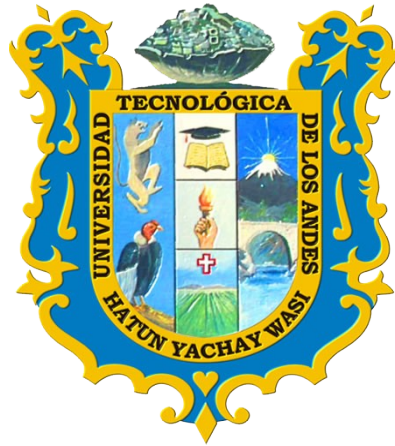


**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional de Agronomía**



**TESIS**

“Resiliencia de cultivos agrícolas al cambio climático de la Microcuenca

Silcon, Circa – Abancay – 2021”

Presentado por:

**MARISOL SARMIENTO DELGADO**

Para optar el título Profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Abancay - Apurímac – Perú**

**2023**

## **Tesis**

---

“Resiliencia de cultivos agrícolas al cambio climático de la Microcuenca Silcon, Circa –  
Abancay – 2021”

---

### **Linea de investigación**

Agricultura y ambiente

### **Asesor**

Ing. Rosa Eufemia Marrufo Montoya



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

“RESILIENCIA DE CULTIVOS AGRÍCOLAS AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA  
MICROCUENCA SILCON, CIRCA – ABANCAY – 2021”

Presentado por **MARISOL SARMIENTO DELGADO**, Para optar el Título  
profesional de: **Ingeniero Agrónomo**

Sustentado y aprobado el 15 de mayo del 2023. ante el jurado:

**Presidente** : Dr. Ely Jesús Acosta Valer

**Primer Miembro** : Mg. Sc. Sandra Creceida Caballero Ramírez

**Segundo Miembro** : Dr. Jhon Huillca Quispe

**Asesor** : Ing. Rosa Eufemia Marrufo Montoya

## PAGINA DE PORCENTAJE

### TESIS - MARISOL SARMIENTO DELGADO

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="http://repositorio.utea.edu.pe">repositorio.utea.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://archive.org">archive.org</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://repository.ucatolica.edu.co">repository.ucatolica.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	

## DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a nuestro padre celestial, que siempre sentí en mi vida, con sus bendiciones y protección; a mi querida madre, por su infinito amor y ejemplo de fortaleza y perseverancia.

A mi padre en el cielo (†) por que vive en cada uno de mis hermanos, por haber sido mi inspiración para estudiar esta noble carrera, quien fue en más de una vez mi mentor, la voz de mi conciencia y la razón.

A mi amada hija, que es el motor para que día a día me esmere en ser una mejor persona, mamá y profesional.

**Marisol**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Tecnológica de los Andes a la Escuela Profesional de Agronomía

A mi asesora Ing. Rosa Eufemia Marrufo Montoya por su contribución en la ejecución del presente documento de tesis.

A los docentes quienes fueron los que me inculcaron los conocimientos teórico – prácticos para mi formación profesional.

**Marisol**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pag.
<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
<b>POSPORTADA</b> .....	<b>ii</b>
<b>PÁGINAS PRELIMINARES</b>	
<b>PAGINA DE JURADO</b> .....	<b>iii</b>
PAGINA DE PORCENTAJE.....	iv
METADATOS COMPLEMENTARIOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
ACRÓNIMOS.....	xviii
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>

### CAPÍTULO I

#### PLAN DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2. Identificación y formulación del problema.....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Justificación de la investigación.....	5
1.4. Objetivos de la investigación.....	6

1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Delimitación de la investigación.....	6
1.5.1. Espacial.....	6
1.5.2. Temporal.....	8
1.5.3. Social.....	8
1.5.4. Conceptual.....	9
1.6. Viabilidad de la investigación.....	9
1.7. Limitaciones de la investigación.....	9

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.1.1. A nivel internacional.....	10
2.1.2. A nivel nacional.....	15
2.1.3. A nivel regional o local.....	19
2.2. Bases teóricas.....	21
2.2.1. Resiliencia.....	21
2.2.2. Resiliencia de los sistemas productivos.....	22
2.2.3. Estrategias para incrementar la resiliencia de agroecosistemas.....	24
2.2.4. Agricultura.....	26
2.2.4.1. Producción de principales cultivos agrícolas en la microcuenca Silcon.....	26
2.2.4.2. Rendimiento de la producción.....	28
2.2.5. Clima.....	29
2.2.5.1. Cambio climático.....	30
2.2.5.2. Cambio climático en la agricultura.....	32



2.2.6. Cuenca hidrográfica.....	34
2.2.6.1. Clasificación de cuencas hidrográficas.....	35
2.3. Marco conceptual.....	36

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Hipótesis.....	39
3.1.1. Hipótesis General.....	39
3.1.2. Hipótesis específicos.....	39
3.2. Método.....	40
3.3. Tipo de investigación.....	41
3.4. Nivel o alcance de investigación.....	42
3.5. Diseño de investigación.....	42
3.6. Operacionalización de variables.....	44
3.7. Población, muestra y muestreo.....	46
3.7.1. Población.....	46
3.7.2. Muestra.....	46
3.7.3. Muestreo.....	47
3.8. Técnicas e instrumentos.....	47
3.8.1. Técnicas.....	47
3.8.2. Instrumentos.....	47
3.9. Consideraciones éticas.....	55
3.10. Procesamiento de estadísticos.....	56

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

4.1. Resultados.....	58
----------------------	----

4.1.1. Resiliencia de los sistemas productivos ante el cambio climático, considerando aspectos de prácticas de manejo de aguas, manejo de suelos y prácticas culturales y sociales de la microcuenca Silcon.....	58
4.1.1.1. Prácticas de manejo de agua.....	58
4.1.1.2. Prácticas de manejo de suelos y cultivos.....	60
4.1.1.3. Prácticas culturales y sociales.....	64
4.1.1.4. Causas y efectos del cambio climático en los sistemas productivos.....	67
4.1.2. Producción de los principales cultivos en la microcuenca Silcon y rendimientos nacionales.....	70
4.1.2.1. Producción de gramíneas.....	70
4.1.2.2. Producción de leguminosas.....	76
4.1.2.3. Producción de tubérculos.....	80
4.1.2.4. Producción de frutas.....	84
4.1.3. Variabilidad del clima en la microcuenca Silcon, periodo 1981 – 2020.	89
4.1.3.1. Precipitación.....	91
4.1.3.2. Temperatura, periodo 1999 – 2020.....	93
97	
4.1.3.3. Pérdida económica de los principales cultivos de la microcuenca Silcon respecto a los cultivos nacionales.....	97
4.2. Discusión de resultados.....	101
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>110</b>
<b>ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....</b>	<b>111</b>
Recursos.....	111
Instrumentos.....	111
Cronograma de actividades.....	111

Presupuesto y financiamiento.....	113
Presupuesto.....	113
Financiamiento.....	113
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>124</b>
A) Matriz de consistencia.....	124
B) Instrumento de recolección de información.....	126
C) Base de datos.....	141
D) Validez de instrumentos.....	143
E) Evidencias de trabajo de campo.....	151
F) Consentimiento informado y constancia de ejecución.....	158

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales cultivos por orden de importancia en Apurímac.....	27
Tabla 2: Rendimientos de los principales cultivos a nivel regional y nacional.....	29
Tabla 3: Operacionalización de variables.....	44
Tabla 4: Población y muestra.....	47
Tabla 5: Ecuación con factores de influencia según estaciones base.....	51
Tabla 6: Validez del instrumento y coeficiente V de Aiken para la variable resiliencia de cultivos agrícolas.....	53
Tabla 7: Prueba de confiabilidad de la variable resiliencia de los principales cultivos agrícolas.....	54
Tabla 8: Prueba de normalidad de datos de la variable resiliencia según componentes y percepción del cambio climático.....	56
Tabla 9: Escala de los niveles de resiliencia de los sistemas productivos.....	59
Tabla 10: Resiliencia de sistemas productivos en el componente de prácticas de manejo de agua.....	59
Tabla 11: Resiliencia de sistemas productivos en el componente de manejo de suelos y cultivos en la microcuenca Silcon.....	62
Tabla 12: Resiliencia de sistemas productivos en el componente de prácticas culturales y sociales en las familias de la microcuenca Silcon.....	65
Tabla 13: Percepción de las causas y efectos del cambio climático en los sistemas productivos en las localidades de la microcuenca Silcon.....	68
Tabla 14: Producción de gramíneas en la microcuenca Silcon.....	71
Tabla 15: Estacionalidad de la producción de gramíneas en la microcuenca Silcon .....	75
Tabla 16: Producción de leguminosas en la microcuenca Silcon.....	76
Tabla 17: Estacionalidad de la producción de leguminosas en la microcuenca Silcon.....	80
Tabla 18: Producción de tubérculos en la microcuenca Silcon.....	81

Tabla 19: Estacionalidad de la producción de tubérculos en la microcuenca Silcon .....	84
Tabla 20: Producción de frutales en la microcuenca Silcon.....	84
Tabla 21: Estacionalidad de la producción de frutales en la microcuenca Silcon. .	88
Tabla 22: Ubicación de estaciones meteorológicas en la región Apurímac.....	89
Tabla 23: Porcentaje de pérdidas de los principales cultivos de la microcuenca Silcon.....	97
Tabla 24: Cronograma de las actividades realizadas en la investigación.....	111
Tabla 25: Presupuesto de la investigación.....	112
Tabla 26: Matriz de consistencia.....	123
Tabla 27: Registro de datos de precipitación de la estación meteorológica de Abancay.....	126
Tabla 28: Registro de datos de precipitación de la estación meteorológica de Andahuaylas.....	127
Tabla 29: Registro de datos de precipitación de la estación meteorológica de Antabamba.....	128
Tabla 30: Registro de datos de precipitación de la estación meteorológica de Aymaraes.....	129
Tabla 31: Registro de datos de precipitación de la estación meteorológica de Curahuasi.....	130
Tabla 32: Registro de datos de precipitación de la estación meteorológica de Huancabamba.....	131
Tabla 33: Ecuación con factores de influencia para la regionalización de la precipitación en la microcuenca Silcon.....	132
Tabla 34: Registro de datos de precipitación generado de la microcuenca Silcon .....	133
Tabla 35: Registro de datos de temperatura mínima de la estación meteorológica Abancay.....	134

Tabla 36: Registro de datos de temperatura máxima de la estación meteorológica Abancay.....	135
Tabla 37: Registro de datos de temperatura media de la estación meteorológica Abancay.....	136
Tabla 38: Instrumento de recolección de datos de la variable resiliencia de cultivos agrícola.....	137
Tabla 39: Base de datos para procesar.....	141

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la microcuenca Silcon.....	7
Figura 2: Factores ecológicos a nivel de paisaje, diversidad vegetal y calidad del suelo que condicionan la resiliencia de un sistema.....	25
Figura 3: Cuenca del punto P.....	34
Figura 4: Clasificación de cuencas hidrográficas.....	35
Figura 5: Histograma de frecuencia de la producción de gramíneas en la microcuenca Silcon.....	72
Figura 6: Distribución de la producción de gramíneas según altitud.....	74
Figura 7: Histograma de frecuencia de la producción de leguminosas en la microcuenca Silcon.....	78
Figura 8: Distribución de áreas de producción de leguminosas en la microcuenca Silcon.....	79
Figura 9: Histograma de frecuencia de la producción de tubérculos en la microcuenca Silcon.....	82
Figura 10: Distribución de área de la producción de tubérculos en la microcuenca Silcon.....	83
Figura 11: Histograma de frecuencia de la producción de frutales en la microcuenca Silcon.....	85
Figura 12: Distribución de áreas de la producción de frutales en la microcuenca Silcon.....	87
Figura 13: Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas en Apurímac....	89
Figura 14: Histograma de precipitación mensual de la microcuenca Silcon, periodo 1981 a 2021 (mm).....	90
Figura 15: Perfil histograma de la precipitación mensual (mm) en la microcuenca Silcon, promedio de 40 años.....	91
Figura 16: Histograma de la variación de temperatura mínima en la microcuenca Silcon, periodo 1981 – 2021.....	93

Figura 17: Histograma de la variación de la temperatura máxima en la microcuena Silcon, periodo 1981 – 2021.....	94
Figura 18: Histograma de la variación de la temperatura media en la microcuena Silcon, periodo 1981 – 2021.....	95
Figura 19: Perfil histograma del promedio de 10 años de temperatura media en la microcuena Silcon.....	96
Figura 20: Porcentaje de pérdida de los principales cultivos de la microcuena Silcon.....	99
Figura 21: Validez de instrumento mediante juicio de expertos.....	143
Figura 22: Identificación de cultivos transitorios, permanentes y barbecho en la microcuena Silcon, Junio 2021.....	151
Figura 23: Pobladora entrevistada - Comunidad de Yaca.....	151
Figura 24: Poblador entrevistado - Comunidad de Ocobamba.....	152
Figura 25: Poblador con buenas practicas de elaboración de abonos orgánicos (biol).....	152
Figura 26: Pobladora entrevistada – Comunidad de Ocobamba.....	153
Figura 27: Poblador entrevistado – Distrito de Circa.....	153
Figura 28: f) Pobladora del distrito de Circa, utilizando bosta seca como combustible para mitigar la deforestación.....	154
Figura 29: g) Hortalizas instaladas al costado de cercos, para mitigar la evapotranspiración.....	154
Figura 30: Cuestionario de recolección de datos.....	155
Figura 31: Consentimiento y asentimiento informado.....	158
Figura 32: Constancia de ejecución de la investigación.....	159



## ACRÓNIMOS

UTM	: Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator
PEACC_SLP	: Programa estatal de acción ante el cambio climático – San Luis de Potosí
IGRct	: Índice general de resiliencia a ciclones tropicales
SENAMHI	: Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú
IDMA	: Instituto de desarrollo y medio ambiente
ALIADOS	: Apoyo a las alianzas rurales productivas en la sierra del Perú
DIA	: Dirección de información agraria
GRA	: Gobierno regional de Apurímac
IPCC	: Panel intergubernamental de cambio climático
PACC	: Programa ante el cambio climático
MINAG	: Ministerio de agricultura
FAO	: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura
NDVI	: Índice de vegetación normalizada por sus siglas en inglés (Normalized Difference Vegetation Index)
GPS	: Sistema de posicionamiento global
UTEA	: Universidad tecnológica de los andes
CU	: Consejo universitario
APA	: Asociación americana de Psicología
MINAGRI	: Ministerio de agricultura y riego
DRONE DJI MATRICE	: Vehículo aéreo no tripulado, controlado de manera remota o autónoma utilizando tecnología de navegación y sensores.

RGB : Intensidad de colores rojo, verde y azul (en inglés, Red, Green, Blue) cuyos valores son de 0 hasta 255, donde cero (0) corresponde a la ausencia del color y 255 corresponde a la intensidad de color máximo.

VBP : valor bruto de la producción por hectárea, obtenido como el producto del rendimiento por hectárea y el precio del producto.

## RESUMEN

Se determinó el nivel de resiliencia de los principales cultivos ante el cambio climático en la microcuenca Silcon de la región Apurímac, utilizando la metodología del sistema de semáforos se evaluó el manejo de agua, manejo de suelos y cultivos, prácticas sociales culturales y la percepción del cambio climático. La data fue obtenida de 69 familias en total, 22 familias en la comunidad de Yaca, 25 en la comunidad de Ocobamba y 22 en Circa. Se utilizó como instrumento el cuestionario, a través de la encuesta. Adicionalmente, se regionalizó la precipitación y temperatura a partir de una serie histórica de 40 años de las estaciones meteorológicas existentes en Apurímac. Las variables estudiadas fueron cambio climático, resiliencia y producción de los principales cultivos, los resultados muestran que los cultivos de importancia son el maíz con rendimiento entre 0.97 a 1.29 t/ha y una producción de hasta 140 t, la cebada con rendimiento de 1.06 t/ha, el trigo con 0.92 t/ha, haba grano verde con rendimientos de hasta 3.14 t/ha, arveja grano verde con rendimientos entre 2.46 t/ha a 3.21 t/ha, papa y olluco con rendimientos entre 4.13 t/ha a 11.54 t/ha y de 5.41 t/ha a 6.64 t/ha respectivamente, el nivel de resiliencia en el manejo del agua es bajo, en el manejo del suelo y cultivos es alto y en las prácticas sociales culturales es medio. La precipitación registró una disminución de 0.0138 mm/año en un horizonte de 40 años, y la temperatura aumentó en 0.0005 °C en 21 años.

**Palabras clave:** Resiliencia, cambio climático, cultivos agrícolas, microcuenca.

## ABSTRACT

The level of resilience of the main crops to climate change in the Silcon micro watershed in the Apurimac region was determined using the traffic light system methodology to evaluate water management, soil and crop management, social and cultural practices and the perception of climate change. The data was obtained from 69 families in total, 22 families in the community of Yaca, 25 in the community of Ocobamba and 22 in Circa. A questionnaire was used as an instrument through a survey. In addition, precipitation and temperature were regionalized based on a 40-year historical series of meteorological stations in Apurimac. The variables studied were climate change, resilience and production of the main crops, the results show that the most important crops are maize with yields between 0.97 to 1.29 t/ha and a production of up to 140 t, barley with yields of 1.06 t/ha, wheat with 0.92 t/ha, green beans with yields of up to 3.14 t/ha, green grain peas with yields between 2.46 t/ha to 3.21 t/ha, potato and olluco with yields between 4.13 t/ha to 11.54 t/ha and 5.41 t/ha to 6.64 t/ha respectively, the level of resilience in water management is low, in soil and crop management is high and in social cultural practices is medium. Precipitation registered a decrease of 0.0138 mm/year over a 40 year horizon, and temperature increased by 0.0005 °C in 21 years.

**Keywords:** Resilience, climate change, agricultural crops, micro-watershed..

## INTRODUCCIÓN

Es una realidad que el calentamiento global está cambiando los patrones meteorológicos de todo el mundo por lo que los agricultores de la Microcuenca Silcon están adoptando nuevos hábitos y costumbres de manejo agronómico, puesto que la agricultura es una de las actividades económicas del hombre extremadamente vulnerable al cambio climático.

El aumento en el promedio de la temperatura ambiente en la región de Apurímac, está provocando una disminución en la producción de los cultivos que tradicionalmente las familias venían produciendo, a la vez que está provocando la aparición de plagas y malezas que no son nativas.

Los cambios en los regímenes de lluvias como consecuencia de éstos cambios climáticos, aumentan las probabilidades de no obtener las cosechas rentables a corto plazo y de la reducción de la producción a largo plazo y aunque algunos cultivos en ciertas zonas de la microcuenca Silcon pudiera ser beneficiada, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura en dichas zonas, amenazando así la seguridad alimentaria de los habitantes y agricultores que viven de esta noble actividad, sin embargo, los productores persisten con sus cultivos tradicionales pese a este fenómeno de cambio climático, por lo que es importante caracterizar la forma en que estos productores están resilientes a los efectos de dicho cambio climático.

Este trabajo está organizado sistemáticamente en cinco capítulos donde se aborda el problema de investigación, describiendo la problemática, las preguntas de investigación general y específicos. Los objetivos y las hipótesis de investigación están relacionadas a la formulación del problema y guían los resultados a alcanzar, la metodología adoptada fue de enfoque cuantitativo, la

recolección de datos para estimar la resiliencia de los principales cultivos fue mediante la aplicación de cuestionario, para estimar las área de cultivo se utilizó la técnica de fotogrametría y corresponden al año 2021, para la estimación de las variables de clima, se utilizó el método de regionalización mediante la regresión lineal a partir de cuarenta años de registro de datos de precipitación y temperatura disponibles en las estaciones meteorológicas de la región Apurímac.

El marco teórico respalda la metodología de utilizada y permite adoptar la posición que a medida que las variables de clima cambian, las prácticas agronómicas en los principales cultivos también cambian y se adaptan, siendo las familias resilientes.

## **CAPÍTULO I**

### **PLAN DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Los agricultores de los andes peruanos en general, aún mantienen una agricultura tradicional utilizando abonos orgánicos obtenido del estiércol de los animales de crianza propia, sin embargo ésta actividad que tradicionalmente se venía desarrollando por nuestros ancestros y heredados por los hijos, luego por los hijos de los hijos y así de generación en generación, está siendo modificada paulatinamente por los actores de la agricultura de las comunidades campesinas que a pesar de los eventos extremos (sequias, lluvias intensas, granizadas, vientos huracanados y heladas) generados por el cambio climático siguen produciendo alimentos y otros servicios ecosistémicos para la familia, en tal sentido es necesario conocer y documentar la resiliencia de los agricultores de la Microcuenca Silcon en las comunidades de Circa, Ocobamba y Yaca ante la presencia del cambio climático y a la vez resaltar que la resiliencia social, es la habilidad de estos agricultores de generar una infraestructura social capaz de soportar cambios de origen externo, se está modificando con una clara relación entre resiliencia social y resiliencia agroecológica, particularmente en grupos o comunidades que dependen directamente de recursos ambientales para su

sobrevivencia, los cuales se constituyen en estrategias de adaptación frente al cambio climático.

Los pequeños productores agrícolas de las comunidades de Circa, Ocobamba y Yaca forman parte de los grupos más vulnerables ante los efectos del cambio climático, ya que dependen de la agricultura para sus actividades económicas y de consumo. En tales poblaciones el peligro de sufrir grandes daños y modificaciones en sus formas de vida por efectos del cambio climático es particularmente significativa, ya que afecta directamente a su economía y su sobrevivencia, sin embargo éstas familias aún mantienen en cierta medida una agricultura tradicional aun con una reducción en el rendimiento de sus cultivos cambiando algunas veces los periodos y regímenes de siembra, riego, cosecha, almacenamiento y manejo de sus cultivos y productos.

## **1.2. Identificación y formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la resiliencia de los cultivos agrícolas al cambio climático considerando aspectos de prácticas de manejo de aguas, manejo de suelos y prácticas culturales y sociales de la microcuenca Silcon, Circa Abancay 2021?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la producción de los principales cultivos agrícolas en la microcuenca Silcon, Circa Abancay respecto al promedio de los rendimientos nacionales?
- ¿Cuál es la variabilidad del clima en base a datos meteorológicos en la microcuenca Silcon, Circa Abancay durante el periodo 1981 – 2021?



- ¿Cuáles son las pérdidas económicas en los principales cultivos agrícolas de la microcuenca Silcon, respecto a los rendimientos nacionales?

### **1.3. Justificación de la investigación**

El presente trabajo de investigación está orientada a la difusión y promoción de las estrategias de resiliencia ecológica y social que se practican en sistemas productivos tradicionales de la Microcuenca Silcon, los cuales están constituidos en prácticas y técnicas agrícolas basadas en el aprovechamiento de los recursos locales, así mismo en generar un marco conceptual y metodológico para poder descifrar los principios y mecanismos claves que explican la resiliencia de los sistemas tradicionales diversificados, de manera que estos puedan ser transmitidos a otros agricultores en cada región para que mejoren la capacidad de resiliencia tradicional.

Es de mucha importancia rescatar los conocimientos adquiridos por los agricultores de las comunidades de Circa, Ocobamba y Yaca, ya que se trata de conocimientos adoptados desde la experiencia y la cosmovisión andina para luego poner esa información a disposición de otros agricultores del país para reducir el impacto generado por el cambio climático que se viene suscitando a nivel mundial.

