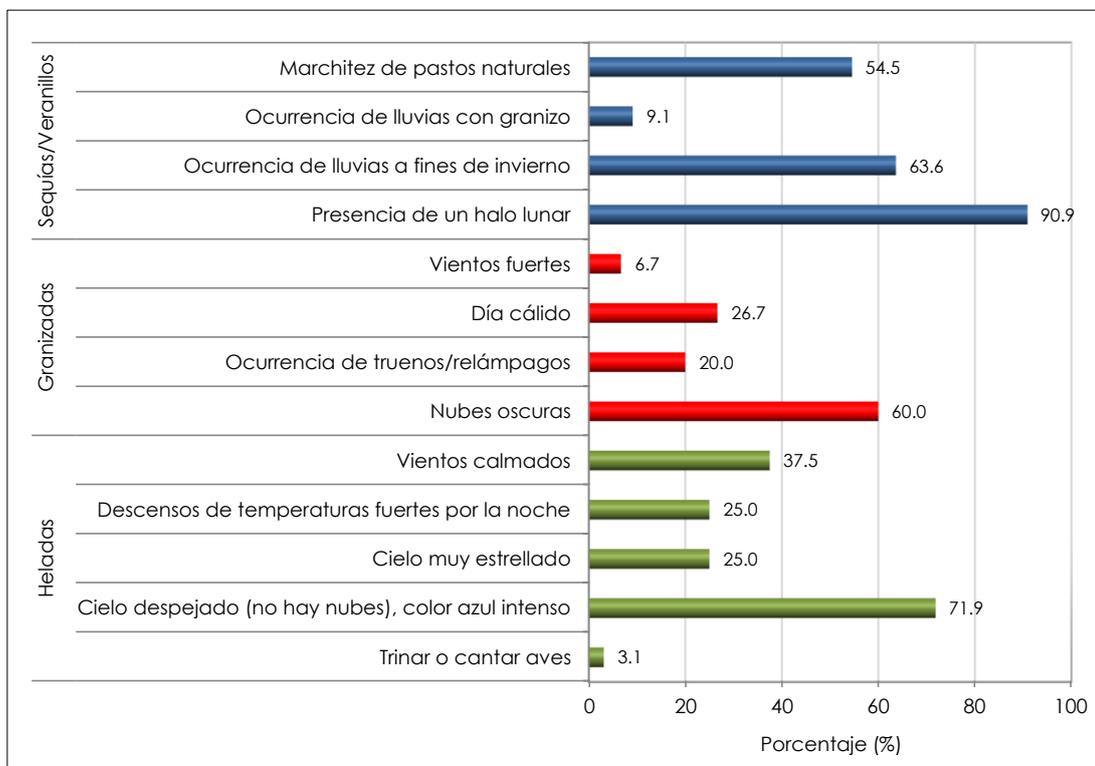
Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

## 7.2 PERCEPCIÓN PARA PREDECIR EL CLIMA Y LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

El conocimiento de los pobladores locales acerca del comportamiento de las condiciones atmosféricas, de la fauna y de la flora silvestre, como indicadores para predecir el clima y la producción agrícola no han sido muy estudiados, es decir no se cuenta con un inventario de los saberes locales. Sin embargo, el taller participativo y el levantamiento de información en campo permitieron relevar como los pobladores locales, a partir de conocimientos y experiencias sobre el comportamiento de la biodiversidad y de otros componentes del medio natural, predicen el clima y la producción agrícola.

De acuerdo a la frecuencia de respuestas que dan los pobladores locales se observa que las sequías/veranillos se presentan cuando los entrevistados perciben la presencia de un halo lunar y la ocurrencia de lluvias hacia finales del invierno (agosto). Respecto a las granizadas, un alto porcentaje de los pobladores encuestados manifiestan que si notan nubes oscuras y ocurren truenos/relámpagos es muy seguro que se presente este fenómeno climático. Finalmente, las heladas suceden cuando los residentes contemplan el cielo despejado (sin presencia nubes) con un color intenso durante el día, asimismo los pobladores locales perciben descensos de temperatura (mucho frío) y un cielo muy estrellado durante la noche (Figura 52).

Figura 52. Indicadores astronómicos, meteorológicos y biológicos que conocen los pobladores locales para predecir la ocurrencia de los eventos climáticos extremos en el área de estudio



Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

Un problema fundamental para el desarrollo de la producción agrícola en el área de estudio son las variaciones muy oscilantes de los fenómenos climáticos durante el año y, sobre todo, en el período agrícola de los cultivos priorizados. Dentro de los zoológicos indicadores para predecir el clima y que fue manifestado por un bajo porcentaje (3%) de los pobladores locales fue el zorro.

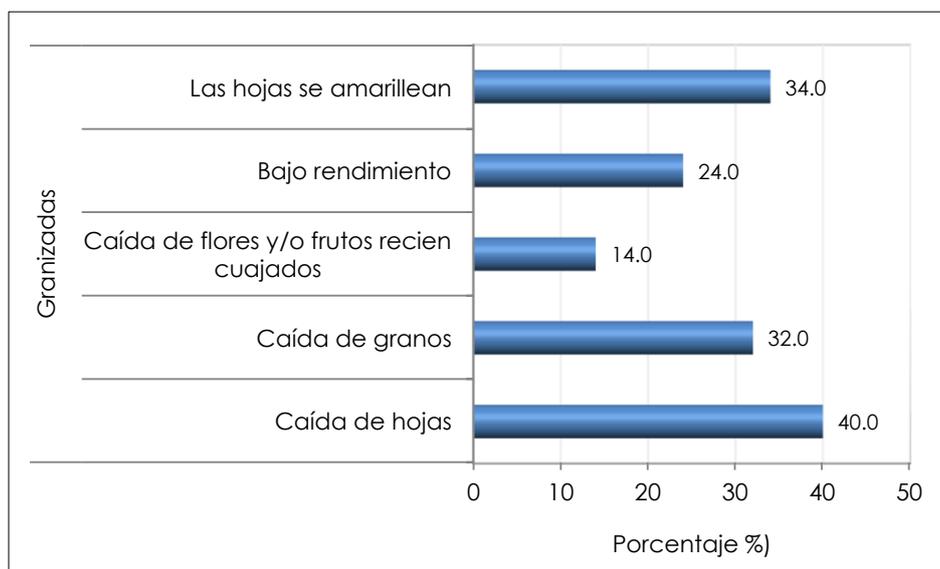
Claverías (2000) manifiesta en su trabajo que el zorro es uno de los animales más importantes en la observación campesina sobre los indicadores climáticos. Lo que tratan de escuchar es el aullido de este animal. Cuando es claro, sin atorarse, se dice que será un buen año. En cambio, cuando al final del aullido hay sonidos distorsionados, como que se está atorando, entonces se dice que en ese año habrá sequía. Cuando grita en el mes de agosto es señal de buen año. Su aullido también es analizado para relacionarlo con las predicciones de las fechas de siembra más apropiadas (temprana, intermedia o tardía) y en la zona de producción (en pampa o en la ladera) que es más conveniente sembrar en este año, lo cual está relacionado con la predicción si habrá abundancia o ausencia de las lluvias.