El cambio climático representa una importante amenaza para la producción agropecuaria en las comunidades de Circa, Ocobamba y Yaca, frente a este hecho los agricultores han usado sus conocimientos ecológicos y estrategias locales en sus sistemas de producción para enfrentar, adaptarse y reorganizarse de acuerdo con la incertidumbre y riesgos climáticos, que

siempre han sido un hecho de vida, sin embargo, el cambio climático viene presionando más allá de su rango de adaptabilidad.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la resiliencia de cultivos agrícolas al cambio climático considerando aspectos de prácticas de manejo de aguas, manejo de suelos y prácticas culturales y sociales de la microcuenca Silcon, Circa Abancay 2021.

##### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la producción de los principales cultivos agrícolas en la microcuenca Silcon, Circa Abancay y comparar su rendimiento con los promedios nacionales.
- Determinar la variabilidad del clima en base a datos meteorológicos en la microcuenca Silcon, Circa Abancay durante el periodo 1981 – 2021.
- Determinar las pérdidas económicas en los principales cultivos agrícolas de la microcuenca Silcon, respecto a los rendimientos nacionales

#### **1.5. Delimitación de la investigación**

##### **1.5.1. Espacial**

La investigación se realizó en la microcuenca Silcon y abarca las comunidades de Yaca, Ocobamba y Circa.

##### **Ubicación política**

País : Perú

Región : Apurímac

Provincia : Abancay

Distrito : Circa

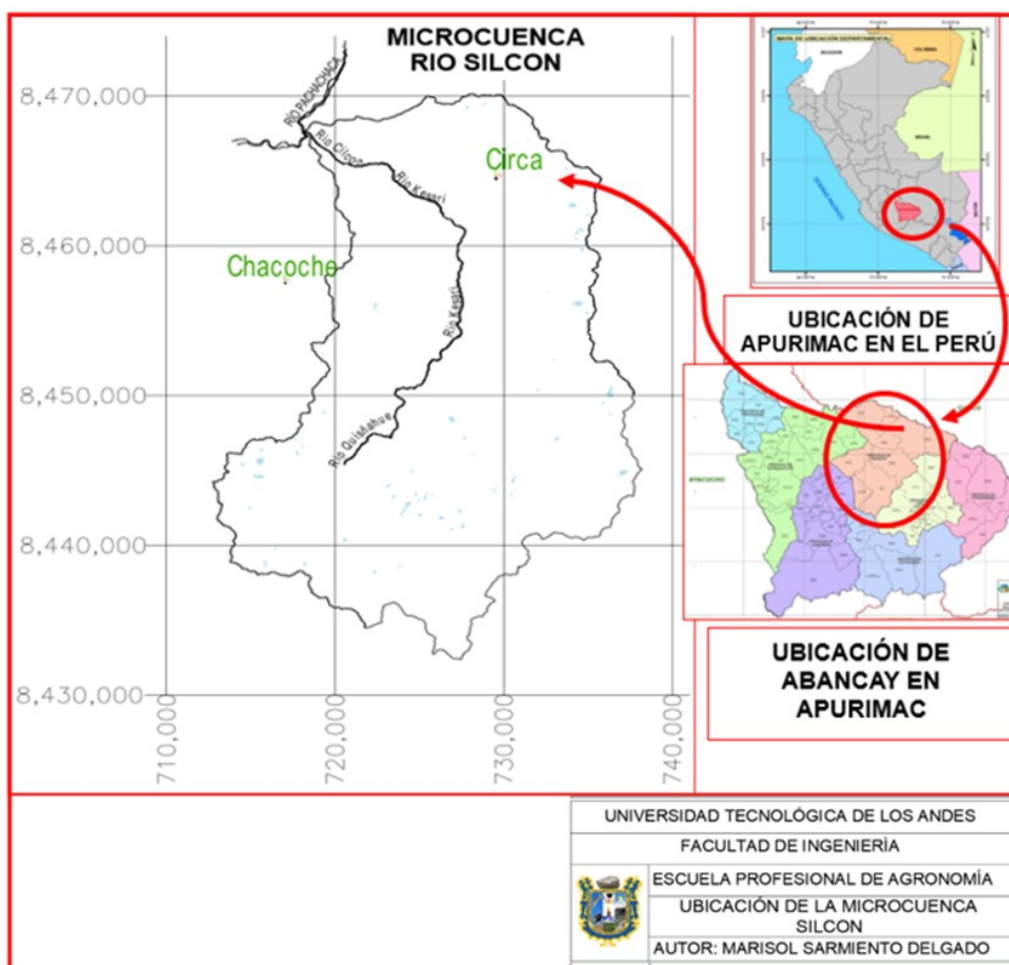
Sector : Circa, Ocobamba y Yaca

### **Ubicación geográfica**

Se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM 720000, 8450000, 3191 como se muestra en la figura 1.

Figura 1:

Ubicación de la microcuenca Silcon



Fuente: Elaboración propia en base a mapa geofísico nacional

### **Ubicación hidrográfica**

Tomando en cuenta la clasificación de Aparicio (1992) la ubicación hidrográfica de microcuenca Silcon es como sigue:

Cuenca : Pachachaca

Sub cuenca : Río Silcon

Micro cuenca : Cilcon

### **1.5.2. Temporal**

La delimitación temporal para la colecta de datos fue la siguiente:

Para la variable de resiliencia de los principales cultivos corresponde al periodo de la campaña agrícola 2021 el cual se ha desarrollado entre los meses de junio del 2020 a junio del 2021.

Para la regionalización de la precipitación anual, se ha estimado con base a datos disponibles de las estaciones meteorológicas de la región Apurímac de 1981 al 2021. Para la temperatura, se consideró datos disponibles desde el año 1999 al 2020 a partir del cual, se realizó la regionalización para los periodos 1981 a 2021.

El tiempo de desarrollo de la tesis fue desde el mes de marzo del 2021 a diciembre del 2022 como se señala en la tabla 24.

### **1.5.3. Social**

El grupo social que conformó la investigación estuvo constituido por los jefes de familia de las comunidades de Circa, Ocobamba y Yaca, los resultados de la investigación pueden ser inferidos para la población de la Región Apurímac cuya característica común es la práctica de la agricultura familiar entre los pisos ecológicos de 2000 a 4500 msnm. Las prácticas agrícolas que conducen a la resiliencia de los principales cultivos pueden extenderse para beneficiar a la población de agricultores a nivel nacional entre los pisos ecológicos señalados.

#### **1.5.4. Conceptual**

Conceptualmente la investigación está delimitada a las variables de producción y resiliencia de los principales cultivos frente al cambio climático de la microcuenca Silcon. Los principales cultivos están agrupados en tubérculos, gramíneas, leguminosas y frutales y adoptan un nivel de resiliencia debido a las prácticas de manejo de suelos, agua y prácticas culturales y sociales que practican las familias de las comunidades de Circa, Ocobamba y Yaca. La información bibliográfica fue obtenida de artículos científicos, tesis y libros de las diferentes bases de datos y repositorios institucionales de las universidades a nivel nacional e internacional.

#### **1.6. Viabilidad de la investigación**

La investigación fue viable debido a la disponibilidad de recursos entre ellos, humanos, materiales, información y de financiamiento. El método de investigación adoptado, permitió evaluar las variables en estudio y la contrastación de la hipótesis y alcanzar los objetivos propuestos.

#### **1.7. Limitaciones de la investigación**

Entre las limitaciones encontradas se puede mencionar la desconfianza ante la entrevista, la ausencia de las familias en horas de la mañana, por motivos de atender labores en la unidad agropecuaria.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. A nivel internacional**

**Chávez et al. (2022)**, identificaron la percepción de los habitantes de comunidades de Huasteca potosina a los efectos negativos del cambio climático utilizando como metodología la comparación de datos del Programa Estatal de Acción ante el cambio climático (PEACC-SL) del periodo 2006- 2018 con datos de campo obtenidos mediante encuesta y entrevista estructurada a pobladores varones y mujeres entre 50 a 90 años. Como resultado reportan que la percepción de habitantes adultos de tres comunidades, coinciden con los cambios de temperatura y precipitación ocurridos en un periodo de 40 años, a su vez, los entrevistados señalan que el suelo, sería el factor responsable de los cambios del clima. La limitación del programa PEACC-SLP en sí mismo, es que no ofrece información sobre las estrategias de conciliación y mitigación que las familias utilizan para reducir su vulnerabilidad a pesar que los datos muestran cambios en las variables de temperatura y precipitación que afectan la vulnerabilidad de los ecosistemas y sus medios de vida.

**Vázquez (2021)**, evaluó la “resiliencia de sistemas de producción expuestos al huracán Irma en territorios de Cuba” mediante las variables del índice general de resiliencia a ciclones tropicales (IGRct) y el coeficiente de diseño y manejo agroecológico (CdmA). La metodología utilizada fue de enfoque cuantitativo y cualitativo a través de procesos participativos de prospección de campo para caracterizar su sistema de producción agroecológicos y asignar el valor de resiliencia de los cultivos agrícolas y su correspondiente índice de vulnerabilidad del sistema productivo. Como resultado reporta que los sistemas de producción agroecológica expresan distintos niveles de resiliencia y está relacionados con el diseño y el manejo de los sistemas de cultivos y especies pecuarias existentes y demás componentes de la unidad productiva, así los sistemas de producción se pueden clasificar en tres categorías: aquellos, con mayor capacidad de resistencia durante el evento, transformación permanente y manejo del sistema de agrobiodiversidad. Las plantas cultivadas resultaron ser más sensibles en el orden que sigue: “cultivos agrícolas anuales y temporales > cultivos agrícolas semipermanentes > frutales arbóreos > plantas herbáceas permanentes”. (p. 1)

**Olivera et al. (2021)**, menciona que Bolivia debido a su ubicación está altamente expuesta a eventos extremos de cambio climático, entre ellos la presencia de inundaciones y el aumento de la temperatura afectan a la población y su economía, los autores, determinaron zonas con mayor exposición a los cambios de la precipitación y temperatura, utilizando datos desde 1960 a 2016 y mediante el método de regresión

lineal, regionalizaron zonas con mayor exposición temporal a los cambios de clima. Los datos utilizados fueron trimestrales, obtenidos de “CRU TS4.01: Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) versión 4.01” con resolución espacial en grados de 0.5 X 0.5. Con dichos datos, los autores determinaron el aumento de la temperatura a lo largo del periodo evaluado, lo que permitió distinguir las zonas con variaciones de temperaturas “grandes, negativas y positivamente” cuyos efectos, se generan a nivel de la agricultura e infraestructura por la presencia de “inundaciones, tormentas, sequías y temperaturas extremas”. Los resultados, se espera que contribuyan a la implementación de políticas públicas y de investigación para disminuir el riesgo, la vulnerabilidad, la adaptación y resiliencia.

**Albiño (2019)**, “analizó diez sistemas de producción entre monocultivos y agroforestales con el objetivo de determinar qué tipo de sistema productivo presenta mejor resiliencia al cambio climático; para ello evaluó el rendimiento de cacao, la diversidad presente en el cultivo y el control de la infestación, luego mediante la correlación de Spearman determinó que el rendimiento de cacao depende en gran medida del cuidado que recibe el cultivo, mientras que la diversidad presente no es una variable que contribuya al incremento de rendimiento. La metodología utilizada fue de tipo semáforo que consiste en asignar un valor entre 0 al 5, 0 si tiene menor nivel de resiliencia y 5 máximo nivel de resiliencia. El autor concluyó que los sistemas agroforestales presentaron mayor resiliencia que los sistemas en monocultivo, siendo significativos los criterios de prácticas de



cultivo, prácticas de conservación del suelo y diversidad, el autor, recomienda potencializar aspectos claves como, el organizativo, el económico, el autoconsumo, los conocimientos técnicos y la infraestructura”.

**Belloni (2017)**, indica que la variabilidad y cambio climático viene afectando a agricultores tradicionales, y sistemas productivos convencionales, concluye que el cambio climático presiona al desarrollo de técnicas y tecnologías de adaptación de los sistemas productivos, siendo los modelos de sistemas agroecológicos los que mayor adaptación presenta al cambio climático, por tanto, se considera como una opción a ser desarrollada a gran escala siendo los niveles altos de biodiversidad los que presentan mayor resiliencia y resistencia al cambio climático.

**Nicholls et al. (2015)**, determinó que la temperatura y la disponibilidad de agua son los factores significativos que influyen en el crecimiento de los cultivos y la productividad, un aumento en la temperatura asociada a una disminución en la disponibilidad del agua está asociada a una disminución en el rendimiento de los cultivos. La variación en el clima induce la presencia de plagas, enfermedades y malezas lo cual impacta de manera negativa en el rendimiento de la producción, el estudio concluye indicando la agroecología fortalece la resiliencia de los agricultores especialmente las prácticas de la diversificación de los agroecosistemas con policultivos y forestales.

**Carpio y Carpio (2014)**, determinaron la percepción de los agricultores de las zonas agroecológicas de la parroquia San Joaquín respecto al

Cambio Climático, luego identificaron las acciones que los agricultores realizan para mitigarlo, los resultados indican que los fenómenos hidrometeorológicos extremos dañan los bienes y la integridad física de las personas en una cadena de interacciones de impactos que afectan prácticamente a todas las dimensiones del desarrollo humano. Concluyeron que las condiciones extremas del clima como las ondas de calor, las lluvias intensas, o las sequías prolongadas son elementos determinantes de la vulnerabilidad de los habitantes de los países en el futuro.

**Altieri (2013)**, en su artículo denominado “Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas” utilizó la metodología de indicadores tipo semáforo que consiste en asignar escalas numéricas entre cero (0) a cinco (5) a los indicadores de los sistemas productivos, entre ellos: La diversidad vegetal, “profundidad de raíces”, “estructura del suelo”, “cobertura del suelo”, “prácticas de conservación”, “drenajes”, “autoconsumo de alimentos”, entre otros. Los productores asignaron el color rojo, al valor entre 1-2 para indicar el riesgo alto de vulnerabilidad del sistema productivo, el color amarillo, a los valores entre 3-4 para clasificar el nivel de riesgo medio y el color verde, con la escala 5, para indicar el nivel de riesgo bajo. Como resultado encontró que la producción de cultivos podría ser afectado radicalmente frente a los cambios de los regímenes de temperaturas y lluvias, “dichos cambios comprometerán la seguridad alimentaria tanto a nivel local como mundial, sin embargo, los efectos del cambio climático sobre los

rendimientos agrícolas varían de región a región, los efectos más dramáticos se esperan en países en vías de desarrollo con climas desde áridos a húmedos”, se estima que la producción de maíz se reduzca en 10% para el año 2055 en África y Latino América.

### **2.1.2. A nivel nacional**

**Hinostroza & Rivas (2018)**, manifiesta que la subsistencia de diversos ecosistemas están condicionados al aumento de la temperatura en los últimos años, que provocó cambios de la estacionalidad y que generó obligatoriamente la adaptación de los ecosistemas. Los autores, identificaron en Carbayllo, Lima cuatro especies: *Nicotiana paniculata* L., *Echinocactus*, *Haageocereus acranthus* (Vaupel) Backeberg y *Ismene amancaes* (R & P) Herbert. Los cuales en un 75% de los casos lograron adaptarse a los cambios climáticos con prácticas de incorporación de sustratos provenientes de las viviendas en las dosis de 1%, 5% y 15% y riego por el método de condensación el cual aumentó la humedad del suelo hasta un 38% en condiciones de primavera. La metodología utilizada por los autores fue la experimental de pre test y post test con grupo control. Las variables independientes fueron diferentes porcentajes de mezcla de sustratos de residuos de leguminosas, gallinaza y ceniza y la variable dependiente fueron especies endémicas de *Nicotina paniculata* L., se evaluaron el pH, la conductividad eléctrica, temperatura del suelo y la relación carbono nitrógeno, los autores concluyen que la aplicación de los sustratos disminuye la cantidad de carbonatos de calcio y el pH, promoviendo la adaptación de las especies vegetales al cambio climático.

**Mendoza (2017)**, reporta el aumento de plagas y enfermedades que provocan la pérdida de algunas variedades de cultivos en la Microcuena de Simirís de la Comunidad de Simirís, Piura. Dicho aumento, es por efecto de los cambios extremos de la temperatura, la sequía y El Niño, sin embargo, también da a conocer por medio de las percepciones locales y contrastada con artículos científicos que existen cuatro especies de frijol: *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus polyanthus* Greenm., *Lablab purpureus* (L.) Sweet y *Cajanus cajan* (L.) Millsp. y catorce razas de maíz que constituyen la base de la seguridad alimentaria a pesar que en la comunidad se han registrado diez sequías y doce eventos de El Niño con impactos negativos en la población. La metodología utilizada para la colecta de datos fue la entrevista de forma preliminar, luego mediante una visita a los productores se recolectó variedades de frijol y maíz en un número mayor de 50 variedades cada uno. La identificación de la variedad se realizó mediante los datos de pasaporte del programa de investigaciones y proyección social del maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La base de la adaptación al cambio climático es la práctica del intercambio de semillas entre las comunidades locales, la instalación de la huerta en policultivos, la asociación de cultivos como el maíz y frijol, las prácticas locales de limpieza de canales y bosques.

**Villar (2019)**, determinó los efectos de la variabilidad climática en la producción agroalimentaria en la provincia de Acomayo-Cusco del 2000 al 2050 teniendo en cuenta las variables meteorológicas de temperatura y precipitación, los datos de producción fueron obtenidas

del Ministerio de Agricultura y Riego y los datos de las variaciones climáticas fueron obtenidas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, luego utilizando el método de regresión lineal múltiple se analizó la influencia de los factores que intervienen en la producción agroalimentaria. “El estudio fue observacional, de corte transversal, descriptivo y analítico de series temporales, retrospectivas y prospectivas”, los resultados expresan un incremento progresivo en la producción de papa, maíz, cebada y quinua, siendo las variables temperatura y superficie cosechada las que determinaron dicho incremento, en cuanto a la variabilidad climática expresa el incremento de temperatura y la disminución progresiva de las precipitaciones. El estudio concluye que el cambio climático (incremento de la temperatura, escasez de agua, degradación de la tierra) representa una creciente amenaza para la seguridad alimentaria sobre todo en países en desarrollo.

**Arias (2020)**, realizó un estudio en la cuenca Mito ubicado en el centro poblado de San Pedro de Cani, con el objetivo de “comparar escenarios futuros, cuantitativos y cualitativos, frente al cambio climático” en los cultivos de maíz y papa. Para la regionalización de las variables de temperatura y precipitación utilizó como metodología el Software RClim Tool, dicho programa, está diseñado para proporcionar al usuario datos diarios de clima. Como resultado, para la cuenca predice un aumento de la temperatura máxima para el 2050, entre 2 °C a 2.2 °C y para la temperatura mínima entre 2.13 °C a 2.27 °C, del mismo modo, predice un aumento de la precipitación entre 55 mm a

148 mm. Dichos cambios influenciarán en el incremento de áreas de papa canchan en 1979.3 ha, y papa Hualash largo en 6296.2 ha, de la misma manera se predice un aumento en el área de maíz morocho en 2303.5 ha, sin embargo la producción para el cultivo de papa será menor por el aumento de plagas, y la afectación del suelo por el uso de productos químicos. En el cultivo de maíz existirá competencia con maíces mejorados y el morocho, impactando de forma negativa el consumo y las tradiciones de las comunidades de la cuenca.

**Saavedra (2020)**, estudió la vulnerabilidad y adaptabilidad del cultivo de café utilizando como metodología para la recolección de datos encuestas participativas y las series históricas de variables de temperatura, precipitación y humedad relativa fueron obtenidos del SENAMHI 2010 al 2019, luego fueron regionalizados mediante el método de polígonos de Thiessen con el objetivo de evaluar la temperatura, precipitación y humedad relativa y correlacionar con los rendimientos del café, como resultado reporta que el 18% de las unidades productivas de café tienen baja vulnerabilidad al cambio climático, 82% de las unidades productivas tienen vulnerabilidad regular, en ambos casos tienen capacidad de adaptación al cambio climático, los rendimientos alcanzados fueron de 0.55 t/ha, cuando la temperatura fue de 22.1 °C, 31.3 mm de precipitación y 85% de humedad relativa, el investigador concluye que el cambio climático, tiene impacto sobre la producción de granos de café y el cultivo presenta regular vulnerabilidad y capacidad moderada de adaptación.

Chasquero (2021) en Lima, Perú, analizó los sistemas agroecológicos como herramienta para mitigar el cambio climático, mediante una investigación no experimental de enfoque cualitativo a partir de 64 artículos científicos indexados, para dar a conocer sus resultados utilizó como método la estadística descriptiva dando a conocer como resultado que los sustratos a partir de maíz, trigo, algodón y maní son utilizados en la agroecología, en los sistemas agroforestales, diversidad de cultivos, que sumados al manejo de suelos y conservación de agua son prácticas que determinan la resiliencia del sector agrícola, especialmente en las pequeñas unidades productoras.

### **2.1.3. A nivel regional o local**

**Quispe-Conde (2019)**, evaluó la contribución del manejo agroecológico a estrategias de vida de familias campesinas y servicios ecosistémicos para enfrentar el cambio climático la investigación fue realizada en la Comunidad Campesina de Llañucancha, las variables evaluadas fueron (i) seguridad alimentaria, (ii) adaptación al cambio climático y (iii) mitigación el cambio climático. El método para la recolección de datos fue la aplicación del cuestionario mediante la entrevista, los resultados de la investigación muestran que el manejo agroecológico contribuye a garantizar la seguridad alimentaria y la generación continua de ingresos para las familias campesinas, siendo la diversificación una práctica poderosa para hacer frente a la variabilidad del clima y hacer más resilientes a las familias. Las chacras con manejo agroecológico contribuyen a la retención de agua y la

prevención de la erosión, que es crucial para la adaptación de la cuenca al cambio climático.

A nivel local, el **Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA, 2008)**, interviene en la microcuenca Silcon desde 1984, con el objetivo de promover el fortalecimiento de sistemas productivos familiares mediante la implementación de chacras agroecológicas integrales, los componentes de prácticas agroecológicas, familia y organizaciones interactúan entre sí con el hombre y la naturaleza con el objetivo de generar una dinámica productiva y económica dentro de un espacio territorial, promueve el uso de insumos internos en la producción, mayor diversificación y mejor manejo de los recursos naturales y del entorno ecológico, siendo el objetivo principal la mejora de las condiciones de vida de las familias campesinas y a la vez contribuir a la conservación del ambiente y de los ecosistemas.

**Casaverde (2020)**, estudió la variabilidad climática y su influencia en los sistemas familiares agrícolas del distrito de Huancaray-Apurímac, para ello utilizó una investigación no experimental de corte transversal utilizando datos de precipitación y temperatura del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y los índices productivos de los cultivos de papa, maíz y cebada de la Dirección de Agricultura y Riego Apurímac. El método fue no experimental, de nivel descriptivo comparativo, utilizaron la entrevista y la aplicación de un cuestionario para la colecta de datos. Entre los resultados demuestra que existe un aumento cercano a tres veces en la producción de papa y maíz desde 2007 al 2019 y para el cultivo de cebada una disminución debido a que



se encuentra relacionado con las áreas de cultivo instalados. En cuanto al cambio climático se registró un aumento en la temperatura y una disminución en las precipitaciones, concluyendo que la variabilidad climática tuvo efecto positivo para los cultivos de maíz y papa y un efecto indiferente para el cultivo de cebada.

## **2.2. Bases teóricas**

El método científico según Bernal (2010) es un conjunto de procedimientos, reglas y normas para el estudio de la solución de los problemas de investigación.

Bunge (2002) indica que el método científico es el conjunto de procedimientos que valiéndose de técnicas e instrumentos necesarios, reconoce y resuelve un problema o conjunto de problemas de investigación.

Hernández et al. (2014) menciona que la investigación científica puede ser experimental y no experimental, atendiendo a su enfoque puede ser cuantitativo, cualitativo o mixto, y respecto al tipo de investigación cuantitativo menciona que utiliza el método hipotético deductivo que consiste en la recolección de datos de variables cuantitativos y cualitativos, a diferentes niveles de forma simultánea se combinan y se transforman a nuevas variables para futuras comparaciones o pruebas de hipótesis de manera secuencial de una realidad objetiva analizada.

### **2.2.1. Resiliencia**

Según Albiño (2019) es la condición que tiene un sistema ya sea social, económico o ambiental para adaptarse a los cambios de un fenómeno determinado, dichos cambios pueden ser de perturbación, peligrosos o de tendencia. Dichos sistemas, se adaptan y mantienen su

estructura, su identidad y conservan su función esencial, en el sector agrícola la resiliencia es un factor importante y un medio de subsistencia frente a cambios en el clima.

Según Nicholls et al. (2015) la resiliencia se define como la capacidad de un sistema socio-ecológico para absorber perturbaciones conservando su estructura organizacional y su productividad, es decir es la capacidad de un sistema de autoorganizarse y adaptarse al cambio luego de una perturbación. Un agroecosistema “resiliente” debería ser capaz de continuar la producción de alimentos al enfrentarse a una sequía severa o al exceso de lluvias.

Pradilla (2016) manifiesta que la resiliencia, viene de la ecología como una teoría de sistemas complejos, el término se utiliza para designar la capacidad que tiene un sistema para perdurar, es decir, de recobrar su estructura, su función básica y de autoorganización, adaptándose al estrés frente al cambio.

De La Torre & Moreno (2019) define la resiliencia como la pasividad antagonista o restablecimiento ante diferentes perturbaciones a través de componentes de autoorganización y acomodo.

### **2.2.2. Resiliencia de los sistemas productivos**

Pradilla (2016) menciona:

Los sistemas en las unidades familiares campesinas, debido a sus particularidades, resisten ante variaciones del clima y otros de origen antrópico que aumentan su vulnerabilidad. A su vez, al paso del tiempo demostraron poseer mayor potencialidad en cuanto a sus capacidades para la recuperación, adaptación y niveles de resiliencia.

Pradilla (2016) citando a Gornall et al., en el año 2010 identifica los impactos más importantes en la agricultura frente al cambio climático y la variabilidad climática son: i) arreglos en las prácticas para conservar la productividad; ello implica la agricultura óptima para una zona, se ve alterado de una zona para otra.; ii) variaciones extremas de los fenómenos climáticos como temperaturas extremas, sequías, lluvias intensas e inundaciones, tormentas tropicales; iii) aumento en la presencia de plagas y enfermedades; iv) disminución de la oferta hídrica con fines de riego, debido a variaciones del clima; v) caídas relacionados en la productividad (p. 45).

Según Pradilla (2016) quien citando a Morton en el año 2007, describe que los agricultores campesinos, mitigan los impactos provenientes de los cambios climáticos, a través de técnicas de policultivos y manejos tradicionales en las labores culturales, que son factores de resiliencia, mientras que el tamaño de las unidades productivas, la tecnología y el uso de capital de trabajo por lo general aumentan la vulnerabilidad de los sistemas productivos.

Según Altieri & Nicholls (2009, citado en Pradilla, 2016) la resiliencia de los sistemas productivos también agrupan a los conocimientos andinos que por tradición realizan el manejo del territorio, sus recursos, uso de semillas locales con resistencia ante la sequía o la humedad, la siembra y cosecha de agua, las prácticas de conservación de suelos, la diversificación de la producción, policultivos, agroforestería y el saber campesino de las formas de siembra y labores culturales del cultivo.

Lo citado en párrafos anteriores muestra que los productores campesinos no tienen limitaciones para hacer frente a los cambios climatológicos ya que cuentan con un amplio rango de estrategias agronómicas, ecológicas y culturales que les permite mitigar la pérdida de los rendimientos de los cultivos.

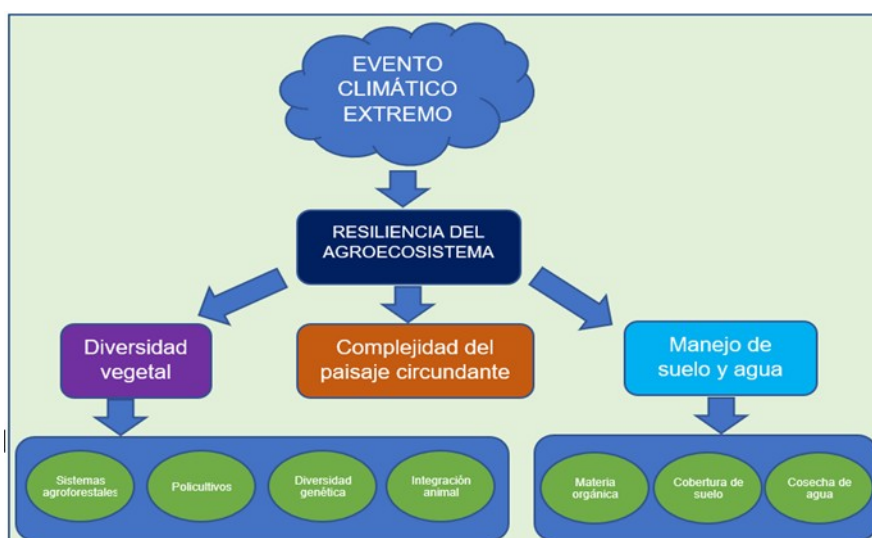
Marcos (2018) indica que los parámetros de un ecosistema no son estáticos por tanto la resiliencia no es estático de modo que el ecosistema representa las propiedades y características que establecen la permanencia del ecosistema frente a un cambio climático. (p. 119)

### **2.2.3. Estrategias para incrementar la resiliencia de agroecosistemas**

Altieri & Nicholls (2013) mencionan que, para aumentar la resiliencia de las unidades productivas es prioritario definir los factores que aumentan la resiliencia de sus sistemas productivos, entre ellos se puede destacar las estrategias de manejo de los suelos, agua y bosques. Por ejemplo, se nota que las cuencas revegetadas son más resilientes, y protegen contra derrumbes, erosión, inundaciones, etc. A su vez, a ejecución de prácticas de diversificación de cultivos, manejo de suelos, recolección de lluvia y reposición de tierras degradadas mediante la incorporación de materia orgánica son necesarios para lograr agroecosistemas más resilientes. (p. 5)

Figura 2:

Factores ecológicos a nivel de paisaje, diversidad vegetal y calidad del suelo que condicionan la resiliencia de un sistema



Fuente: Altieri & Nicholls (2013)

En la figura 2, se muestra los componentes de los sistemas productivos en sus componentes de diversidad vegetal, complejidad circundante y manejo de suelo y agua que en conjunto otorgan el nivel de resiliencia del agroecosistema, frente a un evento climático externo.

En la diversidad vegetal se considera los sistemas agroforestales, policultivos, diversidad genética y la integración animal, mientras que en el manejo de suelos y agua se considera las prácticas de manejo materia orgánica, cobertura del suelo y cosecha de agua.

Existen estudios que contribuyen al aumento de la resiliencia de los sistemas agroecológicos entre ellos, las prácticas de conservación de suelos, asociación de cultivos, agroforestería, diversidad de semillas que son resistentes a cambios de temperatura y humedad son algunas de las actividades que permiten disminuir la pérdida de cosechas y

consecuentemente la disminución de la vulnerabilidad de los agroecosistemas en el largo plazo.

#### **2.2.4. Agricultura**

##### **2.2.4.1. Producción de principales cultivos agrícolas en la microcuenca Silcon**

Según el Apoyo a las Alianzas Rurales Productivas en la Sierra del Perú (ALIADOS, 2006), la estructura productiva constituye los pilares de la economía, la actividad agrícola ocupa el primer lugar en importancia y agrupa a la mayor proporción de la población, la actividad pecuaria es complemento de la primera y la actividad industrial está constituida por la agroindustria a nivel familiar y es de menor escala.

En la microcuenca Silcon, existen varios pisos ecológicos y la producción es variada y depende de la presencia de lluvias y el piso ecológico, la tierra es un recurso escaso, cada productor en promedio tiene entre 0.5 a 3 ha y está distribuida del siguiente modo:

- La zona del valle: representa el 5% de la superficie y tiene las características de ser suelos profundos en los cuales predomina los cultivos de maíz, frijol, hortalizas y frutales, la agricultura está caracterizada por el uso de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades.
- La zona quechua: representa aproximadamente el 55% de la superficie los productores instalan las hortalizas, maíz, frijol, papa, calabazas, trigo, cebada, habas, arvejas, tarwi y frutales

caducifolios, la actividad agrícola es complementada con la crianza de cuyes, el uso de los agroquímicos solo es para algunos cultivos entre ellos la papa.

- Zona Suni: representa alrededor del 35% del área de la microcuenca, los agricultores producen tubérculos andinos como: papa, ulluco, oca, mashua y pastos naturales que están en proceso de degradación por la excesiva carga animal.

Tabla 1:

Principales cultivos por orden de importancia en Apurímac

Orden	Cultivos	Área cultivada (ha)
1	Maíz amiláceo	21359.95
2	Papa	10119.6
3	Trigo	5773.5
4	Cebada grano	5169.3
5	Frijol grano seco	5149.74
6	Papa amarilla	4839.2
7	Haba grano seco	2973.41
8	Olluco	2755.6
9	Maíz amarillo duro	2144.7
10	Papa nativa	1988
11	Maíz choclo	1247.3
12	Arveja grano seco	1272.28
13	Quinoa	1114.72
14	Haba grano verde	978
15	Oca	734.4
16	Anís	615
17	Arveja grano verde	547
18	Mashua	523.2
19	Frijol grano seco panamito	361
20	Kiwicha	314

Fuente: Dirección General de Agricultura – DIA (2019)

Quispe-Conde (2019) manifiesta que la papa se efectúa especialmente bajo sistemas de rotación por ejemplo papa, luego haba, después papa, también puede ser papa, luego maíz, después arveja y seguido de papa, o también la rotación del

cultivo de papa luego tarwi y después papa. En cuanto a la producción de maíz, se practica la asociación de cultivos, por ejemplo, el maíz se asocia con los cultivos de tarwi, arveja, calabaza, haba y quinua, la producción se destina al autoconsumo en mayor proporción y en menor cantidad a la venta en el mercado local.

#### **2.2.4.2. Rendimiento de la producción**

Canchari et al. (2010) define el rendimiento como la cuantía de producto que se alcanza por unidad de superficie, es un indicador de la productividad agrícola de un determinado cultivo, se obtiene por la interacción de los factores productivos y el clima.

Quispe-Conde (2019) señala que los cultivos básicos para la alimentación de las familias de la cuenca Mariño son la papa, maíz amiláceo y el tarwi, las familias con chacras, cuyo manejo es agroecológico alcanzan rendimientos de 10.6 t/ha en papa, 2.02 t/ha en maíz y 858 kg/ha en tarwi.

Según Barragán (2018) “el rendimiento de los cultivos transitorios se ve gravemente afectado por las variaciones climáticas, por ello, la aplicación de acciones de manejo resiliente es fundamental para el sector agrícola.” (p. 67), entre dichas prácticas Pradilla (2016) menciona la cosecha de agua que constituye una práctica de bajo costo para aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas, a su vez que aumenta los rendimientos de la producción para la seguridad alimentaria en



razón a que la oferta hídrica se dispone para épocas se estiaje.  
(p.101)

Altieri & Nicholls (2013) descubren que “los cultivos intercalados permiten reducir el riesgo ya que tienen mayor estabilidad en los rendimientos y menor disminución de la productividad en condiciones de sequía”. (p. 5)

Tabla 2:

Rendimientos de los principales cultivos a nivel regional y nacional

Cultivo	Rendimiento promedio regional (Kg/ha)	Rendimiento promedio nacional (Kg/ha)
Maíz amiláceo	1000	1200
Trigo	1100	1250
Papa	10000	11600
Haba	1000	1200
Cebada	1000	1250

Fuente: Dirección de Información Agraria-DIA (2019)

### 2.2.5. Clima

Según Valverde-Soria (2018) el clima son “las condiciones características de la atmósfera en la superficie más baja de la tierra en un determinado lugar, mientras que el tiempo se refiere a las fluctuaciones diarias dentro de esas condiciones en el mismo lugar” (p. 45).

Chereque (2009) menciona que la palabra "clima" deriva de una voz griega que significa inclinación, aludiendo seguramente a la inclinación del eje terrestre. Como se sabe las estaciones tienen lugar debido al movimiento de traslación de la tierra alrededor del sol, con su eje de rotación inclinado con respecto al plano de traslación. Existen muchos conceptos de clima, pero tienen un denominador común, que es el estado de la atmósfera, el cual está caracterizado por los cambios y el

avance del tiempo en un ciclo bastante largo dentro de un espacio determinado, el clima está conformado principalmente por la temperatura, precipitación, presión atmosférica, viento y radiación solar, siendo

#### **2.2.5.1. Cambio climático**

Valverde-Soria (2018) define el cambio climático como las “fluctuaciones a largo plazo de la temperatura, las precipitaciones, los vientos y todos los demás componentes del clima en la tierra” (p. 41).

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático menciona que está relacionado de manera directa con la actividad humana, ya que perturba la estructura de la atmósfera mundial y que contribuye a la inestabilidad del clima durante etapas de tiempo semejantes.

Según el Tyndall Center de Inglaterra, (citado en Valverde, 2018) Bangladesh y Honduras son países que ocupan los primeros lugares en cuanto a vulnerabilidad al cambio climático, el Perú ocupa el tercer lugar, es decir el nivel de susceptibilidad varía de acuerdo a su sensibilidad, exposición y capacidad de adaptación frente al cambio climático.

Se estima que el cambio climático tendrá los siguientes impactos en el mundo durante este siglo:

- La temperatura subirá 2°C en promedio, con un rango de 1°C a 5.8°C dependiendo de la latitud y ubicación.
- Aumentará la frecuencia de inundaciones y sequías en

algunas zonas.

- El nivel del mar se elevará en un rango medio estimado de 50 cm (15 cm y 90 cm, como mínimo y máximo, respectivamente).

Según el Gobierno Regional de Apurímac (GRA, 2012) los impactos de las variaciones del clima serán fundamentalmente significativos en América Latina y el Caribe, debido a los cambios extremos del clima en la Región. El Perú, cuenta con 84.375% (27/32) de los climas del mundo, es afectado por fenómenos hidrometeorológicos como el Niño y la Niña, e impactan sobre la diversidad biológica modificando el equilibrio ecológico en el planeta.

Las variaciones en el clima, también afecta la salud, economía y otras actividades de la población. En el Perú, las sequías, lluvias intensas, aluviones, heladas y granizadas se han incrementado 6 veces desde 1997 al 2006, otros eventos como El Niño e inundaciones se producen con mayor frecuencia e intensidad, dichos fenómenos influyen en las actividades económicas y en el quehacer cotidiano de los habitantes.

Valverde-Soria (2018) pronostica los siguientes efectos negativos para el Perú:

- 22 por ciento del área de los glaciares del Perú y 71% de los glaciares tropicales del mundo disminuirán en los últimos 30 años.
- La biodiversidad de flora y fauna de la Amazonía con

riesgo de extinción.

- Los cultivos vulnerables como la papa, el maíz y el arroz se perderán debido al cambio climático.
- Pérdida del 89 por ciento de la infraestructura vial del Perú por la alta vulnerabilidad al cambio climático.
- Disminución de 60% del agua en 40 años.
- Aumento de los incendios forestales y plagas de los cultivos por el incremento de la temperatura.
- Las comunidades biológicas, se verán alterados según el clima cambie, diversas especies ocuparán áreas no aptas para su supervivencia.

#### **2.2.5.2. Cambio climático en la agricultura**

Según Torres et al. (2019) el impacto del cambio climático en el Perú, puede apreciarse en la mayor incidencia de las plagas, alteración en los hábitats de los cultivos, aumento de la vulnerabilidad para acceder a los alimentos, etc., pero los impactos mencionados aún no están suficientemente estudiados a nivel de la biodiversidad cultivada.

Torres et al. (2019) citando a Sanabria et al., en el 2011 y a Sanabria et al., en el año 2014 mencionan que el incremento de la temperatura provoca efectos positivos para los cultivos de maíz y papa, en Apurímac y Cusco ya que la temperatura se relaciona con la fenología, siendo un denominador común la disminución del ciclo vegetativo.

Torres (2019) citando a Tovar et al., en el año 2013 menciona

que la papa redujo en 13 días su ciclo vegetativo en Sicuani, región Cusco, los efectos del aumento de la temperatura según el autor, está asociado a la ampliación de frontera agrícola en zonas de cabecera de cuenca, debido a que se modifica el hábitat para determinadas especies vegetales.

El GRA (2012) citando al Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) menciona que entre 1850 a 2005, la temperatura del planeta, se incrementó en promedio de 0.76 °C, mientras que, para Apurímac el PACC/ SENAMHI en un estudio llevado a cabo entre el 2010 y 2011, dan a conocer el aumento de la temperatura en 0.3 °C/ década, para los últimos 44 años. El mismo estudio proyecta para el año 2030 un incremento de la temperatura entre 0.8°C a 1.8°C. Las cifras, son preocupantes ya que está relacionado con el aumento de los deshielos en los nevados, por tanto, la disminución de la oferta hídrica para las actividades agrícolas, consumo humano e industria que contribuirán a los conflictos, que ya son evidentes en la actualidad.

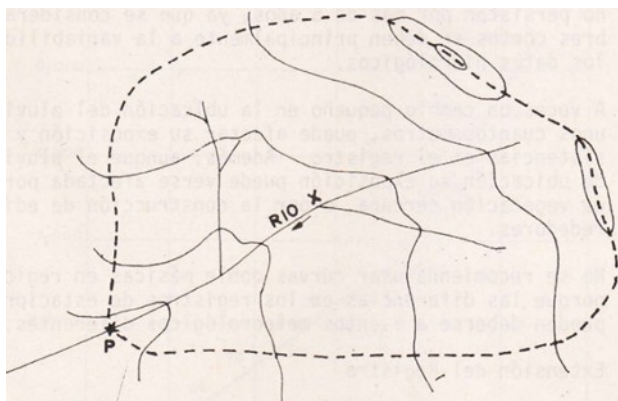
Respecto a la precipitación, se verifica que en los últimos años su comportamiento es variable, ocurre fuera de época, tiene mayor intensidad y con periodos más cortos; es perjudicial para la agricultura, libera huaycos, deslizamientos e inundaciones. También, al sur de la Región Apurímac, se siente que las noches son más frías y las heladas son más frecuentes. (p. 9)

### 2.2.6. Cuenca hidrográfica

Según Chereque (2009) se define cuenca el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua, cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido.

Según Aparicio (1992) una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar. Según la figura 3. La delimitación de una cuenca se hace sobre un plano a curvas de nivel, siguiendo las líneas del divortium acusarum o líneas de las altas cumbres.

Figura 3:  
Cuenca del punto P



Fuente: Chereque (2009)

### 2.2.6.1. Clasificación de cuencas hidrográficas

Años atrás como menciona Aparicio (1992) clasifica las cuencas de la siguiente manera:

a) Cuencas. Contienen al río principal (el río más grande) y a los ríos secundarios que depositen el agua dentro de él.

b) Subcuencas. Van a ser como un rompecabezas de la cuenca, van a ser varias cuencas pequeñas que todas juntas van a formar la cuenca.

c) Microcuenca. Es una parte de la subcuenca, compuesta por los riachuelos o quebradas que dan agua a los ríos secundarios, tal como se puede ver en la figura 4.

Figura 4:

Clasificación de cuencas hidrográficas



Fuente: Aparicio (1992)

### **2.3. Marco conceptual**

1. Resiliencia: Es la capacidad de adaptación y recuperación de su función esencial que tiene un ser vivo ante perturbaciones de eventos externos como el clima (M. A. Altieri & Nicholls, 2013).
2. Sistema: Es el conjunto de procedimientos que de manera ordenada los factores productivos ingresan (input), interactúan, se transforman y forman un producto final (output) (Taípe-Cancho, 2017, 2022a).
3. Ecología: Es una ciencia que estudia las interrelaciones de los seres vivos y su ambiente en un momento de tiempo determinado (Jacobi et al., 2014).
4. Agroecología: Es la capacidad de producir alimentos aplicando en el cultivo procedimientos que no dañan el ambiente, el cual incluye también los conocimientos ancestrales y tecnológicos (Acevedo-Osorio et al., 2017).
5. Vulnerabilidad: Es la incapacidad de un ser vivo para resistir a perturbaciones de eventos externos como el clima, también es la incapacidad de recuperarse cuando ha ocurrido un evento extremo (Carpio Sacoto & Carpio Sacoto, 2014).
6. Clima: Es un fenómeno natural que combina determinadas variables meteorológicas en la atmósfera de un determinado lugar de la tierra (Chereque Morán, 2009).
7. Cambio climático: Es la variación natural o antrópica de los factores meteorológicos que se interrelacionan en un determinado lugar de la atmósfera de la tierra (Chereque Morán, 2009).



8. Cuenca: Es un área geográfica delimitada por las divisorias de las aguas de lluvia, cuyos caudales discurren en un mismo río (Chereque Morán, 2009).
9. Microcuenca: Es un área geográfica menor a 500 Km<sup>2</sup> el cual está delimitada por las divisorias de las aguas de lluvia, cuyos caudales discurren en un mismo río (Chereque Morán, 2009).
10. Producción: Es el proceso de elaborar un producto o servicio utilizando factores de mano de obra, tierra y capital (Briones Mendoza et al., 2018).
11. Cultivos: Es el proceso de obtener un producto vegetal mediante el uso de los factores como la tierra, mano de obra y capital (Castellanos Dorado et al., 2019).
12. Rendimiento: En el campo de la agricultura es la cantidad de producto obtenido por unidad de superficie cultivado (Cadet Díaz & Guerrero Escobar, 2018).
13. Variabilidad: Es la capacidad de cambio que tienen determinados fenómenos de la naturaleza, por ejemplo, las variables meteorológicas (Chereque Morán, 2009).
14. Manejo de aguas: Conjunto de actividades que promueven la conservación, uso óptimo y la calidad del recurso agua (Taípe-Cancho, 2022b).
15. Manejo de suelos: Conjunto de actividades que promueven la conservación o mejora de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de suelo para uso en la agricultura (Taípe-Cancho, 2022b, p. 21).

- 16.**Prácticas culturales: Es el conjunto de labores agrícolas para la producción de vegetales, también son determinadas manifestaciones tradicionales de una determinada cultura (Eyhérbide, n.d.).
- 17.**Monocultivo: Es un sistema de producción donde se cultiva una sola especie vegetal en toda el área disponible (Cleves-Leguízamo et al., 2016).
- 18.**Policultivo: Es un sistema de producción donde se cultiva diferentes especies vegetales en una determinada área disponible (M. Altieri & Nicholls, 2013).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis General**

Es posible que exista resiliencia significativa en los cultivos agrícolas al cambio climático considerando aspectos de prácticas de manejo de aguas, manejo de suelos y prácticas culturales y sociales de la microcuenca Silcon, Circa Abancay 2021.

##### **3.1.2. Hipótesis específicos**

- Es posible que los principales cultivos agrícolas en la microcuenca Silcon, Circa Abancay tengan rendimientos diferentes a los promedios nacionales.
- Es posible que exista variabilidad del clima en base a datos meteorológicos en la microcuenca Silcon, Circa Abancay durante el periodo 1981 – 2021.
- Es posible que exista pérdidas económicas en los principales cultivos agrícolas de la microcuenca Silcon, respecto a los rendimientos nacionales.