### 7.3 PERCEPCIÓN DEL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA AGRICULTURA

La percepción local sobre el impacto de los eventos climáticos extremos sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos priorizados es muy variada. El daño ocasionado dependerá de la intensidad y tipo de evento de evento climático extremo como del tipo de cultivo, de la fase fenológica y del crecimiento del cultivo alcanzado en el momento de ocurrencia del fenómeno.

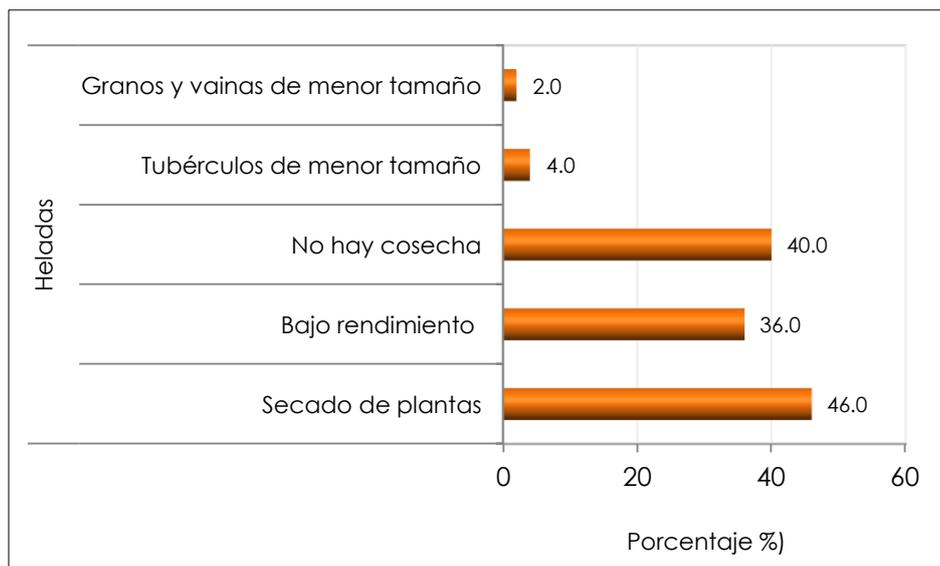
Las Figuras 53 al 56 muestran la frecuencia de respuestas que dan los pobladores locales respecto al daño en los cultivos por efecto de la ocurrencia de los principales eventos climáticos extremos.

Figura 53. Impacto en los cultivos priorizados del área de estudio debido a la ocurrencia de las granizadas



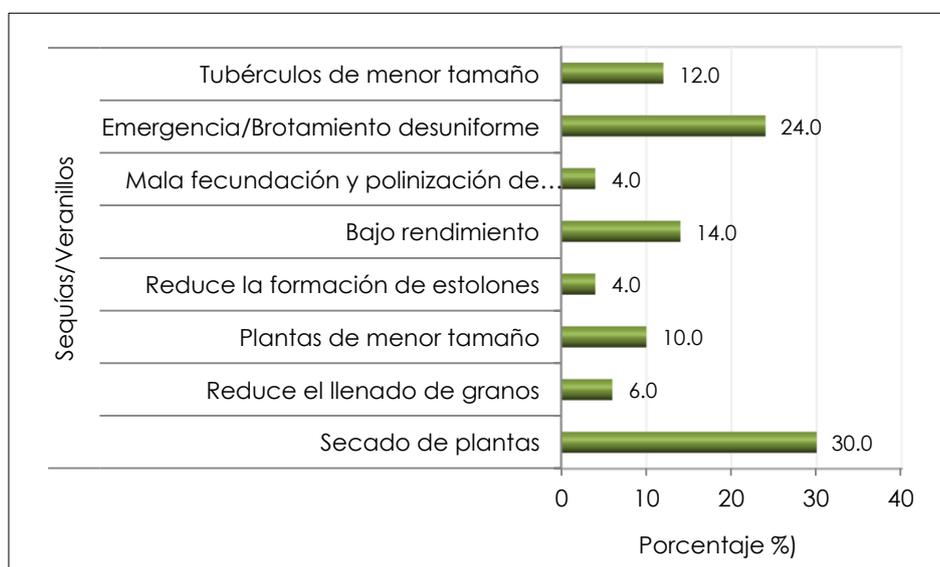
Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

Figura 54. Impacto en los cultivos prioritizados del área de estudio debido a la ocurrencia de las heladas