### **3.2. Método**

Se utilizó el método científico, debido a que se documentó de manera ordenada y sistemática la información de las variables en estudio para dar respuesta a las preguntas del problema de investigación.

También se utilizó el método hipotético deductivo porque se planteó hipótesis de investigación con la intención de ser refutada, y a partir del cual se arribó a conclusiones válidas respecto a la resiliencia de los principales cultivos de la micrcuenca de Silcon con lo que ocurre en los hechos en la realidad, respecto al cambio climático.

El método de sistemas de semáforo según Altieri (2013) consiste en analizar la vulnerabilidad o resiliencia de sistemas agroecológicos mediante la valoración de indicadores en los sistemas de producción, se valoran indicadores como la biodiversidad, profundidad de raíces, diámetro de altura al pecho, estructura de suelo, cobertura de suelo, prácticas de conservación, drenajes, % de alimentos producidos y consumidos en la unidad productiva, nivel de conocimiento del productor sobre manejo productivo, etc. A dichos indicadores los productores asignan colores del semáforo considerando el color rojo en la escala 1 a 2 (alto riesgo de vulnerabilidad, bajo nivel de resiliencia), el color amarillo en la escala de 3 a 4 (medio riesgo de vulnerabilidad, medio nivel de resiliencia) y el color verde en la escala 5 (bajo riesgo de vulnerabilidad, alto nivel de resiliencia). Luego los indicadores valorados, son clasificados en función de las prácticas favorables (positivas) que contribuyen a aumentar la resiliencia de los sistemas productivos, o las prácticas negativas que contribuyen a disminuir la resiliencia de los sistemas productivos (ver tabla 18).

La asignación del valor máximo de la escala es por el producto de la cantidad de preguntas (indicadores) del cuestionario, multiplicado por el mayor valor de la escala (5) y del mismo modo, el valor mínimo de la escala se obtiene multiplicando el valor mínimo de la escala (1) por el número de preguntas o indicadores del cuestionario.

### **3.3. Tipo de investigación**

La investigación fue de tipo básica debido a que los resultados permitirán tomar decisiones en el campo de la agricultura, en sus diferentes enfoques de manejo de sistemas productivos, se proporciona resultados de análisis de cambio climático de la microcuenca Silcon y los niveles de resiliencia de los sistemas productivos de cereales, leguminosas, tubérculos y frutales que permitirá a los tomadores de decisiones en materia de política agraria, la implementación de los indicadores que favorecen a la resiliencia de los sistemas productivos, o la modificación de los indicadores de disminuyen el nivel de resiliencia de los cultivos.

Como indica Eyssautier (2017), atendiendo al alcance de los resultados, el tipo de investigación básica es porque está orientada a enriquecer el conocimiento científico mediante la teoría mediante las relaciones entre fenómenos, dejando de lado la aplicación práctica inmediata.

Por otro lado, atendiendo al enfoque de estudio la investigación fue de tipo cuantitativo debido a que los datos corresponden a variables meteorológicas (precipitación y temperatura) y los niveles de resiliencia son escalas numéricas que permiten el procesamiento correspondiente mediante el uso de los estadísticos de medidas de tendencia central y dispersión. Al respecto, Ponce & Dalla (2015) menciona que, según el enfoque de estudio la

investigación de tipo cuantitativo permite la recolección de datos en base a un instrumento en formato de medición numérica y se utiliza el análisis estadístico para probar las hipótesis.

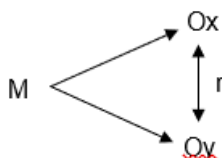
### 3.4. Nivel o alcance de investigación

El nivel de investigación es descriptiva correlacional, es descriptiva porque se describen las variables en estudio tal y como se presenta en la realidad y es correlacional porque se busca encontrar la relación existente entre las variables cambio climático y resiliencia de los principales cultivos de la microcuenca Silcon.

### 3.5. Diseño de investigación

El diseño fue no experimental porque no se manipuló las variables en estudio, de acuerdo a su temporalidad, fue retrospectivo y transversal, fue retrospectivo porque los datos de las variables cambio climático y resiliencia de los principales cultivos de la microcuenca Silcon, fueron obtenidos de una serie temporal del SENAMHI y el MINAG respectivamente, fue transversal porque se aplicó por única vez, un cuestionario mediante la técnica de encuesta para evaluar las percepciones de los productores respecto al cambio climático y resiliencia de cultivos en la zona.

Esquemáticamente el diseño de la investigación es el siguiente:



Donde:

M: es la muestra del estudio

O: Son las observaciones de las variables

X: Es la variable cambio climático

Y: Es la variable resiliencia de cultivos

r: La relación entre las variables

### 3.6. Operacionalización de variables

Tabla 3:

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índices / Ítems	Escala de medición
Variable independiente Cambio climático	Elementos meteorológicos	Precipitación Temperatura	mm ° C	Fichas de registro de datos para un horizonte de 40 años para precipitación y de 20 años para la temperatura
Variable dependiente Resiliencia de los cultivos agrícolas	Prácticas de manejo del agua	Tipo de riego Fuente de abastecimiento de agua de riego Disponibilidad de agua Siembra de agua Cosecha de agua Zanjas de infiltración y drenaje Riego planificado Control de humedad durante el riego Almacenaje de agua de lluvias	Preguntas: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10	Cuestionario de 40 indicadores en escala multicriterio, la escala final se elabora en base a Altieri (2013) mediante la técnica de semáforo de acuerdo a las prácticas favorables o negativas las escalas son: 0% - 33% Rojo (Bajo nivel de resiliencia) 33% - 67% Ámbar (Medio nivel de resiliencia) 67% - 100% Verde (Alto nivel de resiliencia)
	Prácticas de manejo de suelo y cultivos	Prácticas de conservación de suelos Uso de fertilizantes químicos Manejo de surcado Uso de herbicidas o deshierbe manual Uso de abonos orgánicos Origen de los abonos Uso de plaguicidas Tipo de cerco del terreno Prácticas de análisis de suelo Semillas Rotación de cultivo	Preguntas: 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21	



	Prácticas culturales y sociales	Capacitación en cambio climático Diálogo comunal del cambio climático Asesoramiento técnico Intercambio de saberes entre agricultores Innovación en prácticas de cultivo Búsqueda de ingresos extras Ahorros de contingencia por mala cosecha Conocimiento de microorganismos benéficos Conocimiento de microorganismos patógenos	Preguntas: 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30	
	Percepción de las causas y efectos al cambio climático en los sistemas productivos	Cambio climático Causas del cambio climático Efectos del cambio climático Es beneficioso el cambio climático Existe realmente el cambio climático Le preocupa el cambio climático Se podrá evitar el cambio climático Las autoridades se preocupan por el cambio climático Ha recibido información del cambio climático Por qué medio ha recibido información del cambio climático	Preguntas: 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 y 40	
Producción de los cultivos agrícolas	Cantidad de producto	Área instalada Rendimiento de la producción	Mapa del Índice de vegetación de diferencia normalizada en la agricultura (NDVI) según altitud	Rangos de altitud (msnm): 1000 – 1500 1500 – 2000 2000 – 2500 2500 – 3000 3500 – 4000 4500 – 5000 > 5000
Pérdidas económicas en los principales cultivos agrícolas ante el cambio climático		Valor bruto de la producción por ha Porcentaje de pérdidas económicas por ha		Miles de soles/ha %

Fuente: Elaboración propia

### 3.7. Población, muestra y muestreo

#### 3.7.1. Población

La población estuvo constituida por 84 familias de las comunidades de Circa, Ocobamba y Yaca que integran la microcuenca del río Silcon, dichas familias se dedican a la agricultura y tienen terrenos entre 0.5 a 3 ha.

#### 3.7.2. Muestra

La muestra se obtuvo a partir de la población mediante la siguiente expresión:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Dónde:

n = El tamaño de la muestra

N = El tamaño de la población = 84 familias

p = Desviación estándar de la población 0,05 (q = 1-p)

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96.

e = Límite aceptable de error muestral en este caso es 0.03.

Reemplazando valores se tiene:

$$n = \frac{84 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.03^2 (84 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 69$$

El resultado obtenido fue distribuido proporcionalmente entre las comunidades dividiendo la población según comunidad respecto a la población total, luego la muestra se obtuvo mediante el producto de la población de cada comunidad por su correspondiente proporción, los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4:

Población y muestra

Comunidades de la microcuenca Silcon	Población (N) (Familias)	%	Muestra (n) (Familias)
Yaca	27	0.321429	22
Ocobamba	30	0.357143	25
Circa	27	0.321429	22
Total	84		69

Fuente: Elaboración propia, en base a las características de exclusión de 0.5 – 3 ha

### 3.7.3. Muestreo

El muestreo empleado para la selección de la muestra es aleatorio simple estratificado.

## 3.8. Técnicas e instrumentos

### 3.8.1. Técnicas

La técnica usada en esta investigación ha sido la encuesta, con preguntas estructurada para tener mayor objetividad.

### 3.8.2. Instrumentos

El instrumento ha sido el cuestionario de encuesta.

#### Procedimiento

Para determinar la variable de cambio climático previamente se utilizó la técnica de regionalización a partir de datos de las estaciones meteorológicas disponibles en la Región Apurímac (anexo 2, tabla 26, 27, 28, 29, 30 y 31), el instrumento utilizado para la obtención de datos de precipitación fue la ficha de registro para un horizonte de 40 años y para la temperatura fue de 20 años, luego mediante el método de ecuación con factores de influencia según estaciones base se ha estimado la precipitación para la microcuenca Silcon siguiendo el procedimiento a continuación:

- a) La ecuación de precipitación para la microcuenca Silcon en función de las estaciones base tiene la forma siguiente:

$$E.E.i = \sum (a_i \times b_i \times E_i)$$

donde:

E.E.i: es la Estación en estudio, en este caso la microcuenca Silcon

$a_i$ : son los factores de corrección altitudinal, calculado como la relación de la altitud media de la microcuenca Silcon respecto a la altitud media de las estaciones base ( $Alt_s/Alt_{E_i}$ ), por ejemplo, para el caso del factor en la microcuenca Silcon con respecto a la estación de Abancay se tiene  $(3214.50/2398) = 1.34$  (tabla 5)

$b_i$ : son los factores de influencia geográfica, calculada como la relación de la distancia geográfica de la microcuenca Silcon respecto a las estaciones base calculada mediante la ecuación mostrada en el punto b).

$E_i$ : es la estación base, en este caso las estaciones de Abancay, Andahuaylas, Antabamba, Chalhuanca, Curahuasi y Huancabamba.

- b) Con base a la información de latitud y longitud en grados ( $^{\circ}$ ) de las estaciones base se calculó la distancia a la microcuenca Silcon, para ello se utilizó la siguiente expresión.

$$D_{ES} = 2\sqrt{(55.25(LAT_{ES} - LAT_{E_i}))^2 + (53.95(\log_{ES} - \log_{E_i}))^2}$$

Donde:

$D_{ES}$ : es la distancia de las estaciones base a la microcuenca Silcon

Los valores 2, 5.25 y 53.95 son constantes de la ecuación

$LAT_{ES}$ : es la latitud en grados de la microcuenca Silcon, para el caso 14

o

LAT<sub>Ei</sub>: es la latitud de la estación base para el caso de la estación de Abancay es 13.63, para Andahuaylas es 13.65 (tabla 5)

LOG<sub>ES</sub>: es la longitud en grados de la microcuenca Silcon, para el caso es de 74.25 °

LOG<sub>Ei</sub>: es la longitud en grados de la estación base para el caso de la estación de Abancay es 72.88, para Andahuaylas es 73.37 (tabla 5), por ejemplo, la distancia de la microcuenca Silcon a la estación base Abancay es:

$$D_{ES} = 2\sqrt{(55.25(14 - 13.63))^2 + (53.95(74.25 - 72.88))^2}$$

$$D_{ES} = 152.93$$

- c) Seguidamente, se calcula el valor del factor de influencia geográfica (bi) considerando la siguiente ecuación:

$$bi = \frac{\frac{1}{D_{ES}}}{\sum \frac{1}{D_{ESi}}}$$

Por ejemplo, para la estación de Abancay es:

$$bi = \frac{\frac{1}{152.93}}{\left(\frac{1}{152.93} + \frac{1}{102.86} + \frac{1}{156.20} + \frac{1}{122.56} + \frac{1}{171.04} + \frac{1}{101.48}\right)}$$

$$bi = 0.141$$

- d) Luego se calcula los factores de influencia según las estaciones base como el producto de los factores de corrección altitudinal (ai) con los factores de corrección de influencia geográfica (bi); es decir (ai x bi)

Por ejemplo, para la estación base Abancay sería (1.34) (0.141) = 0.188.

e) Finalmente, con los coeficientes calculados en el paso d) formula la ecuación del modelo con factores de influencia, que para regionalizar las precipitaciones para la microcuenca Silcon fue:

$$E.Silcon = 0.188 (E1) + 0.228 (E2) + 0.115 (E3) + 0.194 (E4) + 0.150 (E5) + 0.187 (E6)$$

Los coeficientes, como resultado de los procedimientos mencionados se muestran en la tabla 5, para cada estación base con los cuales se construye el modelo para la regionalización de la precipitación en la microcuenca Silcon.

Tabla 5:

Ecuación con factores de influencia según estaciones base

Cód.	Estación	Latitud				Longitud				Altitud Media	Precipitac. Media	Distancia de estaciones base a microc. Silcon	Factores de corrección altitudinal (ai) microcuenca Silcon	Factores de influencia geográfica (bi) microcuenca Silcon	Coeficientes de la ecuación (ai x bi) microcuenca Silcon
		°	'	"	Latit. (°)	°	'	"	Long. (°)						
ESTACIONES BASE (Ei)											0.0465				
E1	Abancay	13	38	0	13.63	72	53	0	72.88	2398	134.49	152.93	1.34	0.141	0.188
E2	Andahuaylas	13	39	0	13.65	73	22	0	73.37	2944	684.28	102.86	1.09	0.209	0.228
E3	Antabamba	14	25	0	14.42	72	52	0	72.87	3838	860.16	156.20	0.84	0.138	0.115
E4	Chalhuanca	14	20	0	14.33	73	10	0	73.17	2902	661.28	122.56	1.11	0.175	0.194
E5	Curahuasi	13	33	0	13.55	72	44	0	72.73	2687	626.79	171.04	1.20	0.126	0.150
E6	Huancabamba	13	44	0	13.73	73	21	0	73.35	3650	636.75	101.48	0.88	0.212	0.187
ESTACIÓN EN ESTUDIO (E.E.i)											ECUACIÓN DE PRECIPITACIÓN PARA LA MICROCUENCA SILCON EN FUNCIÓN DE LAS ESTACIONES BASE (E.E.i = SUMATORIA ai x bi x Ei)				
E <sub>s</sub>	Microcuenca Silcon	14	0	0	14	73	75	0	74.25	3214.50	E.Silcon = 0.188 (E1) + 0.228 (E2) + 0.115 (E3) + 0.194 (E4) + 0.150 (E5) + 0.187 (E6)				

Fuente: Elaboración propia en base a las Cartas Nacionales 1/100.000, SENAMHI

Con la ecuación del modelo de regionalización de la tabla 5, se construyó la tabla de precipitación para la microcuenca Silcon (Anexo 2, tabla 32) y a partir de dichos datos se analizó el comportamiento en el horizonte de 40 años, mediante el uso del método de regresión lineal simple tomando como variable independiente los años y la variable dependiente la precipitación anual, los resultados de los cambios se muestran en la figura 14.

Para estimar el cambio en la temperatura de la microcuenca Silcon se utilizó el método de regresión lineal tomando como variable independiente (X) los años y como variable dependiente (Y) la temperatura en °C. Los datos fueron obtenidos en una ficha de registro de datos para un horizonte de 20 años, (ver anexo 2, tabla 34, 35 y 36). A partir de dichos datos se estimaron las ecuaciones de regresión:

Para la temperatura mínima

$$y = 9.3087 + 0.0015x$$

Para la temperatura máxima

$$y = 22.43 - 0.0004x$$

Para la temperatura media

$$y = 15.869 + 0.0005x$$

Para determinar la resiliencia de los principales cultivos, se utilizó la técnica de la encuesta que es válida según Eyssautier (2017) y Ponce & Dalla (2015) quienes conceptúan que la técnica de encuesta es utilizada en la investigación cuantitativa, se plantean preguntas para ser respondida por la muestra en estudio. El instrumento utilizado fue el cuestionario con 40 reactivos (preguntas) distribuidos en 1 pregunta para determinar el lugar de procedencia del agricultor, 9 preguntas (2 - 10) para el componente de



prácticas de manejo de aguas, 11 preguntas (11 – 21) para el componente de manejo de suelos y cultivo, 9 preguntas (22 – 30) para el componente de prácticas culturales y sociales y 10 preguntas (31 – 40) para estimar la percepción de las causas y efectos del cambio climático en los sistemas productivos (ver anexo 2, tabla 37)

Tabla 6:

Validez del instrumento y coeficiente V de Aiken para la variable resiliencia de cultivos agrícolas

Juez	Componentes de la variable Resiliencia			
	Prácticas de manejo de agua	Prácticas de manejo de suelo y cultivo	Prácticas sociales y culturales	Percepción del efecto del cambio climático
Mg. Julio Cesar Matos Lizana	Aplicable	Aplicable	Aplicable	Aplicable
Ph.D. Antonio Salomón Valderrama Romero	Aplicable	Aplicable	Aplicable	Aplicable
Dr. Manuel Vega Ronquillo	Aplicable	Aplicable	Aplicable	Aplicable
Estadístico V de Aiken	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia en base al anexo 4

La validez de los instrumentos se realizó con el estadístico de V de Aiken, donde antes de aplicar el método, se presentó el listado de preguntas por componente (anexo 4) a tres jueces (Ingenieros agrónomos con grado de Maestro o Doctor) quienes al valorar las preguntas completaron la validez, según el anexo 4, los resultados se muestran en la tabla 6.

El estadístico de Aiken igual a 1 (100%) de la tabla 6, indica que los reactivos planteados en cada componente de la variable resiliencia de los principales cultivos en la microcuenca de Silcon son pertinentes, relevantes y las preguntas formuladas contienen claridad y miden lo que pretenden medir, por lo que resulta ser aplicable.

La confiabilidad se midió con el estadístico alfa de Cronbach en razón que se aplica a una muestra y por única vez, los resultados se muestran en la tabla 7.

Tabla 7:

Prueba de confiabilidad de la variable resiliencia de los principales cultivos agrícolas

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.651	48

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del anexo 3

Según el coeficiente Alfa de Cronbach de la tabla 7, se tiene el valor de 0.651 indica que el instrumento tiene confiabilidad media y según (Bernal, 2010; Hernández et al., 2014; Martínez, 2012) manifiestan que el estadístico de Cronbach mide la confiabilidad del instrumento, es decir, mide lo que debe medir y los resultados serán los mismos si se aplicaran repetidas veces.

La técnica para estimar la producción de los cultivos fue el mapa de índice de vegetación normalizada – NDVI que, a partir de la información disponible en el satélite Planet (Anexo 5) se utilizó como instrumento el GPS navegador Garmin Etrex500 y Drone DJI Matrice y se repasó las áreas identificadas y se clasificó la vegetación según la altitud, para el procesamiento de dicha información se utilizó el software Autocad 2010.

Según Las escalas NDVI van desde -1 a 1 que representa la fenología de masas vegetales en colores RGB mediante la información de satélite.

El procedimiento de la investigación se realizó por etapas:

Primera etapa: se seleccionó la muestra a nivel de comunidades hasta completar el tamaño de la muestra, siendo el criterio de selección familias dedicadas a la actividad agrícola ente 0.5 a 3 ha con el objetivo de establecer el criterio de homogeneidad de la muestra ya que las prácticas agronómicas

en áreas mayores a 3 ha, son diferentes a aquellas que se practican en la agricultura familiar que es el objeto de estudio.

Segunda etapa: Se aplicó los instrumentos de recolección de datos para evaluar la resiliencia de los cultivos y la percepción de las familias ante el cambio climático, también se realizó la búsqueda de datos de temperatura y precipitación, descargando directamente de SENAMHI para un período de 40 años, luego se dibujó los mapas con el NDVI y se calculó el área según las altitudes y los cultivos correspondientes clasificados en cereales, tubérculos, gramíneas y frutales.

Tercera etapa: Se realizó el análisis e interpretación de los datos para cada uno de los objetivos e hipótesis planteadas, para el procesamiento de los datos se utilizó el Software SPSS-22, Excel 2010, Autocad 2010 y para el procesamiento del texto Word 2010.

### **3.9. Consideraciones éticas**

Por intermedio de las autoridades de la microcuenca Silcon se ha solicitado la autorización para la ejecución del cuestionario (anexo 6), considerando que no se revelará los datos de los integrantes que conformaron la muestra, los datos no fueron manipulados deliberadamente, durante la redacción se utilizó el instructivo general de investigación en su versión 3.0 aprobado mediante Resolución de Consejo Universitario N° 3094-2019-UTEA-CU y el estilo de redacción de la norma APA séptima edición, se ha respetado citar y referenciar a las fuentes consultadas.

### 3.10. Procesamiento de estadísticos

Se realizó la prueba de normalidad a los datos obtenidos mediante Kolmogorov Smirnov (KS) aplicado según Spiegel & Stephens (2017) para  $n > 50$  datos, los resultados se muestran en la tabla 8.

Tabla 8:

Prueba de normalidad de datos de la variable resiliencia según componentes y percepción del cambio climático

Componentes de la variable resiliencia	Causas y efectos del cambio climático en los sistemas productivos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadístico	gl <sup>b</sup>	Sig. <sup>c</sup>
Prácticas de manejo de agua	Bajo	0.253	14	0.015
	Medio	0.263	44	0.000
	Alto	0.409	11	0.000
Prácticas de manejo de suelos y cultivos	Bajo	0.266	14	0.008
	Medio	0.357	44	0.000
	Alto	0.227	11	0.117
Prácticas culturales y sociales	Bajo	0.253	14	0.015
	Medio	0.382	44	0.000
	Alto	0.385	11	0.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

b. Grados de libertad

c. Nivel de significancia

Fuente: Elaboración propia, en base a datos del anexo 03.

Según los valores de la significancia de la prueba, para los componentes de la variable resiliencia de los principales cultivos se rechaza la  $H_0$  (de normalidad) concluyendo que la distribución del conjunto de datos de la variable, corresponde a la estadística no paramétrica por lo que se tendrá en consideración para la contrastación de la hipótesis mediante el estadístico no paramétrico de correlación de Rho de Spearman.

Debido a que los datos de precipitación y temperatura son variables cuantitativas continuas corresponde a la distribución normal, entonces la prueba de hipótesis corresponde a la estadística paramétrica, por tanto, la prueba de hipótesis corresponde mediante el estadístico de correlación de Pearson.

Para la contrastación de los objetivos, para la variable producción de los principales cultivos agrupados en gramíneas, cereales, tubérculos y frutales se utilizó los estadísticos descriptivos como el promedio del rendimiento por altitud en msnm, sumatoria del número de datos para estimar el área instalada y el producto, del promedio y el área instalada para determinar la producción total.

Para la contrastación de los objetivos del cambio climático se utilizó el modelo de regresión lineal de la forma  $Y = a + b X$ , donde la letra Y es la variable dependiente (precipitación o temperatura), "a" es el intercepto de la función de regresión lineal y "b" es la pendiente de la función de regresión, y "X" es la variable independiente (años).

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### **4.1. Resultados**

##### **4.1.1. Resiliencia de los sistemas productivos ante el cambio climático, considerando aspectos de prácticas de manejo de aguas, manejo de suelos y prácticas culturales y sociales de la microcuenca Silcon**

###### **4.1.1.1. Prácticas de manejo de agua**

Las “prácticas de manejo de agua contribuyen a disminuir las inundaciones, erosión, proteger la calidad y cantidad de agua y mitigar el impacto de la sequía, al mismo tiempo que se protege el suelo como la filtración de nutrientes y patógenos perjudiciales para las plantas”.

Para el análisis de las prácticas de manejo de agua se ha utilizado la metodología de semáforo propuesta por (M. Altieri, 2013) donde el color rojo indica bajo nivel de resiliencia, el color ambar indica medio nivel de resiliencia y el color verde indica alto nivel de resiliencia, de acuerdo a las prácticas favorables o negativas para garantizar la sostenibilidad la escala descrita en la tabla 9.

Tabla 9:

Escala de los niveles de resiliencia de los sistemas productivos

Escala	Prácticas positivas	Prácticas negativas
[ 0% – 33% >	Rojo	Verde
[ 33% – 67% >	Ámbar	Ámbar
[ 67% – 100% ]	Verde	Rojo

Fuente: Elaboración propia en base a Altieri (2013)

Tabla 10:

Resiliencia de sistemas productivos en el componente de prácticas de manejo de agua

Variables	n	Localidad de la microcuenca Silcon			Correlación de Spermán (Sig.)
		Yaca (22)	Ocobamba (25)	Circa (22)	
Tipo de riego	69	77.3% Gravedad 22.7% Aspersión 0% Goteo	84% Gravedad 16% Aspersión 0% Goteo	18.2% gravedad 77.3% Aspersión 4.5% Goteo	0
Fuente de abastecimiento de agua de riego	69	4.5% Manantial 95.5% Río 0% Lluvia	8.0% Manantial 88.0% Río 4% Lluvia	9.1% Manantial 81.8% Río 9.1% Lluvia	0.149
Disponibilidad de agua	69	9.1% Mala 54.5% Regular 36.4% Buena	12.0% Mala 40.0% Regular 48.0% Buena	31.8% Mala 68.2% Regular 0% Buena	0.003
Siembra de agua	69	9.1% Si 90.9% No	0% Si 100.0% No	4.5% Si 95.5% No	0.467
Cosecha de agua	69	0.0% Si 100.0% No	4.0% Si 96.0% No	0.0% Si 100.0% No	1
Zanja de infiltración y drenaje	69	0.0% Si 100.0% No	4.0% Si 96.0% No	0.0% Si 100.0% No	1
Riego tecnificado	69	68.2% Si 31.8% No	16.0% Si 84.0% No	27.3% Si 72.7% No	0.004
Control de humedad durante el riego	69	36.4% Si 63.6% No	36.0% Si 64.0% No	27.3% Si 72.7% No	0.529
Almacenaje de agua de lluvias	69	13.6% Si 86.4% No	4.0% Si 96.0% No	0.0% Si 100.0% No	0.054
Sub total componente manejo del agua	69	27.3% Bajo 63.6% Medio 9.1% Alto	20.0% Bajo 40.8% Medio 32.0% Alto	18.2% Bajo 59.1% Medio 22.7% Alto	0.259

Fuente: Elaboración propia, mediante SPSS Statistics 22

Nota: El color rojo indica bajo nivel de resiliencia, el color ámbar indica medio nivel de resiliencia y el color verde indica alto nivel de resiliencia

La tabla 10 muestra la resiliencia de los sistemas productivos en el componente manejo del agua según localidades de la microcuenca Silcon, se observa en términos generales que no existe diferencia significativa ( $\text{Sig.}=0.259 > 0.05$ ) entre los niveles de resiliencia de los sistemas productivos en las localidades de Yaca, Ocobamba y Circa ya que se observa en dichas localidades que las familias practican el riego por gravedad, no practican la siembra y cosecha de agua, no realizan zanjas de infiltración y drenaje y no almacenan el agua proveniente de la lluvia, por lo que existe un nivel bajo de resiliencia en dichos indicadores correspondiendo el color rojo del semáforo en el intervalo de la escala entre 67 a 100%.

Por otro lado, en las localidades de Yaca, Ocobamba y Circa la provisión del agua para riego es proveniente del río, Kisari y Silcon en un porcentaje superior a 81.8% de los casos, por lo que corresponde al color verde del semáforo siendo un indicador de buen nivel de resiliencia en cuanto a la fuente de abastecimiento de agua, sin embargo lo paradójico es que exista un nivel medio de resiliencia en la disponibilidad de agua en las localidades estudiadas, esto se explica por el deficiente sistema de infraestructura de riego existente en la zona de estudio.

#### **4.1.1.2. Prácticas de manejo de suelos y cultivos**

Las prácticas de manejo de suelos y cultivos corresponden a un componente de la resiliencia de los sistemas productivos, comprende



las técnicas que los agricultores practican en sus predios durante la producción de sus cultivos, el nivel de resiliencia depende de las prácticas positivas o negativas según la escala de la tabla 9.

Para ello se ha encuestado a 69 familias de agricultores entre las comunidades Circa, Ocobamba y Yaca para conocer las técnicas que utilizan en el proceso productivo, para ello se utilizó el cuestionario de resiliencia del anexo 2I, con el cual se ha procesado la información que se muestra en la tabla 11, donde se observa que la localidad de Yaca tiene alto nivel de resiliencia en los sistemas productivos en cuanto al manejo de surcos con 81.8%, en el uso de abonos orgánicos con 72.7% y el tipo de cerco de los predios con 72.7% de los casos que cuentan con cerco vivo, correspondiendo el color verde del semáforo, sin embargo es de advertir que existe 68.2% de familias que utilizan fertilizantes químicos lo cual puede ser un factor desfavorable debido a que el 63.6% de las familias no realizan el análisis de suelos, por otro lado se pone de conocimiento que, existen prácticas negativas que están a punto de incluirse en la escala desfavorable (color rojo) entre las que se pueden citar: uso de herbicidas, uso de plaguicidas, dependencia de la semilla y poca práctica de rotación de cultivos dichas prácticas se encuentran entre la escala de 33% a 67% correspondiendo el color ámbar del semáforo para indicar que son prácticas que no favorecen la resiliencia de los cultivos.

Tabla 11:

Resiliencia de sistemas productivos en el componente de manejo de suelos y cultivos en la microcuenca Silcon

Variables	n	Localidad de la microcuenca Silcon			Correlación de Spearman (Sig.)
		Yaca (22)	Ocobamba (25)	Circa (22)	
Prácticas de conservación de suelos	69	50.0% Si 50.0% No	52% Si 48% No	63.6% Si 36.4% No	0.371
Uso de fertilización química	69	68.2% Si 31.8% No	28.0% Si 72.0% No	4.5% Si 95.5% No	0
Manejo del surcado	69	81.8% Si 18.2% No	48.0% Si 52.0% No	59.1% Si 40.9% No	0.123
Uso de herbicidas	69	36.4% Si 63.6% No	24.0% Si 76.0% No	0.0% Si 100% No	0.002
Uso de abono orgánico	69	72.7% Si 27.3% No	72.0% Si 28.0% No	86.4% Si 13.6% No	0.291
Origen del abono	69	59.1% Orgánico 40.9% Químico 0.0% Orgánico y químico	76.0% Orgánico 20.0% Químico 4.0% Orgánico y químico	90.9% Orgánico 9.1% Químico 0.0% Orgánico y químico	0.016
Uso de plaguicidas	69	36.4% No usa 63.6% Químico 0.0% Orgánico	44.0% No usa 56.0% Químico 0.0% Orgánico	86.4% No usa 4.5% Químico 9.1% Orgánico	0.003
Tipo de cerco del terreno	69	18.2% Sin cerco 72.7% Cerco vivo 9.1% Cerco artificial	24.0% Sin cerco 72.0% Cerco vivo 4.0% Cerco artificial	13.6% Sin cerco 86.4% Cerco vivo 0.0% Cerco artificial	0.816
Práctica de análisis de suelo	69	63.6% Sin análisis 4.5% Empírico 31.8% Laboratorio	84.0% Sin análisis 0.0% Empírico 16.0% Laboratorio	95.5% Sin análisis 0.0% Empírico 4.5% Laboratorio	0.007
Dependencia de la semilla	69	36.4% Propia 31.8% Origen local 31.8% Externo certificada	56.0% Propia 20.0% Origen local 24.0% Externo certificada	81.8% Propia 13.6% Origen local 4.5% Externo certificada	0.002
Rotación de cultivos	69	54.5% Si 45.5% No	24.0% Si 76.0% No	27.3% Si 72.7% No	0.059
Sub total de componente	69	27.3% Bajo 50.0% Medio 22.7% Alto	4.0% Bajo 80.0% Medio 16.0% Alto	36.4% Bajo 50.0% Medio 13.6% Alto	0.0342

Fuente: Elaboración propia, mediante SPSS Statistics 22

Nota: El color rojo indica bajo nivel de resiliencia, el color ámbar indica medio nivel de resiliencia y el color verde indica alto nivel de resiliencia

Según la tabla 11, en la localidad de Ocobamba, se observa que existe prácticas que contribuyen a la resiliencia de los sistemas productivos de los cultivos entre ellos se tiene: el poco uso de fertilizantes químicos (28%), poco uso de herbicidas (24%), mayor uso de abonos orgánicos (72%) y presencia de cercos vivos en el 72% de los predios, dichas prácticas favorecen el manejo de suelos y cultivos, sin embargo, existen prácticas que no favorecen a la resiliencia de los cultivos entre ellas la falta de practica de análisis de suelos (84%) con fines de fertilización, uso de semilla propia de campaña anterior (56%) y la falta de rotación de cultivos (76%).

En la localidad de Circa, las prácticas de manejo de suelos y cultivos que contribuyen a la resiliencia de los cultivos se tienen bajo uso de fertilizantes químicos (4.5%), la no utilización de herbicidas, alto uso de abonos orgánicos (86.4%), bajo uso de plaguicidas (86.4%), y presencia de cercos vivos (86.4%), entre las prácticas de manejo de suelos y cultivos que no favorecen la resiliencia se tiene la falta de análisis de suelos (95.5%) con fines de fertilización, alta dependencia de semillas propias (81.8%) y baja rotación de cultivos (27.3%), dichas prácticas en general dentro del componente de manejo de suelos y cultivos resultan favorables para la localidad de Ocobamba donde se refleja un nivel medio de resiliencia con 80% de las familias que practican buen manejo de suelos y cultivos y en las localidades de

Yaca y Circa los niveles de resiliencia son iguales, afirmación que se plantea a un nivel de significancia de 0.0342 (Sig.<0.05).

#### **4.1.1.3. Prácticas culturales y sociales**

Las prácticas culturales y sociales es un componente de los sistemas productivos, comprende el nivel de participación de los agricultores en el proceso de gestión de sus predios y la manera como interactúan con su entorno social y su comunidad. La data fue obtenida mediante la aplicación del cuestionario del anexo 2I, mediante la técnica de la encuesta, luego fue codificada y procesada para que en función de las prácticas positivas o negativas se asigne el color según corresponde en la escala de la tabla 9. Entre los reactivos abordados se tiene a la participación de los integrantes de las familias frente a capacitaciones en cambio climático, diálogo comunal, asesoramiento técnico, prácticas de intercambio de semillas o de saberes ancestrales, la innovación en el manejo de los cultivos y la previsión de alimentos para épocas de escases, etc. Los resultados de los análisis se muestran en la tabla 12, donde en el componente de prácticas culturales y sociales, se observa que las familias de la comunidad de Yaca en un 72.7% de los casos buscan ingresos extras considerando dicha práctica como un punto positivo para complementar la satisfacción de necesidades de la familia, las prácticas de las familias que no contribuyen a la resiliencia de los cultivos se tiene la poca participación en capacitaciones de cambio climático (18.2%), poco apoyo de asesoramiento técnico (13.6%) y baja innovación de prácticas en los cultivos (9.1%), también se advierte que existen prácticas culturales y sociales que se

encuentran en un nivel medio y con tendencia a perderse con el paso del tiempo entre ellas se tiene: nivel de diálogo en temas de cambio climático (50%) y medio nivel de intercambio de saberes entre agricultores (54.5%), se tiene el nivel de resiliencia en el componente cultural y social en la localidad de Yaca representado por 72.7%.

Tabla 12:

Resiliencia de sistemas productivos en el componente de prácticas culturales y sociales en las familias de la microcuenca Silcon

Variables	n	Localidad de la microcuenca Silcon			Correlación de Spearman (Sig.)
		Yaca (22)	Ocobamba (25)	Circa (22)	
Capacitación en cambio climático	69	18.2% Si 81.8% No	52% Si 48% No	9.1% Si 90.9% No	0.507
Dialogo comunal del cambio climático	69	50.0% Si 50% No	44.0% Si 56% No	27.3% Si 72.7% No	0.13
Asesoramiento técnico	69	13.6% Si 86.4% No	32.0% Si 68.0% No	9.1% Si 90.9% No	0.71
Intercambio de saberes entre agricultores	69	54.5% Si 45.5% No	40.0% Si 60.0% No	63.6% Si 36.4% No	0.55
Innovación en prácticas de cultivo	69	9.1% Si 90.9% No	24.0% Si 76.0% No	27.3% Si 72.7% No	0.14
Búsqueda de ingresos extras	69	72.7% Si 27.3% No	32.0% Si 68.0% No	63.6% Si 36.4% No	0.55
Ahorros de contingencia por mala cosecha	69	27.3% Si 72.7% No	12.0% Si 88.0% No	36.4% Si 63.6% No	0.49
Conocimiento de microorganismos benéficos	69	40.9% Si 59.1% No	36.0% Si 64.0% No	0.0% Si 100.0% No	0
Conocimiento de microorganismos patógenos	69	36.4% Si 63.6% No	40.0% Si 60.0% No	4.5% Si 95.5% No	0.02
Sub total componente	69	18.2% Bajo 72.7% Medio 9.1% Alto	24.0% Bajo 56.0% Medio 20.0% Alto	4.5% Bajo 81.8% Medio 13.6% Alto	0.28

Fuente: Elaboración propia, mediante SPSS Statistics 22

Nota: El color rojo indica bajo nivel de resiliencia, el color ámbar indica medio nivel de resiliencia y el color verde indica alto nivel de resiliencia

Según la tabla 12, en la localidad de Ocobamba, se observa que las prácticas sociales y culturales que no favorecen a la resiliencia de los cultivos son: bajo nivel de asesoramiento técnico (32%), bajo nivel de innovación en prácticas de cultivos (24%), bajo nivel de búsqueda de ingresos extras (32%) para la satisfacción de necesidades de la familia y bajo nivel de ahorro de contingencia por mala cosecha (12%), entre las prácticas sociales y culturales que contribuyen a la resiliencia de los cultivos en un nivel medio se tiene la capacitación en cambio climático (52%), diálogo del cambio climático (44%), intercambio de saberes entre agricultores (40%) y conocimiento de microorganismos benéficos y patógenos (36% y 40% respectivamente).

En la localidad de Circa las prácticas sociales y culturales que no contribuyen a la resiliencia de los cultivos se tiene la baja capacitación en cambio climático (9.1%), bajo nivel de diálogo comunal en cambio climático (27.3%), bajo nivel de asesoramiento técnico (91%), bajo nivel de innovación de prácticas de cultivo (27.3%), nulo conocimiento de microorganismos benéficos y bajo nivel de conocimiento de microorganismos patógenos (4.5%), entre las prácticas social cultural que contribuyen en nivel medio a la resiliencia de cultivos se tiene el intercambio de saberes entre agricultores (63.6%), búsqueda de ingresos extras (63.6%) y ahorros de contingencia por mala cosecha (36.4%).

En general en el componente social cultural se tiene medio nivel de resiliencia con valores de 72.7% en la localidad de Yaca, 56% en Ocobamba y 81.8% en Circa, sin embargo, dichos niveles de resiliencia no son significativos (Sig. > 0.05).

#### **4.1.1.4. Causas y efectos del cambio climático en los sistemas productivos**

Es un componente de la resiliencia de los sistemas productivos, mide la percepción de los agricultores respecto al cambio climático a su vez que se contrasta de manera los cambios en la precipitación y temperatura analizados en base a datos meteorológicos.

La tabla 13 muestra las percepciones de las familias de la microcuenca Silcon, respecto al cambio climático y sus efectos, se puede observar que las familias de las localidades de Yaca, Ocobamba y Circa tienen semejante nivel de percepción (Sig. 0.598 > 0.05).

Más del 50% de las familias mencionan que el cambio climático es por un proceso antrópico ocasionado por actividades de deforestación ( $\geq 40.9\%$ ), agricultura y ganadería y por efecto de gases de efecto invernadero que es un denominador común en la percepción de las familias ya que el nivel de la significancia de 0.065 es mayor al nivel de la probabilidad asumida (Sig. > 0.05).

Entre los efectos del cambio climático, la mayor proporción de las familias de las localidades de Yaca y Circa identifican el aumento de la temperatura, mientras que la mayor proporción de las familias de Ocobamba mencionan la destrucción de la capa de ozono, evidentemente existe un consenso entre las familias de las tres

localidades, que perciben, que la existencia del cambio climático, afecta la agricultura y no es beneficioso, situación que se declara en una mayor proporción ( $\geq 63.6\%$ ).

Tabla 13:

Percepción de las causas y efectos del cambio climático en los sistemas productivos en las localidades de la microcuenca Silcon

Variables	n	Localidad de la microcuenca Silcon			Correlación de Spearman (Sig.)
		Yaca (22)	Ocobamba (25)	Circa (22)	
Cambio climático	69	40.9% Natural y antrópico 9.1% Proceso natural 50% Proceso Antrópico	24.0% Natural y antrópico 16.0% Proceso natural 60% Proceso Antrópico	22.7% Natural y antrópico 27.3% Proceso natural 50% Proceso Antrópico	0.598
Causas del cambio climático	69	9.1% Agricultura y ganadería 18.2% Causas naturales 63.6% Deforestación 9.1% Gases de efecto invernadero 0.0% Otros	16.0% Agricultura y ganadería 32.0% Causas naturales 44.0% Deforestación 8.0% Gases de efecto invernadero 0.0% Otros	13.6% Agricultura y ganadería 13.6% Causas naturales 40.9% Deforestación 22.7% Gases de efecto invernadero 9.1% Otros	0.065
Efectos del cambio climático	69	4.5% Afecta a la agricultura 54.5% Aumento de la temperatura 13.6% Destruye la capa de ozono 0.0% Otros 27.3% Todas las anteriores	0.0% Afecta a la agricultura 36.0% Aumento de la temperatura 44.0% Destruye la capa de ozono 0.0% Otros 20.0% Todas las anteriores	0.0% Afecta a la agricultura 63.6% Aumento de la temperatura 18.2% Destruye la capa de ozono 4.5% Otros 13.6% Todas las anteriores	0.104
Es beneficioso el cambio climático	69	9.1% Si 90.9% No	24.0% Si 76.0% No	31.8% Si 68.2% No	0.069
Existe realmente el cambio climático	69	100% Si 0.0% No	76.0% Si 24.0% No	63.6% Si 36.4% No	0.002
Le preocupa el cambio	69	13.6% Nada 27.3% Poco	12.0% Nada 40.0% Poco	18.2% Nada 36.4% Poco	0.387



climático		59.1% Mucho	48% Mucho	45.5% Mucho	
Se podrá evitar el cambio climático	69	40.9% Si	40.0% Si	54.5% Si	0.371
		59.1% No	60.0% No	45.5% No	
Las autoridades se preocupan por el cambio climático	69	31.8% Nada	36.0% Nada	31.8% Nada	
		54.5% Poco	52.0% Poco	63.6% Poco	
		13.6% Mucho	12.0% Mucho	4.5% Mucho	
Ha recibido información del cambio climático	69	86.4% Si	88.0% Si	59.1% Si	0.028
		13.6% No	12.0% No	40.9% No	
Por qué medio ha recibido información del cambio climático	69	0.0% Capacitación	36.0% Capacitación	4.5% Capacitación	0.954
		9.1% Internet	4.0% Internet	4.5% Internet	
		68.2% Radio	36.0% Radio	68.2% Radio	
		18.2% Televisión	12.0% Televisión	18.2% Televisión	
		4.5% Otro	12.0% Otro	4.5% Otro	
Causas y efectos del cambio climático en los sistemas productivos	69	18.2% Bajo	.0% Bajo	18.2% Bajo	1
		63.6% Medio	64.0% Medio	63.6% Medio	
		18.2% Alto	12.0% Alto	18.2% Alto	

Fuente: Elaboración propia, mediante SPSS Statistics 22

Nota: El color rojo indica bajo nivel de resiliencia, el color ámbar indica medio nivel de resiliencia y el color verde indica alto nivel de resiliencia

Según la tabla 13, el mayor porcentaje ( $\geq 45.5\%$ ) de las familias de las tres localidades de la microcuenca Silcon se preocupan mucho del cambio climático, mientras que la mayor proporción ( $\geq 52.0\%$ ) de las autoridades muestran poca preocupación frente al cambio climático.

Respecto a los medios de difusión por los cuales se da a conocer el cambio climático se observa que en las localidades de Ocobamba y Circa, el mayor porcentaje corresponde a la radio, seguido de la capacitación y la televisión, mientras que en la localidad de Yaca las familias no recibieron información del cambio climático por medio de la

capacitación, pero que a través de la radio, televisión e internet tienen conocimiento del cambio climático.

#### **4.1.2. Producción de los principales cultivos en la microcuenca Silcon y rendimientos nacionales**

Para determinar la producción de los principales cultivos se realizó la distribución de la microcuenca según piso altitudinal en el rango de 500 msnm, y en función de dichos intervalos se calculó el área según altitud, luego se ha recorrido con el equipo Drone DJI Matrice utilizado en técnicas de agricultura de precisión que mediante una banda de colores define el tipo de cultivo existente, para determinar la producción se ha realizado entrevistas a productores de la zona y la información obtenida se ha corroborado con información secundaria de la Dirección de Información Agraria del Ministerio de Agricultura DIA-MINAG, los resultados para los principales cultivos se muestran a continuación.

##### **4.1.2.1. Producción de gramíneas**

Las principales gramíneas identificadas fueron el maíz amiláceo (*Zea mays* L.), la cebada (*Hordeum vulgare* L.) y el trigo (*Triticum durum* L.) como se muestra en la tabla 14.

La tabla 14 muestra el área total de gramíneas instaladas en la microcuenca Silcon de las 233.35 ha, el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) tiene la mayor proporción con 189.56 ha, luego el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con 29.15 ha, después el cultivo de trigo (*Triticum durum* sp) con 14.67 ha, en cuanto a la distribución de sus altitudes se tiene que el maíz está distribuido desde los 2000 msnm hasta los 3500

msnm, la cebada desde los 3000 msnm hasta los 4000 msnm y el trigo desde los 1500 msnm hasta 2000 msnm.