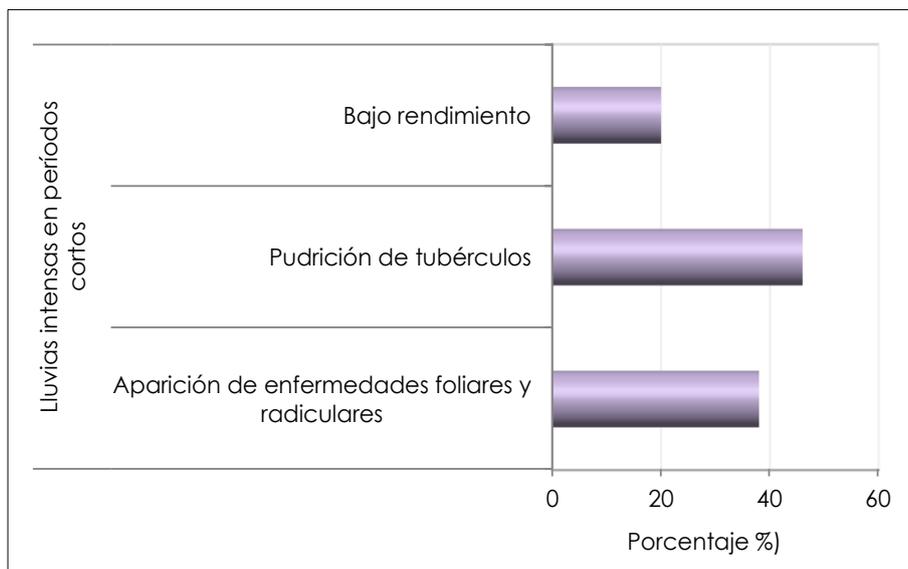
Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

Figura 55. Impacto en los cultivos prioritizados del área de estudio debido a la ocurrencia de las sequías/veranillos



Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

Figura 56. Impacto en los cultivos priorizados del área de estudio debido a la ocurrencia de las lluvias intensas en periodos cortos



Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

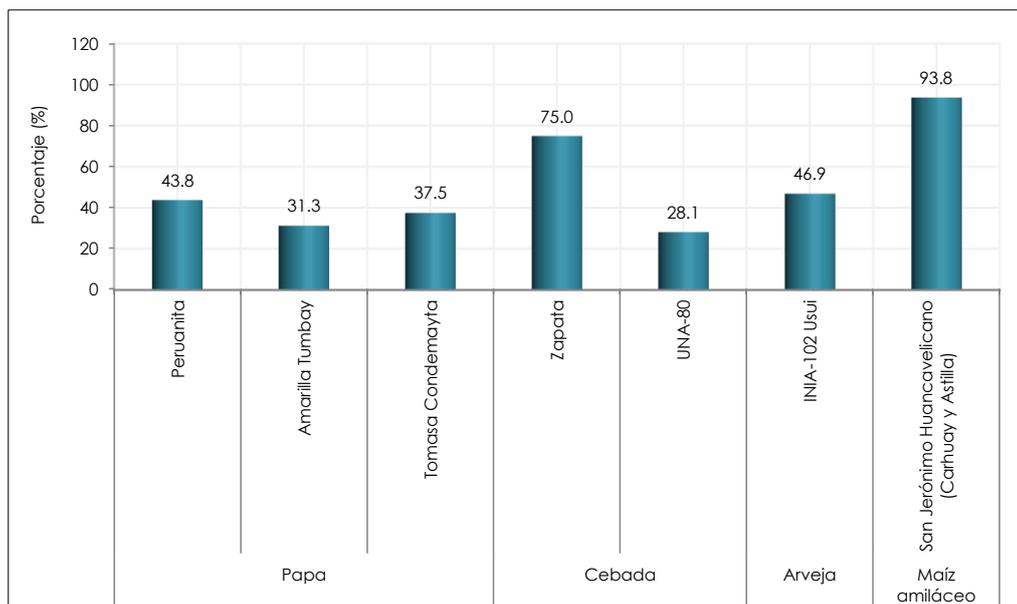
#### 7.4 PERCEPCIONES SOBRE VARIEDADES DE CULTIVOS SENSIBLES Y ADAPTADOS A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Ante la evidente percepción de los pobladores locales respecto a los impactos de la variabilidad climática, la vulnerabilidad de los cultivos depende del tipo de cultivo, la variedad o cultivar, entre otros aspectos.

Según los pobladores entrevistados del área de estudio, las variedades de cebada grano más sensibles a la variabilidad climática son la "UNA 80" y "Zapata"; de arveja el "INIA-102 USUI"; de maíz amiláceo el "San Jerónimo Huancavelicayo" (Carhuay y Astilla); y finalmente de papa la "Amarilla Tumbay", "Peruanita" y "Tomasa Condemayta" (Figura 57).

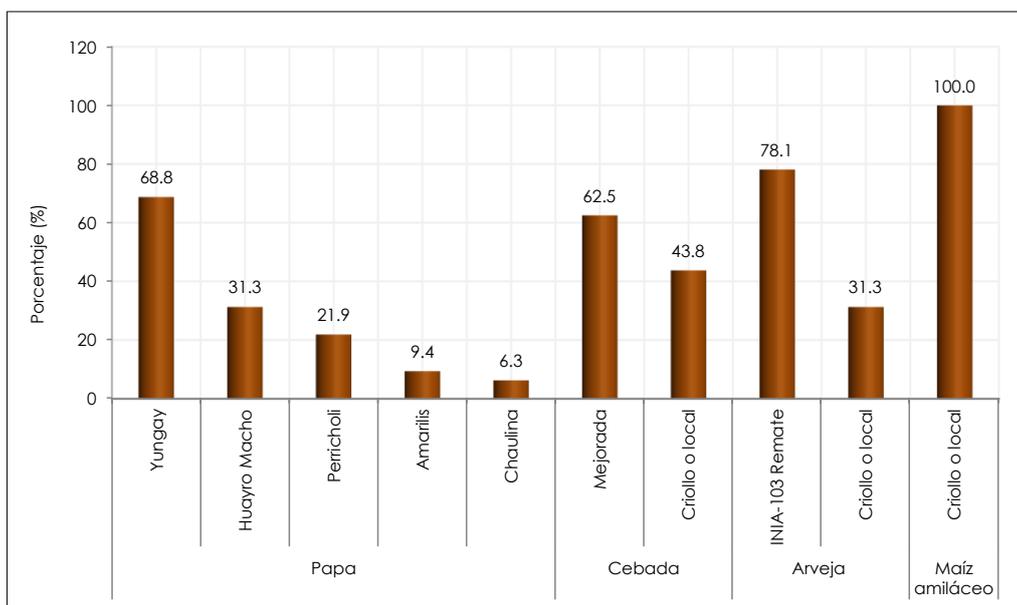
Las variedades adaptadas están referidas a aquellas que presentan un amplio rango de adaptación medioambiental, resistencia a plagas y altos rendimientos. En cebada grano se tiene variedades "mejoradas" y "locales"; en arveja el "INIA-103 Remate" y las variedades "locales"; en maíz amiláceo se tiene variedades "locales"; y finalmente en papa se tiene la "Yungay", "Huayro Macho", "Perricholi", "Amarilis" y "Chaulina" (Figura 58).