Tabla 14:

Producción de gramíneas en la microcuenca Silcon

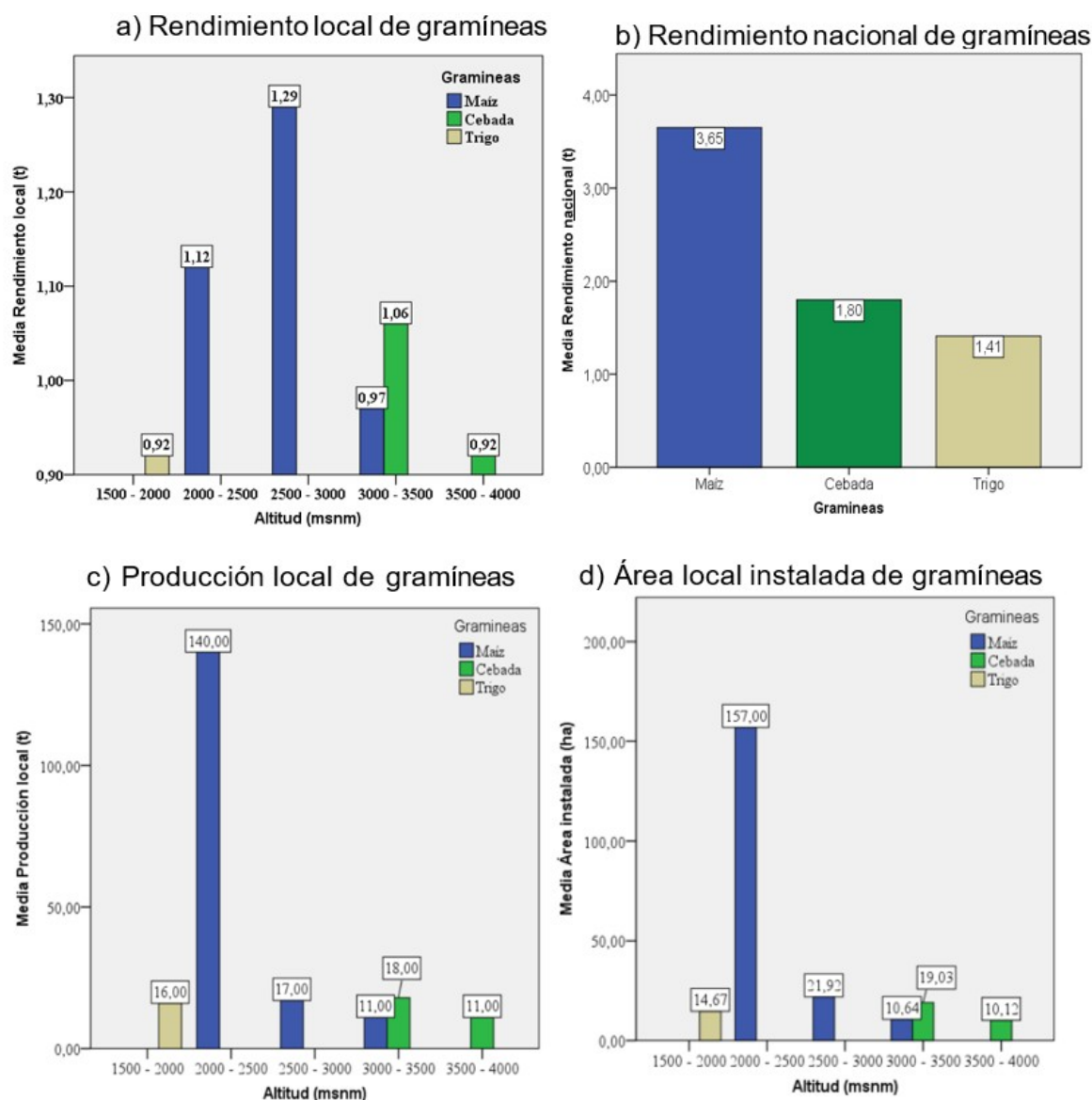
Cultivo	Producción local (t)	Rendimiento local (t/ha)	Rendimiento nacional (t/ha)	Área instalada (ha)	Altitud (msnm)
Maíz	140	1.12	3.650	157.00	2000 – 2500
Maíz	17	1.29		21.92	2500 – 3000
Maíz	11	0.97		10.64	3000 – 3500
Total				189.56	
Cebada	18	1.06	1.80	19.03	3000 – 3500
Cebada	11	0.92		10.12	4000 – 4500
Total				29.15	
Trigo	16	0.92	1.41	14.67	1500 – 2000
Total				14.67	
Total área instalada de gramíneas (ha)				233.35	

Fuente: Elaboración propia en base a la información de mapa de índice de NDVI

La figura 5, muestra las características de la producción de gramíneas correspondiente a la campaña agrícola 2020 – 2021 de la microcuenca Silcon, el mismo que a su vez, se puede comparar con los rendimientos de las gramíneas a nivel nacional.

Figura 5:

Histograma de frecuencia de la producción de gramíneas en la microcuenca Silcon



Fuente: Elaboración propia mediante SPSS Statistics 22, en base a la información de mapa de índice NDVI

En la figura 5, se observa que el rendimiento de las gramíneas según altitud de la microcuenca Silcon, en la figura a) el cultivo de maíz ocupa el primer lugar con 1.29 t/ha entre los 2500msnm a 3000 msnm, dicho valor es inferior al rendimiento promedio nacional que registra un valor de 3.65 t/ha tal como se muestra en el panel de la figura b), también se

puede notar que a medida que aumenta la altitud, el rendimiento del maíz decrece.

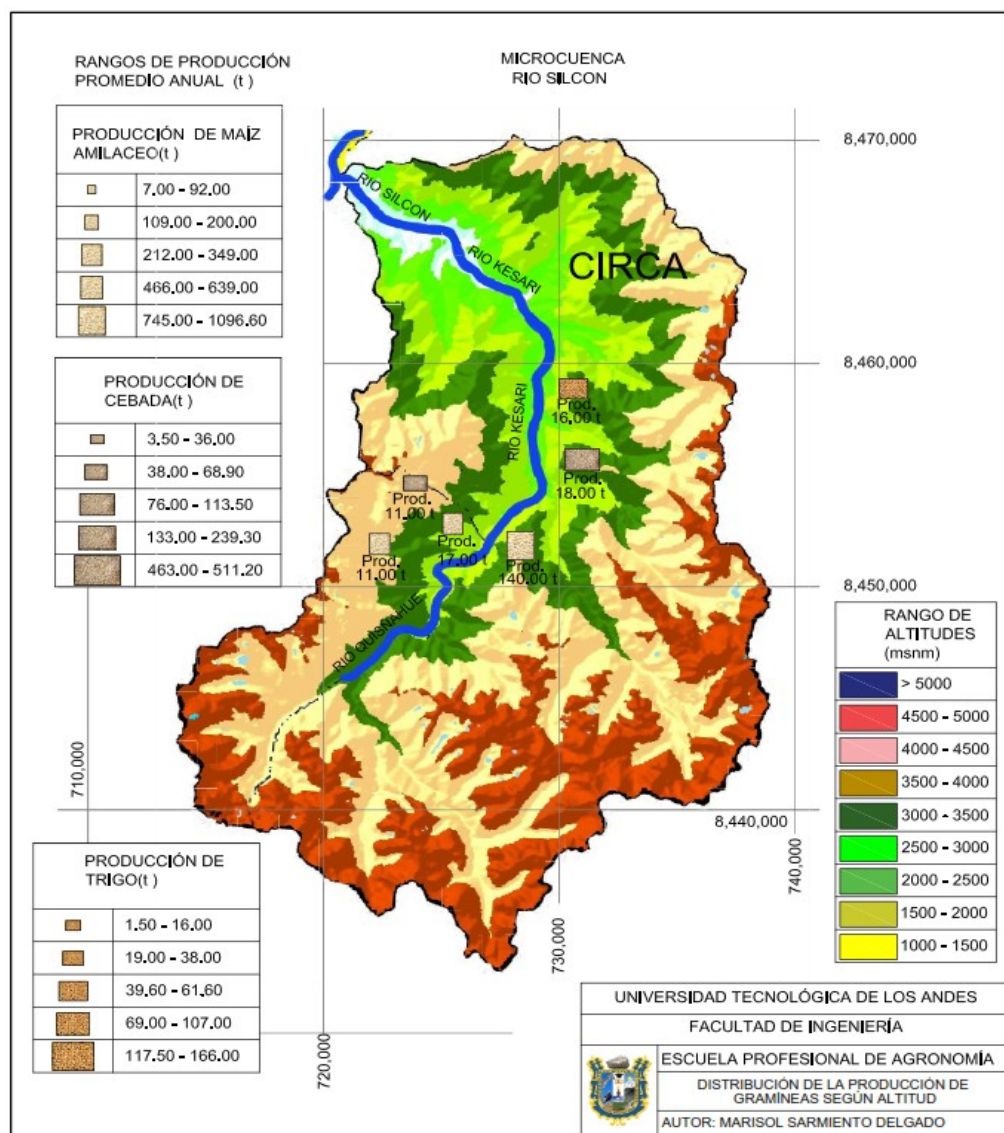
En el panel de la figura c) la mayor producción de maíz se encuentra distribuida entre los 2000 a 2500 msnm llegando a 140 t, mientras que la menor producción se registra entre los 3500 a 4000 msnm con 11 t, por su parte en la figura d) se observa que entre los 2000 a 2500 msnm se han instalado 157 ha del cultivo de maíz y 10.64 ha entre 3000 a 3500 msnm.

En cuanto al cultivo de la cebada se observa en el panel de la figura a) que el mayor rendimiento se encuentra entre 3000 msnm a 3500 msnm con el valor de 1.06 t/ha, valor inferior al rendimiento promedio nacional que registra 1.80 t/ha, según la figura c) se observa que la producción del cultivo de cebada fue de 18 t entre 3000 a 3500 msnm y de 11 t entre 3500 a 4000 msnm se puede observar que a mayor altitud la producción y el rendimiento disminuyen, respecto a la distribución del área instalada según la altitud se observa en la figura d) que 19.03 ha se encuentran entre los 3000 a 3500 msnm mientras que 10.12 ha fueron instaladas entre los 3500 a 4000 msnm.

El cultivo de trigo, en el panel de la figura a) se aprecia que el rendimiento alcanza a 0.92 t/ha entre 1500 msnm a 2000 msnm, dicho rendimiento es inferior si comparamos con los resultados del panel b) que registra un rendimiento promedio nacional de 1.41 t/ha, según la figura c) la producción de trigo fue de 16.00 t entre 1500 a 2000 msnm y en el panel de la figura d) se observa que el área instalada fue de 14.67 ha.

Figura 6:

Distribución de la producción de gramíneas según altitud



Fuente: Elaboración propia en base a información del NDVI, obtenido mediante Drone DJI Matrice

La producción de gramíneas según la figura 6, se encuentra entre las coordenadas UTM 720000E, 8460000N y 735000E, 8450000N de la microcuenca Silcón entre dichas coordenadas existen diversidad de tierras de cultivos cuya producción si solo se produjera maíz amiláceo puede llegar a alcanzar hasta 1096.60 t, si solo se produjera cebada puede llegar hasta 511.20 t y en trigo hasta 166 t dichos valores se

obtienen tomando en consideración los pisos ecológicos y la aptitud de la tierra para los cultivos.

En la tabla 15, se muestra la estacionalidad de la producción de gramíneas, donde en la zona, solo se acostumbra obtener una sola cosecha en la campaña agrícola.

Tabla 15:

Estacionalidad de la producción de gramíneas en la microcuenca Silcon

Cultivos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
<b>Trigo</b>	■												
<b>Maíz</b>					■					■			
<b>Cebada</b>	■											■	

Fuente: Elaboración propia

Los cultivos de trigo, maíz y cebada son anuales y en la microcuenca Silcon, se obtiene una sola cosecha anual, según la tabla 15, el trigo se siembra en enero y se cosecha en junio, el maíz se siembra en octubre y se cosecha entre los meses de mayo a julio de acuerdo con el piso ecológico, la cebada se siembra en el mes de diciembre y se cosecha entre los meses de mayo a junio, la estacionalidad de los cultivos tiene relación directa con la presencia de las primeras lluvias en la zona.

#### 4.1.2.2. Producción de leguminosas

La producción de leguminosas en la microcuenca Silcon se realiza entre los 2000 a 3500 msnm, como se puede notar en la tabla 16.

Tabla 16:

Producción de leguminosas en la microcuenca Silcon

Cultivo	Producción local (t)	Rendimiento local (t/ha)	Rendimiento nacional (t/ha)	Área instalada (ha)	Altitud (msnm)
Haba grano verde	14	3.14	1.22	4.46	2500 - 3000
Haba grano verde	5	2.28		2.19	3000 - 3500
Total				6.65	
Arveja grano verde	10	2.46	1.24	4.07	2500 - 3000
Arveja grano verde	11	3.21		3.43	3000 - 3500
Total				7.49	
Arveja grano seco	7	1.94	1.455	3.61	2000 - 2500
Total				3.61	
Total área instalada de leguminosas (ha)				17.75	

Fuente: Elaboración propia en base a la información de mapa de índice de NDVI

La tabla 16, muestra el área total de leguminosas en la microcuenca Silcon con 17.75 ha, de dicha área 6.65 ha corresponden al cultivo de haba (*Vicia fabae*), 4.49 ha corresponden al cultivo de arveja grano verde (*Pisum sativum*) y 3.61 ha corresponden al cultivo de arveja grano seco, los terrenos destinados al cultivo de leguminosas se encuentran entre 2500 a 3500 msnm, las leguminosas de haba y arveja en grano verde se cultivan entre 2500 a 3500 msnm, mientras que los destinados a grano seco se encuentran entre 2000 a 2500 msnm.

La figura 7, panel a) muestra que el mayor rendimiento de haba grano verde es de 3.14 t/ha y se alcanza entre 2500 a 3000 msnm y conforme aumenta la altitud a 3000 - 3500 msnm los rendimientos disminuyen a



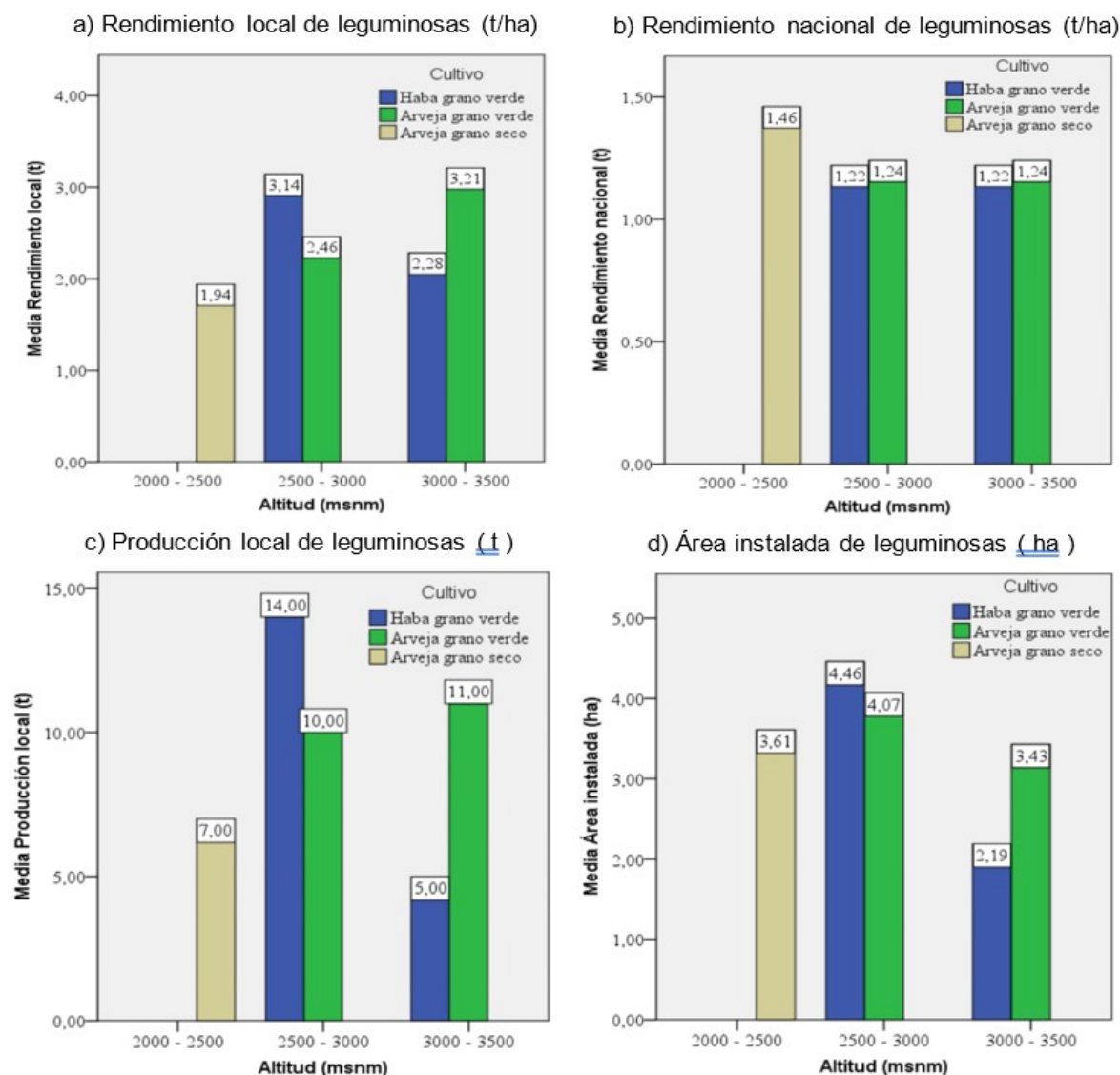
2.28 t/ha, dichos rendimientos son superiores a los rendimientos nacionales que en promedio reportan 1.22 t/ha.

En el panel de la figura 7c) se observa que la mayor producción de haba grano verde fue de 14 t y se encuentra distribuida entre los 2500 a 3000 msnm y la menor producción es de 5 t entre el piso ecológico de 3000 a 3500 msnm, respecto al área instalada se tiene 4.46 ha, en el piso ecológico de 2500 a 3000 msnm y 2.19 ha entre 3000 a 3500 msnm.

Sobre el cultivo de arveja grano verde, se observa en la figura 7a) que, cuando aumenta la altitud de 2500 a 3500 msnm el rendimiento de la producción aumenta de 2.46 t/ha a 3.21 t/ha que al comparar con los rendimientos nacionales es superior ya que el promedio nacional es de 1.24 t/ha, en cuanto a la producción de la microcuenca Silcon se observa que es de 10 t y 11 t entre los 2500 msnm y 3500 msnm respectivamente, en la figura 7d) se aprecia que, a pesar que los rendimientos son superiores a altitudes entre 3000 a 3500 msnm la mayor área se encuentra entre 2500 a 3000 msnm con 4.07 ha.

Figura 7:

Histograma de frecuencia de la producción de leguminosas en la microcuencia Silcon



Fuente: Elaboración propia mediante SPSS Statistics 22, en base a la información de mapa de índice de NDVI

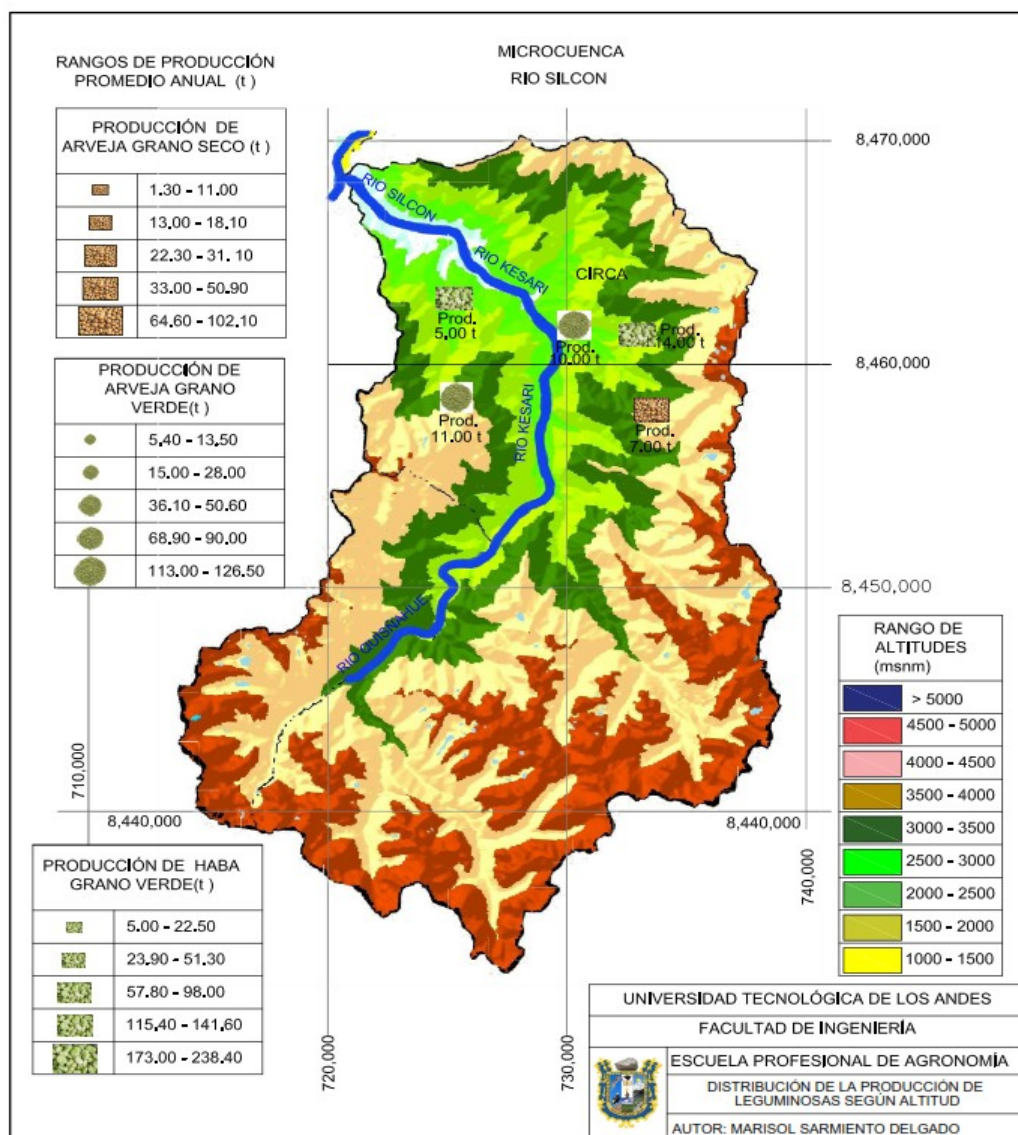
La arveja grano seco, tiene un rendimiento de 1.94 t/ha, el total de la producción en la microcuencia Silcon es de 7 t y se produce en 3.61 ha.

Por otra parte, la producción de leguminosas según la figura 8, se encuentra entre las coordenadas UTM 725000E, 8465000N y 735000E, 8455000N de la microcuencia Silcon, el potencial productivo para el cultivo de arveja grano seco es de 1.30 t a 102.10 t, para el cultivo de

arveja grano verde es de 5.30 t a 126.50 t y para el cultivo de haba grano verde el potencial productivo es de 5 t a 238.40 t.

Figura 8:

Distribución de áreas de producción de leguminosas en la microcuenca Silcon



Fuente: Elaboración propia en base a información del NDVI, obtenido mediante Drone

DJI Matrice

Según la figura 8, la producción de leguminosas, principalmente se encuentran en áreas cercanas a los ríos Kesari y Quisñahue los cuales se encuentran en altitudes de 2500 a 3500 msnm. A su vez en la figura

8, se muestra la localización de las leguminosas y su potencial productivo según su aptitud del suelo y la ecología.

Los cultivos de arveja grano verde y seco y el cultivo de haba grano verde son estacionales en la microcuenca Silcon según se muestra en la tabla 17.

Tabla 17:

Estacionalidad de la producción de leguminosas en la microcuenca Silcon

Cultivos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>Haba</b>												
<b>Arveja verde</b>												
<b>Arveja grano</b>												

Fuente: elaboración propia

La época de siembra y cosecha depende del clima y el piso altitudinal, según la tabla 17, el cultivo de haba verde inicia la siembra en diciembre y se cosecha entre julio y agosto, el cultivo de arveja grano verde (campana chica) se siembra en marzo y se cosecha en setiembre y la arveja grano seco (campana grande) se siembra en diciembre y se cosecha entre mayo a junio.

#### 4.1.2.3. Producción de tubérculos

La producción de papas tiene lugar entre las altitudes de 3000 a 4000 msnm y el olluco hasta los 4500 msnm tal como se puede notar en la tabla 18, donde el área total de tubérculos en la microcuenca Silcon con 9.59 ha, de dicha área 3.29 ha corresponden al cultivo de olluco (*Ullucus tuberosus*) y 6.30 ha corresponden al cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), los terrenos destinados al cultivo de tuberosas

se encuentran entre los 3000 msnm a 4000 msnm notando a su vez que los rendimientos disminuyen conforme aumenta la altitud.

Tabla 18:

Producción de tubérculos en la microcuenca Silcon

Cultivo	Producción local (t)	Rendimiento local (t/ha)	Rendimiento nacional (t/ha)	Área instalada (ha)	Altitud (msnm) —
Olluco	12	6.64	5.81	1.81	3000 - 3500
Olluco	8	5.41		1.48	4000 - 4500
Total				3.29	
Papa	28	11.54	12.54	2.43	3000 - 3500
Papa	16	4.13		3.87	3500 - 4000
Total				6.30	
Total área instalada de tubérculos				9.59	

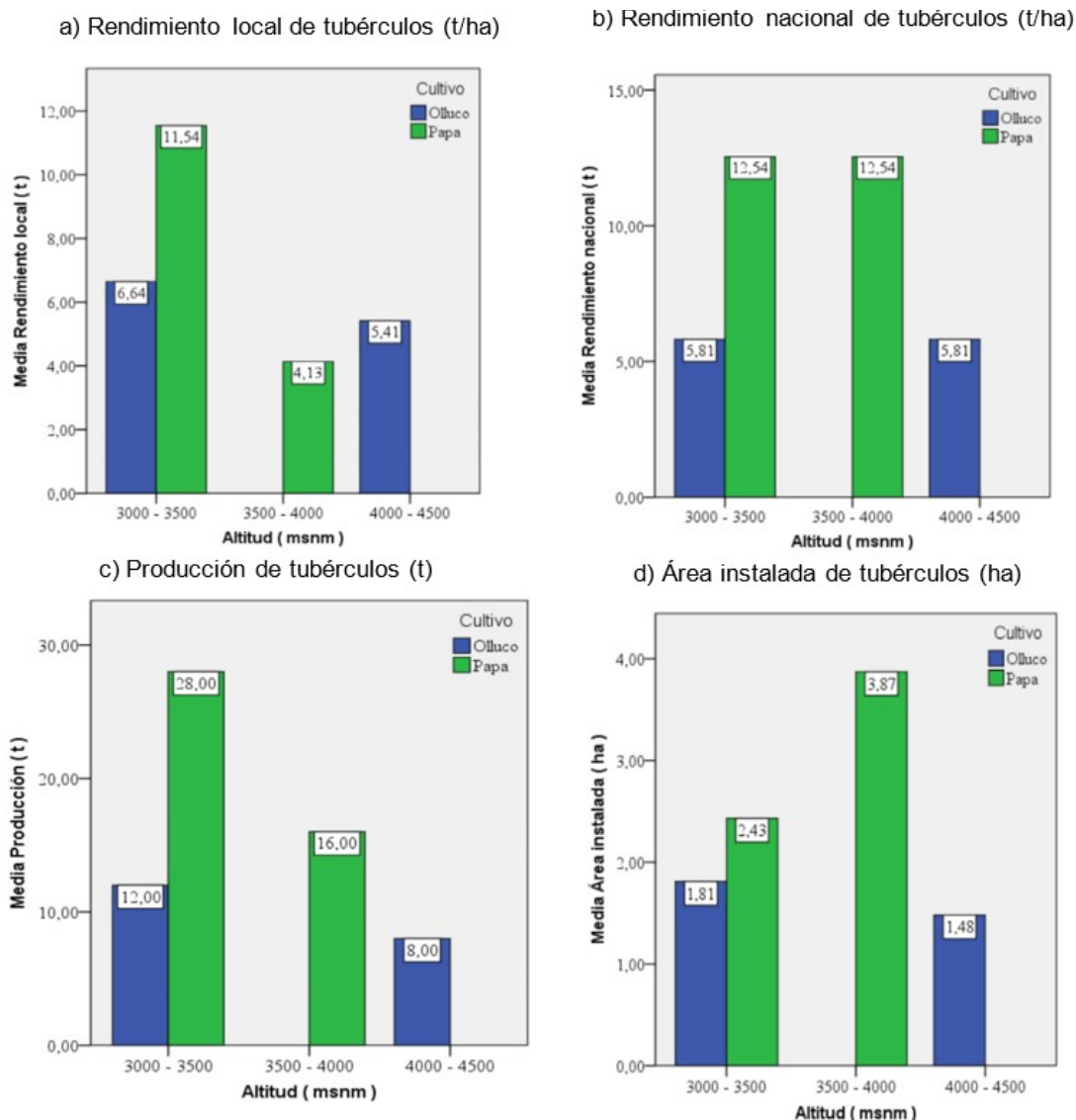
Fuente: Elaboración propia en base a la información de mapa de índice de NDVI

La figura 9, muestra la producción, rendimiento y área según los tubérculos producidos en la microcuenca Silcon, a su vez permite realizar la comparación con los rendimientos nacionales.

La figura 9a) se aprecia que el mayor rendimiento del cultivo de olluco es de 6.64 t/ha para el piso ecológico entre 3000 msnm a 3500 msnm y conforme se incrementa la altitud a 4000 msnm el rendimiento de la producción de olluco disminuye a 5.41 t/ha, al comparar con los rendimientos nacionales de la figura 9b) se observa que no difieren significativamente ya que el rendimiento promedio nacional es de 5.81 t/ha; según la figura 9c) se observa que la producción de olluco en la microcuenca Silcon es de 12 t y 8 t entre los 3000 msnm y 4000 msnm respectivamente, las áreas destinadas al cultivo de olluco es de 1.81 ha entre los 3000 msnm a 3500 msnm y de 1.48 ha entre los 4000 msnm a 4500 msnm.

Figura 9:

Histograma de frecuencia de la producción de tubérculos en la microcuenca Silcon

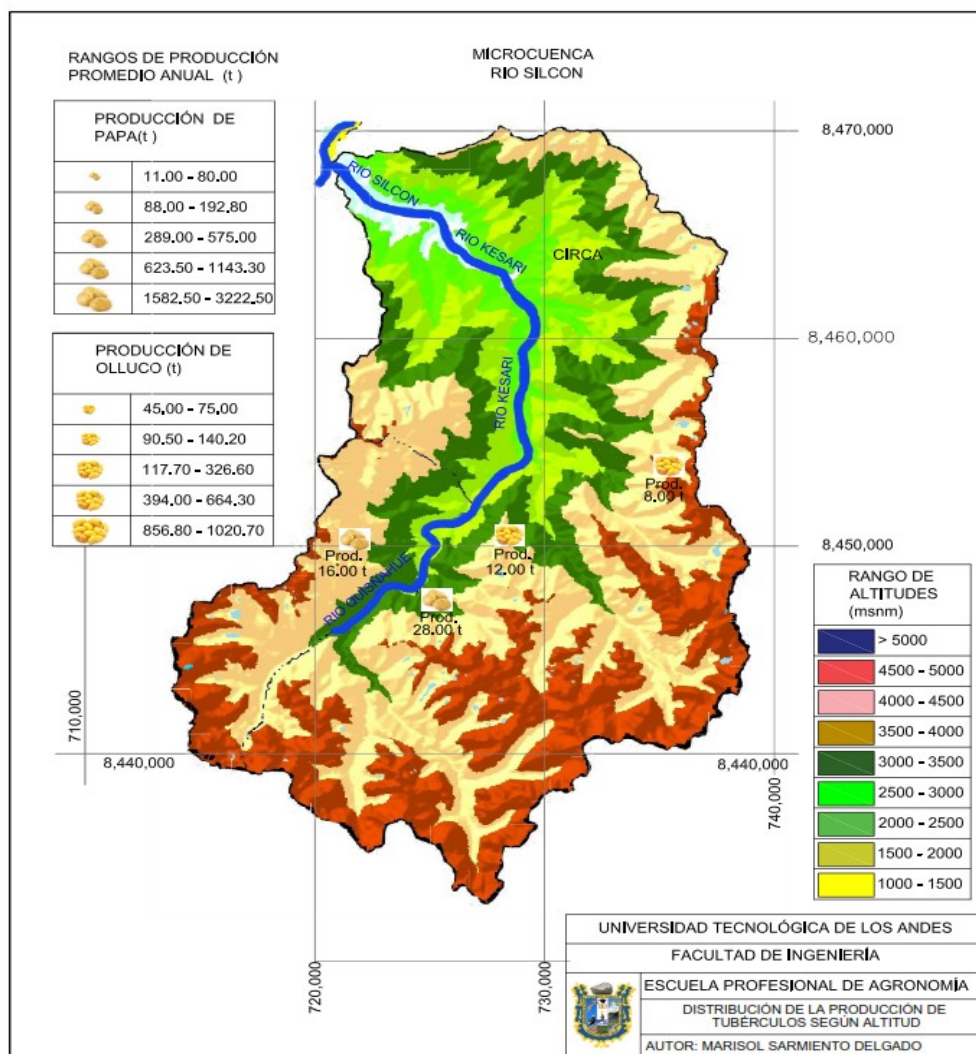


Fuente: Elaboración propia mediante SPSS Statistics 22, en base a la información de mapa de índice de NDVI

La producción de papa en la microcuenca Silcon alcanza a 28 t y 16 t entre las altitudes de 3500 msnm y 4000 msnm respectivamente (Figura 9c), la mayor área instalada se encuentra distribuida entre los 3500 msnm a 4000 msnm con 3.87 ha, y entre los 3000 msnm a 3500 msnm la cantidad de área instalada es de 2.43 ha.

Figura 10:

Distribución de área de la producción de tubérculos en la microcuenca Silcon



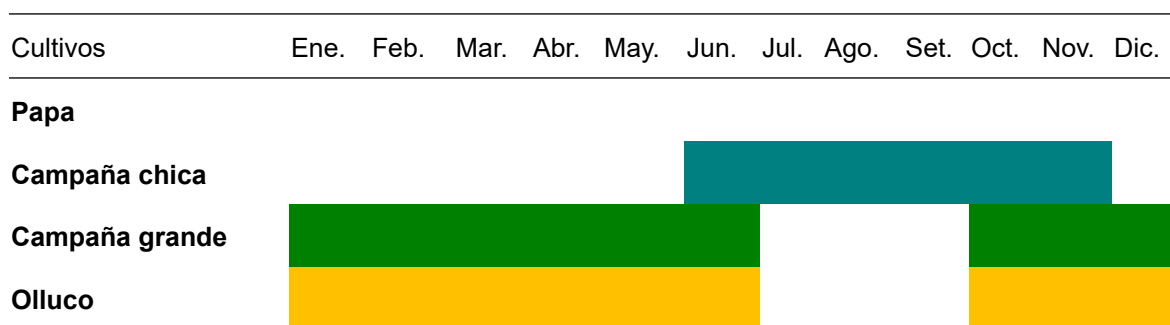
Fuente: Elaboración propia en base a información del NDVI, obtenido mediante Drone DJI Matrice

La producción de tubérculos según la figura 10, se encuentra entre las coordenadas UTM 720000E, 8450000N y 730000E, 8445000N de la microcuenca Silcon, el potencial productivo para el cultivo de olluco es de 45.00 t a 1020.70 t, para el cultivo de papa el potencial productivo es de 11.00 t a 3222.50 t.



Tabla 19:

Estacionalidad de la producción de tubérculos en la microcuenca Silcon



Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 19, la estacionalidad del cultivo de papa es todo el año mientras que el cultivo de olluco es una vez por año, el cultivo de papa en la campaña chica inicia la siembra en junio y se cosecha en diciembre y en campaña grande se inicia en octubre y se cosecha en junio, el cultivo de olluco se siembra en octubre y se cosecha en junio.

#### 4.1.2.4. Producción de frutas

La producción de frutas en la microcuenca Silcon, se encuentra entre el valle entre los 2000 a 3500 msnm como se puede observar en la tabla 20.

Tabla 20:

Producción de frutales en la microcuenca Silcon

Cultivo	Producción local (t)	Rendimiento local (t/ha)	Rendimiento nacional (t/ha)	Área instalada (ha)	Altitud (msnm)
Palta	16.29	6.33	8.8	2.57	2000 - 2500
Palta	9.32	6.82		1.37	3000 - 3500
<b>Total</b>				<b>3.94</b>	
Manzana	4.73	5.77	10.2	0.82	2000 - 2500
<b>Total</b>				<b>0.82</b>	
<b>Total área instalada de leguminosas</b>				<b>4.76</b>	

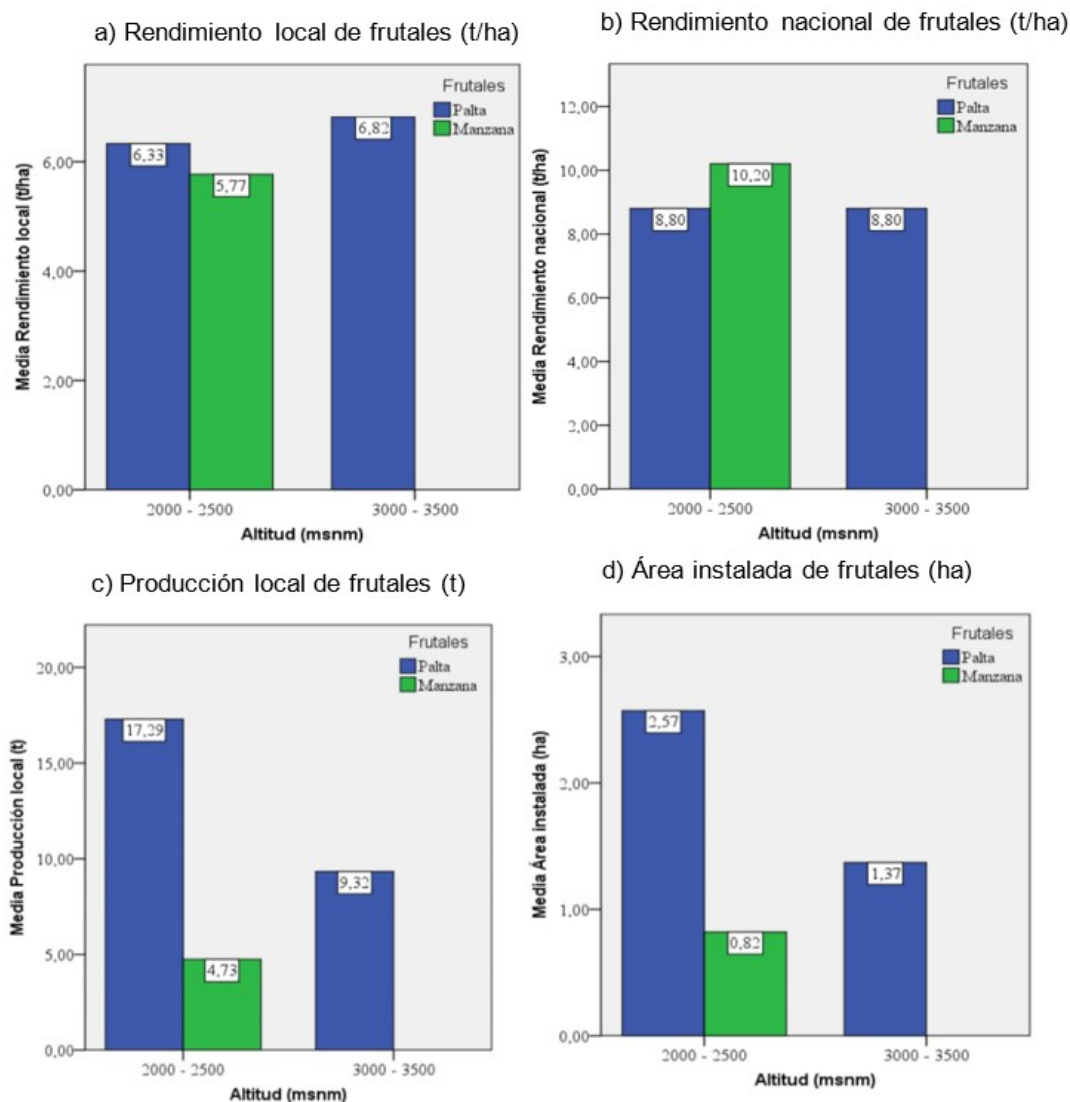
Fuente: Elaboración propia en base a la información de mapa de índice de NDVI



Según la tabla 20, el área total de frutales es de 4.76 ha, de las cuales 3.94 ha está representado por el palto y 0.82 ha de manzana, también en la zona de Ocobamba se ha registrado plantaciones de cítricos sin embargo no es significativo, las áreas destinadas a los frutales se encuentran entre 2000 a 3500 msnm. Las áreas que son destinados al cultivo de palto, decrecen según la altitud, de 2.57 ha en 2000 a 2500 msnm disminuye a 1.37 ha entre 3000 a 3500 msnm.

Figura 11:

Histograma de frecuencia de la producción de frutales en la microcuenca Silcon



Fuente: Elaboración propia, mediante SPSS Statistics 22, en base a la información de mapa de índice de NDVI

La figura 11 a) se aprecia que el mayor rendimiento de palta es de 6.82 t/ha y ocurre en el piso ecológico entre 3000 a 3500 msnm y disminuye a 6.33 t/ha entre 2000 a 2500 msnm, al comparar con los rendimientos nacionales de la figura 11b) se observa que es menor ya que el promedio nacional es de 8.8 t/ha; según la figura 11c) se observa que la producción de palto es de 17.29 t entre 2000 a 2500 msnm y 9.32 t entre 3000 a 3500 msnm lo que indicaría que a pesar que los

rendimientos son mayores entre los 3000 a 3500 msnm la cantidad de área disponible para la instalación de palto solo alcanza a 1.37 ha (figura 11d).

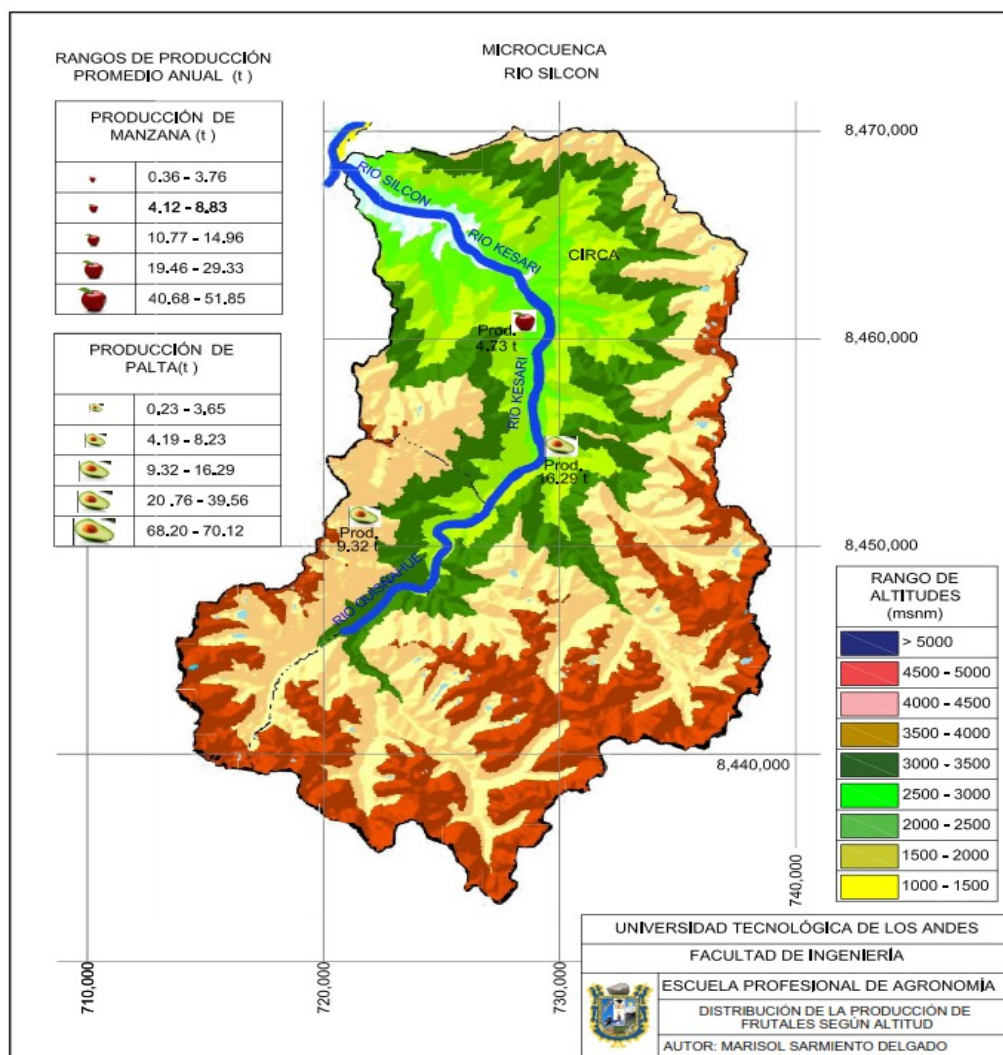
La distribución de plantaciones de manzano se encuentra entre los 2000 a 2500 msnm y los rendimientos son de 5.77 t/ha (figura 11a) dicho rendimiento es casi el 50% menos que los promedios nacionales que en promedio son de 10.20 t/ha (figura 11b), el área instalada de plantas de manzano es de 0.82 ha (figura 11d) que alcanzan niveles de producción de 4.77 t tal como se aprecia en la figura 11c).

En cuanto a la producción de frutales en la microcuenca Silcon, se muestran la distribución de las plantaciones en la figura 12, los cuales se encuentra entre las coordenadas UTM 720000E, 8450000N y 730000E, 8460000N, el potencial productivo para la instalación de plantaciones de manzano puede llegar hasta 51.85 t, y en palto de hasta 70.12 t., es de importancia destacar el potencial productivo para dichas frutas principalmente ubicadas en el nivel del valle de la microcuenca.

Según la figura 12, si solo se produjera manzanos, el potencial productivo para dicho frutal puede ser de 51.85 toneladas, mientras que si solo se produjera palto el potencial productivo para dicho frutal puede ser hasta 70.12 toneladas, según el reporte de la información de NDVI.

Figura 12:

Distribución de áreas de la producción de frutales en la microcuenca Silcon



Fuente: Elaboración propia en base a información del NDVI, obtenido mediante Drone DJI Matrice

Los frutales en la microcuenca Silcon son de naturaleza permanente, siendo la época de cosecha entre febrero a mayo de cada año, tal como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21:

Estacionalidad de la producción de frutales en la microcuenca Silcon

Cultivos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>Palta</b>												
<b>Manzana</b>												

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.3. Variabilidad del clima en la microcuenca Silcon, periodo 1981 – 2020

Para el estudio de la variabilidad del clima en la microcuenca Silcon se acudió a información meteorológica de precipitación y temperatura de las estaciones meteorológicas existentes en Apurímac según la (tabla 22), a partir de dicha información, se regionalizó las variables para la microcuenca Silcon utilizando el método de regresión lineal, para ello previamente se ha calculado los factores de influencia ( $a_i$ ) de cada estación base y los factores de corrección por altitud ( $b_i$ ), luego se determinó los coeficientes de la ecuación de precipitación en función de las estaciones base ( $E.E.i = \sum a_i b_i E_i$ ), siendo el resultado de la ecuación:

$$E.Silcon = 0.188 (E1) + 0.228 (E2) + 0.115 (E3) + 0.194 (E4) + 0.150 (E5) + 0.187 (E6)$$

Donde: E1 representa la Estación base Abancay; E2 la estación base Andahuaylas; E3 la estación base Antabamba; E4 la estación base Chalhuanca; E5 la estación base Curahuasi y E6 la estación base Huancabamba.