Figura 57. Variedades de cultivo de papa, cebada, arveja y maíz amiláceo más sensibles a la variabilidad climática en el área de estudio



Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

Figura 58. Variedades de cultivo de papa, cebada, arveja y maíz amiláceo más tolerantes a la variabilidad climática en el área de estudio

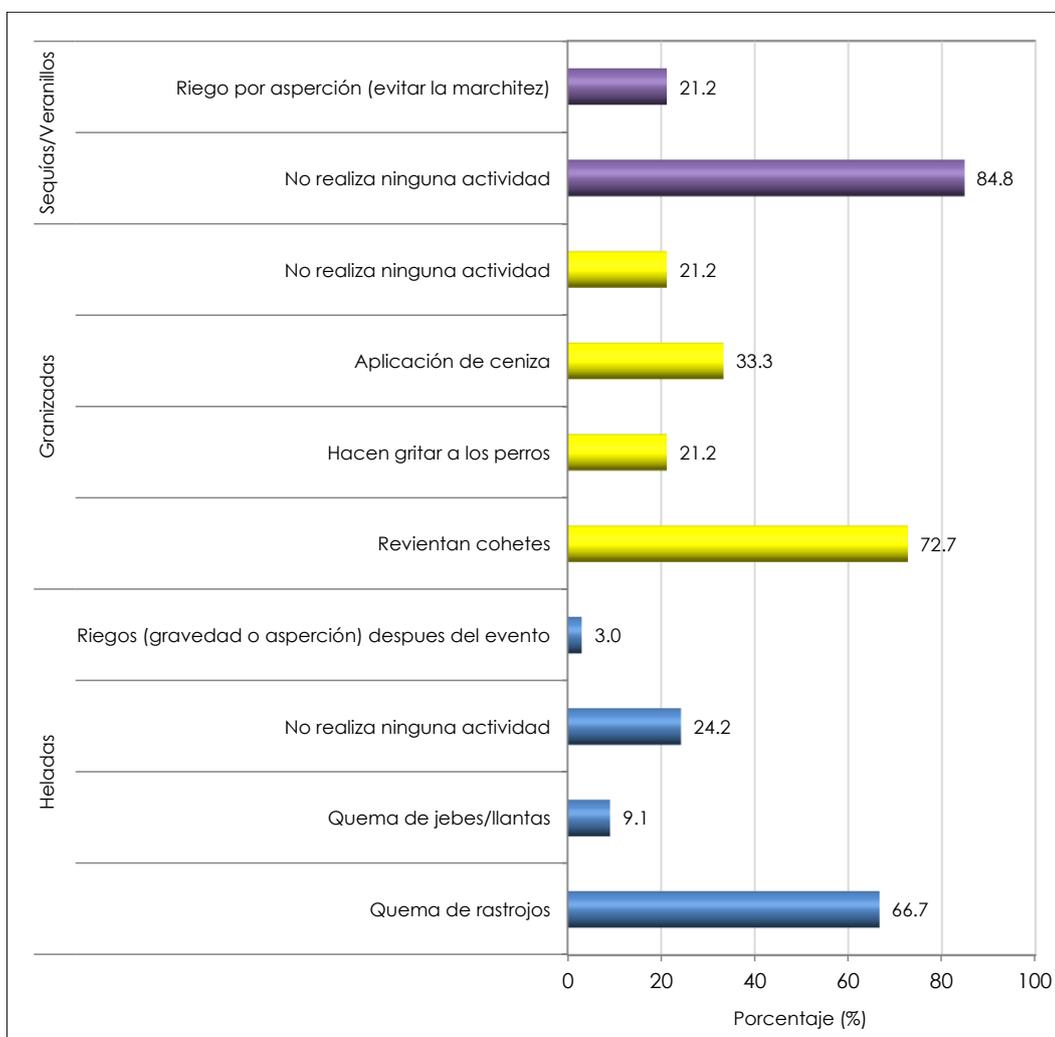


Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

## 7.5 PERCEPCIÓN SOBRE MEDIDAS PARA CONTRARRESTAR EL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

Un alto porcentaje de entrevistados manifiestan que la quema de rastrojos, jebes y llantas, así como la aplicación de riegos después de ocurrido el evento ayudan a minimizar el impacto de las heladas. Respecto a las granizadas, la mayor parte de los pobladores locales afirman que revientan cohetes en el cielo y hacen ladrar a sus caninos antes de que se produzca el fenómeno climático. Finalmente casi todos los entrevistados no realizan ninguna medida para contrarrestar el efecto de las sequías/veranillos, a excepción de algunos residentes que aplican riegos por aspersión para evitar la marchitez de los cultivos priorizados (Figura 59).

Figura 59. Medidas tomadas por los productores locales para contrarrestar el impacto de los eventos climáticos extremos en el área de estudio

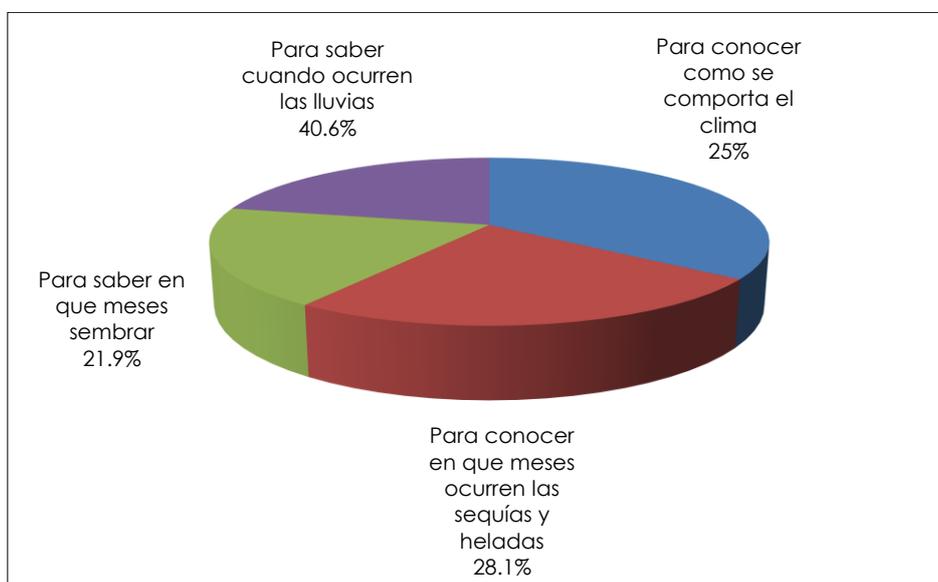


Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

## 7.6 PERCEPCIÓN SOBRE LA IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN AGROCLIMÁTICA Y SU DIFUSIÓN A LOS POBLADORES LOCALES

Todos los pobladores locales manifiestan que la información agroclimática es muy importante para la toma de decisiones vinculadas al sector agrícola. La mayoría de los entrevistados manifiestan que conocer el comportamiento de los parámetros climáticos y la ocurrencia de eventos climáticos extremos les permitiría realizar una mejor planificación de sus actividades agrícolas, tales como la siembra, labores culturales y la cosecha (Figura 60).

Figura 60. Percepción sobre la importancia de la información agroclimática

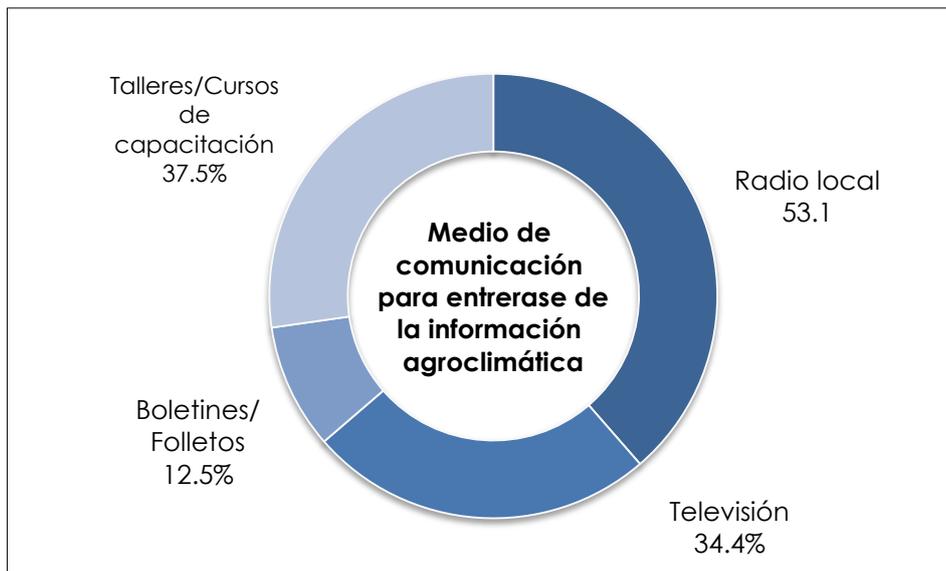


Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

El medio de comunicación para que los pobladores locales puedan enterarse sobre la información agroclimática depende del acceso al medio de comunicación y la ubicación de la localidad en el área de estudio. Sin embargo, la mayoría de los entrevistados manifiestan que la radio local (53,1%), los talleres y/o cursos de capacitación (37,5%) y la televisión (34,4%) serían los medios de comunicación de mayor cobertura donde las personas observarían y escucharían la información agroclimática (Figura 61).

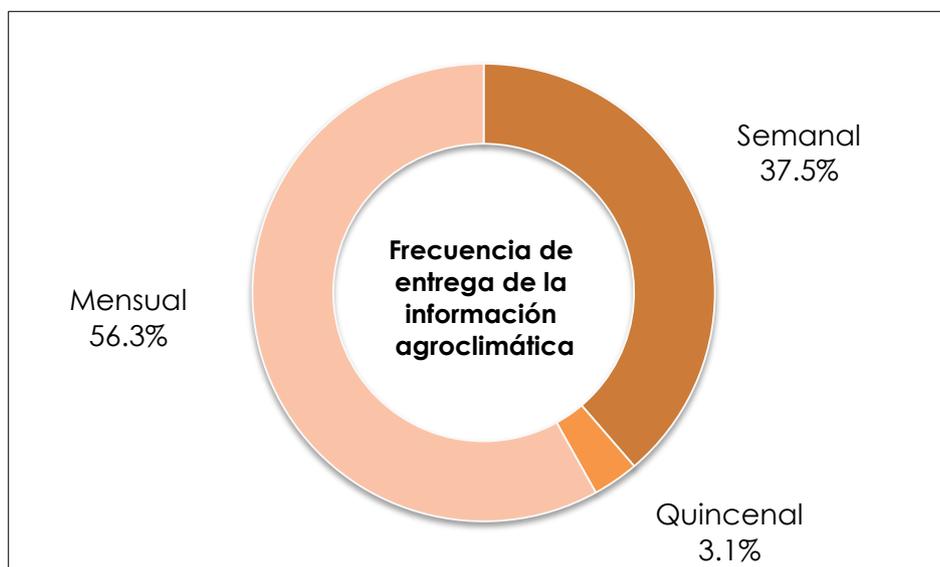
Asimismo, respecto a la frecuencia de entrega de la información agroclimática, los pobladores locales en su gran mayoría mencionan que está debería realizarse mensualmente, iniciándose el proceso de difusión previo al inicio de la campaña agrícola (Figura 62).

Figura 61. Medios de comunicación para difundir la información agroclimática en el área de estudio



Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

Figura 62. Frecuencia de entrega de la información agroclimática en el área de estudio



Fuente: Encuesta sobre percepciones de la población y conocimiento local sobre el clima. Tamaño de la muestra: 67 (Respuesta múltiple). SENAMHI (2016)

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalde, M., Chio, R., Macera, C., Ríos, Z. y Rodríguez, M. (1990). Especies agrosilvopastoriles para la zona altoandina. Proyecto ARBOLANDINO. Pomata, Perú. 207 pp.
- Allen, E.J. y Scott, R.N. (1980). An analysis of growth of the potato crop. J. Agric. Sci. Camb. Vol. (94): 583-606.
- Altet, 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. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiæ. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post Grado. Especialidad de Producción Agrícola Lima, Perú. 66 pp.
- Amma, A., Gonzales, J., Riva, E., Bianchini, H., Bimboni, G., Mitidieri, I. (1987). Recomendaciones prácticas para el cultivo de arveja. Estación agropecuaria INTA. San Pedro, Argentina. 50 pp.
- Amorós, W. (1979). Relación entre niveles de heterocigocidad y adaptación a los trópicos húmedos en papas autotetraploides. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiæ. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post Grado. Especialidad de Producción Agrícola Lima, Perú. 82 pp.
- Arbizu, C. y Tapia, M. (1992). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. La agricultura andina: papas amargas. Colección FAO. Producción y protección vegetal. Roma, Italia. 399 pp.
- Baldión, J. (1987). Conceptos básicos y métodos de cálculo del balance hídrico. HIMAT. Bogotá, Colombia. 43 pp.
- Barreto, C. (1997). Análisis de la agricultura en la provincia de Jauja. El caso de cultivo de cereales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú.
- Berger, J. (1967). El Maíz, su producción y abonamiento. Kansas City. USA. 204 pp.
- Borah, M. and Milthorpe, F. (1959). Growth of the Potato. Rp. Univ. Nottm. Sch. Agric. Nottm. pp. 41-45.
- Canahua, A. (1998). Producción y promoción de semilla de papas amargas en Puno. CEDECUM-CIP. Puno, Perú. 42 pp.
- Cao, W. and Tibbits, T. W. (1995). Leaf emergence on potato stems in relation to thermal time. Agron. J. 87: 474-477.
- CARE. (2007). Cadenas productivas de arveja y haba: Una experiencia en Acobamba-Huancavelica. Programa Redes Sostenibles para la Seguridad

Alimentaria-REDESA. Lima, Perú. 98 pp.

- CARITAS. (2004). Manual del cultivo de arveja. Caritas Huancayo, INIA, UNCP, Fondo Italo Peruano. Huancayo, Perú.
- Casseres, E. (1969). Producción de Hortalizas. Editorial IICA. Primera Edición. Lima, Perú. 280 pp.
- Celis, J. (1996). Incidencia de la sequía en el Perú: Estrategias para superar esta limitante. INIA, E.E. Baños del Inca. Trabajo compilado por Edmeades, G., Bänziger, M., Mickelson, H. y Peña, C. En Developing drought and low N-tolerant maize: proceedings of a symposium. CIMMYT. El Batán, México. pp. 63-65.
- Cepeda, M. y Gallegos, G. (2003). La papa: El fruto de la tierra. Editorial Trillas. Primera edición. México. 251 pp.
- Chávez, A. (2003). Producción de semilla de maíz amiláceo con el sector informal en Perú. INIA-DGPSA. Ponencia presentada en el Taller: Producción de semilla y agrobiodiversidad. Disponible en: <http://www.preduza.org/alexander.htm> (Fecha de consulta: Mayo 2016).
- Chiappe, L. (1968). Cultivos alimenticios. Capítulo: Leguminosas. Universidad Nacional Agraria la Molina. Copia mimeografiada. 118 pp.
- Christiansen, J. (1967). El cultivo de la papa en el Perú. Primera edición. Lima, Perú. 342 pp.
- CIP. (2008). La papa peruana. Proyecto INCOPA. CIP-COSUDE. Lima, Perú. 2 pp.
- CIREN. (1989). Requerimientos de clima y suelo. Centro de Información de Recursos Naturales. Publicación CIREN N° 85. Santiago, Chile. 58 pp.
- Claverias, R. (2000). Conocimientos de los campesinos andinos sobre los predictores climáticos: elementos para su verificación. Disponible en: [http://www.clima.missouri.edu/Articles/Claverias\\_Bioindicadores.pdf](http://www.clima.missouri.edu/Articles/Claverias_Bioindicadores.pdf) (Fecha de consulta: Noviembre 2016).
- Collantes, R. (2007). Comparativo del rendimiento y calidad de cultivares mejoradas de cebada (*Hordeum Vulgare* L.) en dos localidades de la sierra central del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú.
- Coronel, R. (2000). Caracterización de líneas dobles haploides de cebadas (*Hordeum Vulgare*) bajo condiciones de La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú.
- Coulombe, J. (1983). En: Curso: Cultivo de cebada y habas. INIPA y CIP XV. Programa sectorial de capacitación. Alternativas tecnológicas de cultivo de cebada grano en

relación a sistemas de rotación de cultivos en Puno. Puno, Perú.

- DGET. (1983). Manuales para producción agropecuaria, trigo, cebada y avena. Trillas. México.
- Dolores, O. (1996). Efecto de la fertilización fosfo-potásica, en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.) var. Ballet en condiciones de sierra. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 99 pp.
- Doorenbos, J. y Kassam, A.H. (1979). Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje Núm. 33. FAO. Roma, Italia. 212 pp.
- Egúsquiza, R. (2000). La papa: Producción, transformación y comercialización. CIMAGRAF S.R.L. Primera edición. Lima, Perú. 106 pp.
- Ekanayake, I. (1994). Estudio sobre el estrés por sequía y necesidades de riego de la papa. CIP. Guía de investigación N° 30. Lima, Perú. 39 pp.
- Ezeta, F. (1986). Aspectos fisiológicos de la producción de papa. V curso internacional sobre el cultivo de papa con énfasis en la producción de semilla. Huancayo, Perú. 29 pp.
- FAO. (1994). ECOCROP I. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Roma, Italia.
- Feller, C., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Hess, M., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., Van den Boom, T., Weber, E. (1995) Phänologische entwicklungsstadien von gemüsepflanzen: I. Zwiebel, wurzel, knollen and blattgemüse. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 47: 193-206.
- Gómez, Y. (1996). Efecto de tres niveles de humus de lombriz y de estiércol de vacuno en un cultivo de arveja en la comunidad campesina de San Pedro de Casta (cuenca del río Santa Eulalia). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. 108 pp.
- Gómez, L. (2005). Curso de cereales menores y granos nativos. Universidad Nacional Agraria La Molina-Facultad de Agronomía. Lima, Perú.
- Gómez, R., Ordiola, M., Manrique, K., Julca, P. y Tapia, M. (2008). Papas nativas del Perú: Catalogo de variedades y usos gastronómicos. Lima, Perú. 117 pp.
- Hack, H., H. Gall, Th. Klemke, R. Kloce, U. Meyer, R. Stauss, and A. Witzemberger (1993). Phänologische Entwicklungsstadien der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala mit Abbildungen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 45:11-19.
- Hargreaves, G.H. y Samani, Z.A. (1985). Reference crop evapotranspiration from

temperature. *Applied Eng. in Agric.*, 1 (2): 96-99.

- Haverkort, A. J. (1982). Manejo del agua en la producción de papa. *Boletín de Información Técnica* 15. Centro Internacional de la Papa-CIP. 22 pp.
- Huamán, A. (2001). Efecto de la fertilización nitrogenada y sistemas de cultivo en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.) var. Remate en condiciones de costa central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 113 pp.
- Huanco, V. (1991). Potencial de las papas amargas en el altiplano de Perú. INIAA-Puno. Mesa Redonda: Perú-Bolivia. La papa amarga. La Paz, Bolivia. pp. 25-26.
- Huerta, A. (1987). El sistema de cultivo de papa en las comunidades altoandinas de Yauyos. Ponencia presentada en el Seminario: Sistemas agrarios. En: *Políticas agrarias y estrategias campesinas en la cuenca de Cañete*. Lima, Perú. pp. 129-159.
- INEI. (1994). III Censo Nacional Agropecuario 1994. Cuadros Estadísticos. Lima, Perú. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/bcoCuadros/IIICenagro.htm> (Fecha de consulta: Abril 2016).
- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Base de Datos RETADAM. Lima, Perú. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/> (Fecha de consulta: Abril 2016).
- INEI. (2016). Sistema de Consulta de Códigos Estandarizados. Ubigeo. Lima, Perú. Disponible en: <http://webinei.inei.gob.pe:8080/sisconcode/publico.htm#> (Fecha de consulta: Abril 2016).
- INIPA-GTZ. (1983). Producción y 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.
- FAO. (2006a). World Referente Base For Soil Resources. A framework for international classification, correlation and communication.
- James, L. (1988). Principles of farn irrigation sustem desing. John Wiley and Sons, Inc. USA. 543 pp.
- 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. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú.
- Lancashire, P.D., H. Bleiholder, P. Langeluddecke, R. Stauss, T. van den Boom, E. Weber; A. Witzgen-Berger (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. Appl. Biol.* 119 (3): 561-601.

- Ledesma, M. (2000). Climatología y meteorología agrícola. Editorial Paraninfo. 451 pp.
- Lesur, L. (2005). Manual del cultivo de maíz: Una guía paso a paso. Editorial Trillas. Primera edición. México. 80 pp.
- Llacsá, J. (2008). Conservación de los suelos y diversidad: El caso de los Mañay en Pitumarca. Revista de Agroecología-LEISA. pp. 32-354.
- Loayza, D. (1993). Evaluación de dos tipos de mulch en los regímenes de humedad, temperatura del suelo y el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Tomasa Condemayta. Tesis para optar el título de Ingeniero Meteorólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. Lima, Perú. 84 pp.
- López, C., Egúsqüiza, R. y Villagómez, V. (1980). Cultivo de la papa. CENCIRA. Lima, Perú. 196 pp.
- López, C. (1990). Determinación del uso consuntivo para cuatro cultivos en el Proyecto Majes- Arequipa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 61 pp.
- López, L. (1991). Cereales. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. Vol. (1): 307-394.
- Manrique, A. (1997). El maíz en el Perú. CONCYTEC. Segunda edición. Lima, Perú. 343 pp.
- Medina, L. (1992). Ensayo comparativo de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) con distintas modalidades y densidades de siembra en condiciones de costa central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 94 pp.
- Menacho, E. (1992). Pronóstico de temperatura y precipitación y elaboración del calendario agrícola para Huayao-Huancayo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de Ing. Meteorólogo. Lima, Perú.
- Mendoza, A. (2007). Papa industrial en los valles interandinos. INCAGRO-IDESI. Manual técnico. Huánuco, Perú. 31 pp.
- MINAG. (2012). Maíz amiláceo: Principales aspectos de la cadena agroproductiva. DGCA-DIA. Lima, Perú. 38 pp.
- MINAGRI. (2016). Sistema Integrado de Estadística Agraria: superficie sembrada, cosechada, afectada, perdida, rendimiento y producción. Dirección de Estadística Agraria. Lima, Perú.
- Midmore, D. (1988). Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de Investigación N° 24. CIP. Lima, Perú. 16 pp.
- MISTI. (2001). Buena cosecha: Consideraciones generales en la fertilización del cultivo

de papa. Departamento Técnico-Corporación Misti. Lima, Perú. 12 pp.

- Molina, J., Mairena, B. y Nicaragua, K. (2004). Guía MIP en el cultivo de papa. INTA. Primera edición. Managua, Nicaragua. 60 pp.
- Montaldo, A. (1984). Cultivo y mejoramiento de la papa. IICA. San José, Costa Rica. 676 pp.
- Ochoa, C. (2001). Las papas de Sudamérica: Bolivia. IFEA-COSUDE-CIP. Primera edición. La Paz, Bolivia. 535 pp.
- Ochoa, A. (2009). Influencia de la temperatura y precipitación en el cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) cv San Gerónimo y Blanco Urubamba en el valle del Mantaro. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Agronomía. Huancayo, Perú. 73 pp.
- Paredes, A. (1982). Evaluación de 3 grupos de arveja (*Pisum sativum* L.) para grano verde y seco en la costa central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 90 pp.
- Parsons, D. (1987). Chíncharo. Área: producción vegetal, 12. Manuales para educación agropecuaria. Editorial Trillas. 112 pp.
- Perales, A. (2011). Manejo de suelos en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.) para una agricultura sustentable. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 198 pp.
- Prats, J. y Grandcourt, M. (1969). Los Cereales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 351 pp.
- Puertas, F. (2002). Interacción entre la fertilización nitrógeno fosfatada y la densidad de siembra en el rendimiento y calidad choclera del maíz (*Zea mays* L.) cv San Gerónimo en el valle del Mantaro. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post Grado. Especialidad de Producción Agrícola Lima, Perú. 62 pp.
- Quevedo, K. y Sánchez, K. (2009). Comparación entre dos métodos de interpolación para la estimación de la temperatura del aire aplicando técnicas geoestadísticas. Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA (1), 90-107.
- Rojas, G. (1999). Efecto de la fertirrigación N-P-K en cuatro cultivares de arveja china (*Pisum sativum* var. *saccharatum*) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 102 pp.
- Rojo, W. (2006). CropKit: Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad papa. SQM. The Worldwide Business Formula. Santiago, Chile. 87 pp.
- Ruiz, J., Medina, G., Gonzales, I., Ortiz, C., Flores, H., Martínez, R. y Byerly, K. (1999).

Requerimientos agroecológicos de cultivos. INIFAP. México. pp. 74-178.

- Salinas, E. (2010). Aptitud agrícola en el Corredor Mantaro. FOVIDA.
- Santibáñez, F. (1994). Crop requirements: Temperate crops. In: Handbook of agricultural meteorology. J. F. Griffiths (Ed). Oxford Univ. Press. New York., USA. pp. 174-18.
- Schrooder, R. (1966). Algunas ideas sobre la preparación de un mapa de distribución anual de la precipitación en el Perú. En boletín del Centro de Estudios Meteorológicos del Perú. 9 (1). Junio 1966. p. 3.
- Sedano, R. (2008). Potencial de desarrollo en la Sierra Peruana. Ponencia presentada en el Congreso de la papa. Huancayo. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/congreso-de-la-papa/congreso-de-la-papa/2.html> (Fecha de consulta: Mayo 2016).
- SENAMHI. (2013). Atlas climático en la cuenca del Rio Urubamba-Proyecciones para el 2030. Proyecto Acelerado del Retroceso Acelerado de los Andes Tropicales- PRAA. Lima, Perú. 166 pp.
- SENAMHI (2016a). Caracterización Hidrológica del Distrito de Pampas y Santiago de Tucuma. Subdirección de Estudios e Investigaciones Hidrológicas. Lima, Perú. 282 pp.
- SENAMHI (2016b). Sistema fenológico de cultivos-FenoSys.
- Smith, O. (1977). Potatoes: production, storing, processing. 2nd. Edition The Avi. Publ. Co. West Port. Connecticut. 776 pp.
- Stewart, B.A y Nielsen, D.R. (1990). Irrigation of agricultural crops. ASA, CSSA, SSSA Publishers. Monograph N° 30. Madison, Wisconsin, USA. 2118 pp.
- Tapia, M. y Fries, R. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO-ANPE. Lima, Perú. 209 pp.
- Thornthwaite, C.W. y Mather, J.R. (1957). Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publication in Climatology. Vol. (10): 185-311.
- Torres, R. (2011). Comunicación personal. Especialista del PNIA en raíces y tuberosas. INIA-EEA Santa Ana. Huancayo, Perú.
- Valadez, L. (1992). Producción de hortalizas. Editorial Limusa. México. 298 pp.
- Valdez, A. (1977). Adaptación y requerimientos ambientales del maíz. I Curso de maíz amiláceo en la sierra. Lima, Perú. pp. 48-53.
- Valdiviezo, L. y Montoya, R. (1985). Estudios básicos para el programa de control biológico en maíz en el Callejón de Huaylas. IICA Perú-INIPA. Publicación miscelánea N° 619. Lima, Perú. 33 pp.

- Van Dam, J., Kooman, P.L. and Struik, P.C. (1996). Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato research*. Vol. (39): 51-62.
- Weber, E. and H. Bleiholder (1990). Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Maíz, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse-mit Abbildungen. *Gesunde Pflanzen* 42: 308-321.
- Wells, N. (2003). Documentation of the original and self-calibrating Palmer Drought Severity Index used in the Nat. Agr. Decision Support System. University of Nebraska, Lincoln. USA.
- Wilhite, D. A. and Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International* 10: 111-120.
- Yuste, P. (1997). *Horticultura*. In: *Biblioteca de la agricultura*. Idea Books. Barcelona, España. pp: 531-768.