Figura 13:

Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas en Apurímac



Fuente: Elaboración propia con datos de la Carta Nacional 1/100.000, SENAMHI (2020)

En la figura 13 se muestran las estaciones meteorológicas de la región Apurímac cuyas características son como se muestran en la tabla 22.

Tabla 22:

Ubicación de estaciones meteorológicas en la región Apurímac

ESTACIÓN	LATITU D		LONGIT UD		ALTITU D	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMEN TO
	°	'	°	'	msnm			
Abancay	13	38	72	53	2,398	Abancay	Abancay	Apurímac
Andahuaylas	13	39	73	22	2,944	Andahuaylas	Andahuaylas	Apurímac
Antabamba	14	25	72	52	3,636	Antabamba	Antabamba	Apurímac
Chalhuanca	14	20	73	10	2,902	Chalhuanca	Aymaraes	Apurímac
Curahuasi	13	33	72	44	2,687	Curahuasi	Abancay	Apurímac
Huancabamba	13	44	73	21	3,650	Huancabamba	Andahuaylas	Apurímac

Fuente: Carta Nacional 1/100.000, SENAMHI (2020)

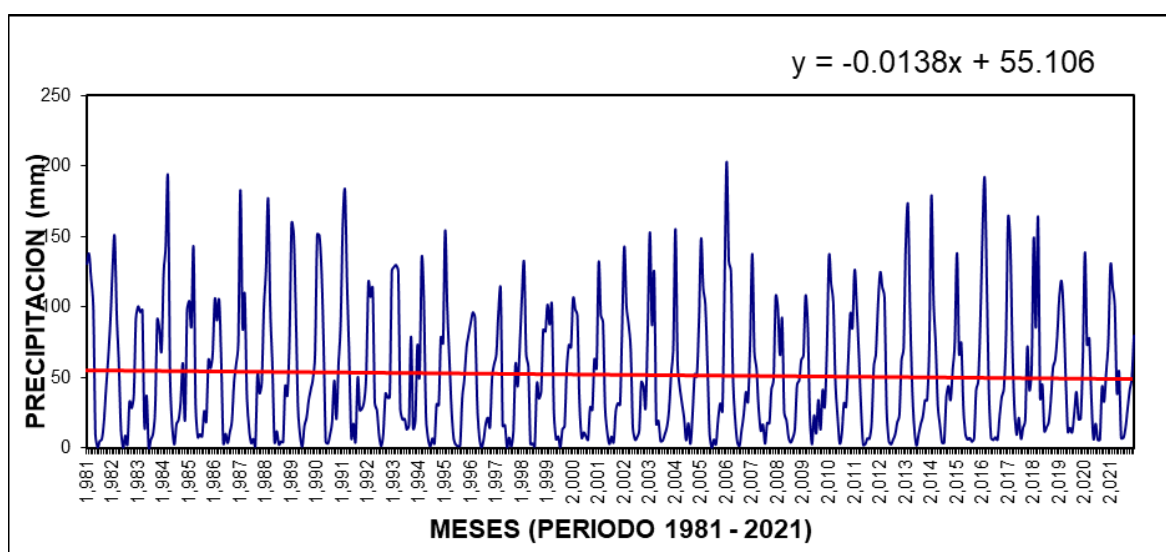
Con la información de precipitación correspondiente a 40 años de las estaciones meteorológicas de la tabla 17 (anexo 2, tablas 26, 27, 28, 29, 30 y 31), se regionalizó la precipitación para la microcuenca Silcon (anexo 2) para un horizonte de 40 años, cuyos resultados del análisis de muestran a continuación.

#### 4.1.3.1. Precipitación

La figura 14, representa la precipitación de la microcuenca Silcon que fue regionalizada a partir de los datos de las estaciones base de la región Apurímac.

Figura 14:

Histograma de precipitación mensual de la microcuenca Silcon, periodo 1981 a 2021 (mm)



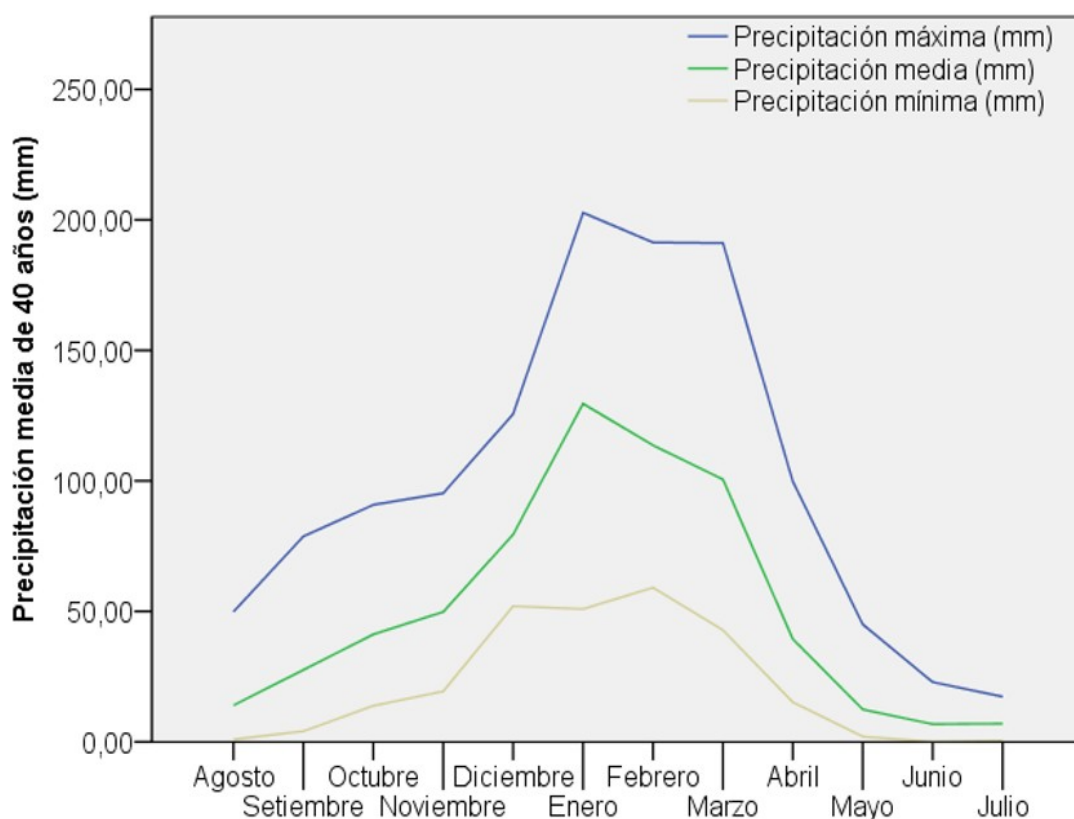
Fuente: Elaboración propia, regionalizada en base a datos de precipitación de las estaciones meteorológicas de la región Apurímac

Según la figura 14, la precipitación mensual de un periodo de 40 años para la microcuenca Silcon, registra variaciones cíclicas cada diez años, por ejemplo el comportamiento de la precipitación entre los años 1981 a 1991 son semejantes a las precipitaciones ocurridas entre el

periodo 2001 al 2010 y éste es semejante a las precipitaciones entre el periodo 2012 al 2021; en dichos periodos se aprecia que la presencia de precipitaciones fueron abundantes llegando a un promedio cercano a 200 mm, por otro lado, existe dos periodos de un horizonte de 40 años donde las precipitaciones fueron escasas las cuales se pueden apreciar entre los años de 1992 al 2000 y de 2007 a 2013, en general el comportamiento de las precipitaciones a lo largo del 40 años ha registrado una disminución de 0.0138 mm por cada año, lo cual se evidencia por la pendiente de la recta de regresión de la figura 14.

Figura 15:

Perfil histograma de la precipitación mensual (mm) en la microcuenca Silcon, promedio de 40 años



Fuente: Elaboración propia, promedio de base a datos de precipitación de las estaciones meteorológicas de la región Apurímac



De acuerdo con la figura 15, el comportamiento promedio de 40 años de precipitaciones en la cuenca Silcon se distinguen dos épocas claramente definidas, una con abundante precipitación entre los meses de noviembre a abril y otra época de sequía entre los meses de abril a octubre, se aprecia que la precipitación media máxima ocurre entre los meses de enero a marzo con valores cercanos a 200 mm/mes, en ese mismo periodo la precipitación media alcanza valores cercanos a 150 mm/mes y la precipitación media mínima para el período es cercano a 50 mm/mes. La presencia de lluvias guarda relación directa con las prácticas agronómicas de los diversos cultivos de la microcuenca Silcon, ya que la instalación de los cultivos se realiza entre los meses de setiembre a diciembre lo cual coincide con la presencia de las primeras lluvias y la cosecha se ejecuta entre los meses de marzo a junio lo cual coincide con la ausencia de lluvias.

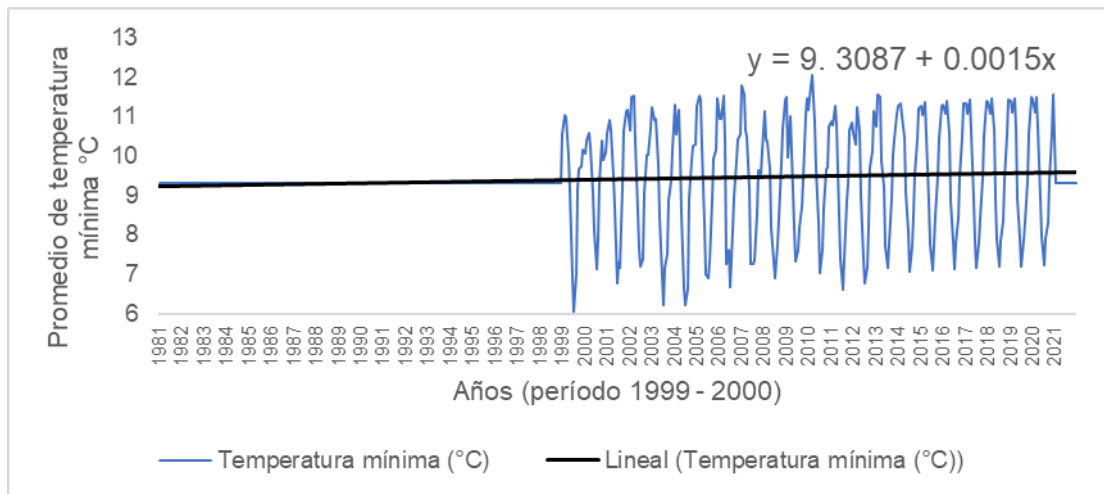
#### **4.1.3.2. Temperatura, periodo 1999 – 2020**

Con los datos de temperatura disponibles a partir de las estaciones meteorológicas de Apurímac se regionalizó el comportamiento de temperatura para la microcuenca Silcon mediante el método de regresión lineal, los resultados del análisis de 21 años se muestran en la fig. 16, donde la variación mensual de la temperatura media mínima en un periodo de 21 años fue en aumento con 0.0015 °C por año.

Según la figura 16, la temperatura media mínima para la microcuenca Silcon cayó cerca a 6 °C en el año 1999, en el 2003 y 2005 a partir del cual la temperatura mínima va en aumento con valores cercanos a 7 °C.

Figura 16:

Histograma de la variación de temperatura mínima en la microcuenca Silcon, periodo 1981 – 2021



Fuente: Elaboración propia, regionalizada en base a datos de temperatura disponible de las estaciones meteorológicas de la región Apurímac

La ecuación de regresión que muestra el comportamiento de la temperatura media mínima para la microcuenca Silcon es:

$$Y = 9.3087 + 0.0015x$$

Donde.

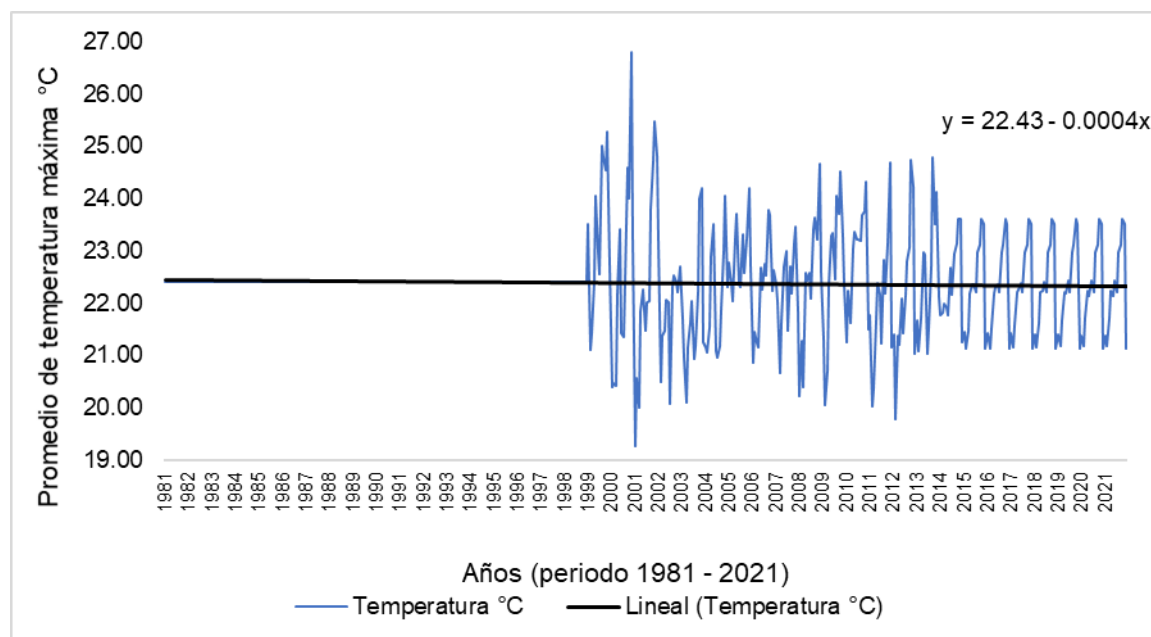
Y: representa la temperatura media mínima en °C,

X: representa el tiempo en años.

Por otro lado, según la figura 17, la temperatura media máxima de la microcuenca Silcon ha registrado mayor variación entre los años 1999 a 2003 en relación a los años siguientes, alcanzando valores cercanos a 27 °C a partir del cual la temperatura decrece a valores cercanos a 25 °C entre los periodos de 2003 hasta 2014, en los últimos años se registra una disminución de la temperatura media máxima a valores cercanos de 24 °C.

Figura 17:

Histograma de la variación de la temperatura máxima en la microcuena Silcon, periodo 1981 – 2021



Fuente: Elaboración propia, regionalizada en base a datos de temperatura disponible de las estaciones meteorológicas de la región Apurímac

La ecuación que describe el comportamiento de la temperatura media máxima es:

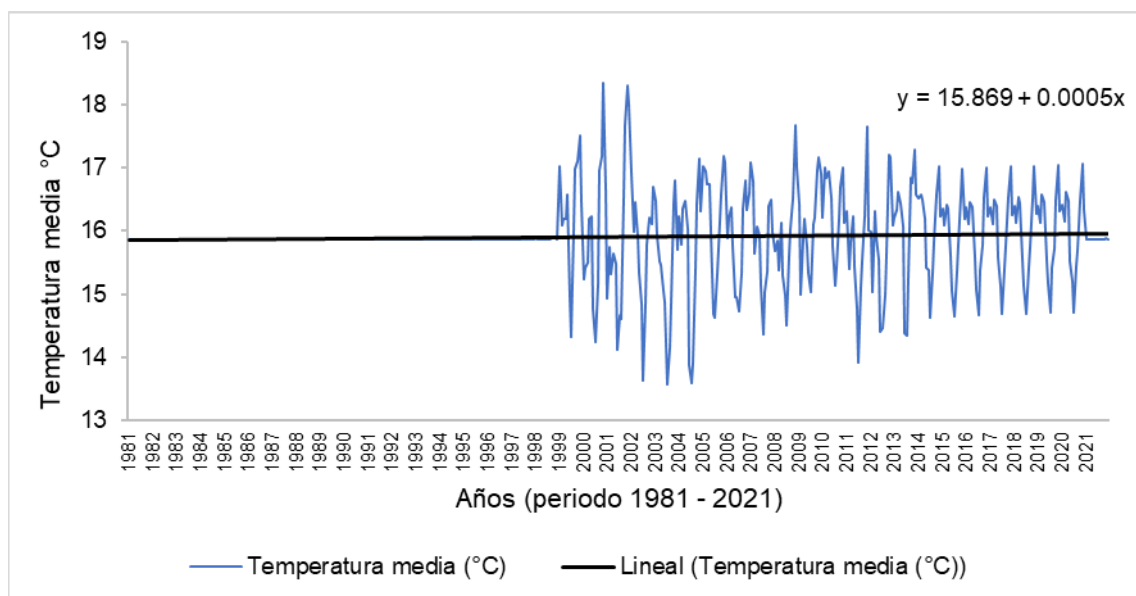
$$Y = 22.43 - 0.0004x$$

De la ecuación, se observa que la pendiente es un indicador que la temperatura media máxima disminuyó en 0.0004 °C por año.

La figura 18, muestra el comportamiento de la temperatura media anual para un periodo de 21 años en la microcuena Silcon. Se observa un registro de un aumento de 0.0005 °C por año, reconociendo que existe variaciones semejantes entre los periodos de 1999 a 2003 y de 2010 a 2013.

Figura 18:

Histograma de la variación de la temperatura media en la microcuenca Silcon, periodo 1981 – 2021



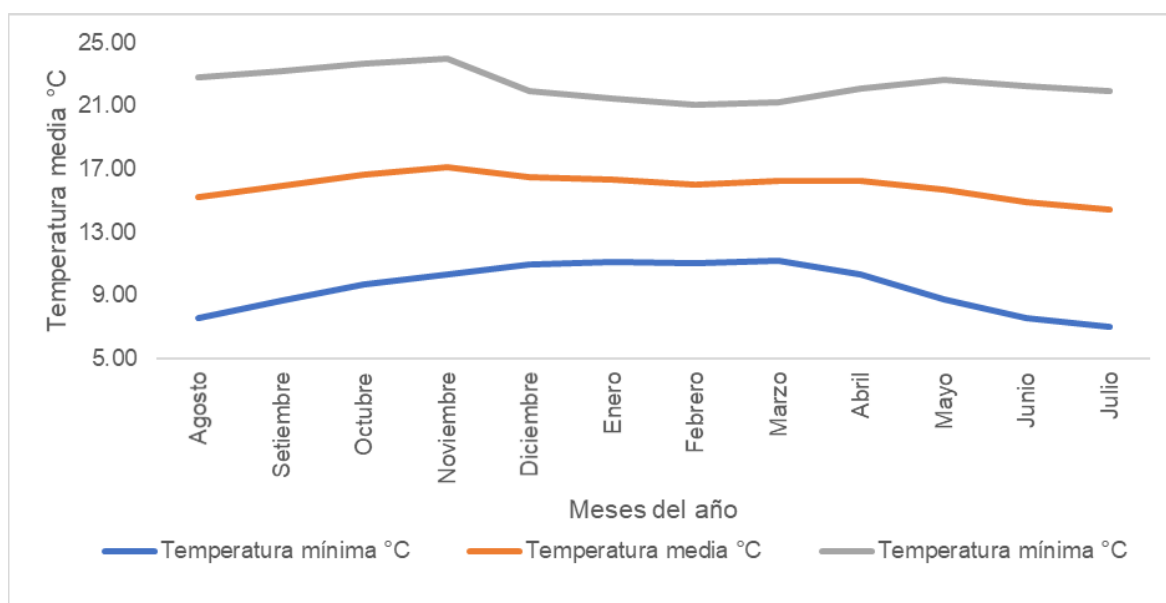
Fuente: Elaboración propia, regionalizada en base a datos de precipitación de las estaciones meteorológicas de la región Apurímac

Según la figura 18, en los últimos cinco años la temperatura registra un comportamiento similar alcanzando valores cercanos a 17°C.

La temperatura es una variable determinante en la fenología de los cultivos, pues influye directamente en la germinación, crecimiento y ciclo reproductivo de los cultivos, también tiene influencia en la presencia de plagas y enfermedades por lo que conocer su comportamiento es de suma importancia en el campo de las ciencias agrarias.

Figura 19:

Perfil histograma del promedio de 10 años de temperatura media en la microcuenca Silcon



Fuente: Elaboración propia, promedio de datos de precipitación de las estaciones meteorológicas de la región Apurímac

Según la figura 19 el comportamiento de la temperatura media máxima y media mínima muestran claramente dos periodos bien marcados, uno entre los meses de abril a noviembre donde la temperatura es mayor con promedios cercanos a 17°C y otro periodo entre diciembre a marzo, donde la temperatura promedio se encuentra por encima de 13 °C.

#### **4.1.3.3. Pérdida económica de los principales cultivos de la microcuenca Silcon respecto a los cultivos nacionales**

Se realiza la comparación del valor bruto de la producción – VBP de los principales cultivos de la microcuenca Silcon. El VBP de los cultivos a nivel nacional, fueron obtenidos a partir de la información correspondiente en las tablas 14, 16, 18 y 20. Los precios en chacra fueron considerados constantes del año 2021 y fueron obtenidos a

partir del Ministerio de Agricultura y Riego. Para establecer el porcentaje de pérdida se considera la expresión:

$$P \acute{e} r d i d a = \left( \frac{V B P l}{V B P n} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

VBPl: representa el valor bruto de la producción local

VBPN: representa el valor bruto de la producción nacional

En la tabla 23 se muestran los resultados del valor de la producción local y el valor bruto de la producción nacional tomando el precio constante del año 2021, el mismo que fue calculado mediante la siguiente expresión:

$$VBP = \text{Rendimiento} \times \text{Precio}$$

Tabla 23:

Porcentaje de pérdidas de los principales cultivos de la microcuenca Silcon

Cultivo	Rendimiento (t/ha)		Precio constante (S./tn)	Valor bruto de la producción (miles de S./ha)		Diferencias (S./.)	% de pérdidas
	Local	Nacional		Local	Nacional		
<b>Gramíneas</b>							
Maíz grano seco	1.13	3.65	3500	3.94	12.78	-8.831667	-69.13%
Cebada	0.99	1.8	3000	2.97	5.40	-2.43	-45.00%
Trigo	0.92	1.41	1000	0.92	1.41	-0.493125	-34.97%
<b>Leguminosas</b>							
Haba grano verde	2.71	3.81	5170	14.01	19.70	-5.687	-28.87%
Arveja grano verde	2.84	1.24	2000	5.67	2.48	3.19	128.63%
Arveja grano seco	1.94	1.455	3000	5.82	4.37	1.455	33.33%
<b>Tuberculos</b>							
Olluco	6.03	5.81	3000	18.08	17.43	0.645	3.70%
Papa	7.84	12.54	970	7.60	12.16	-4.56385	-37.52%
<b>Frutales</b>							
Palta	6.58	8.8	2920	19.20	25.70	-6.497	-25.28%
Manzana	5.77	10.2	1200	6.92	12.24	-5.316	-43.43%

Fuente: Elaboración propia en base a información del MINAGRI

Según la tabla 23, el VBP local en el grupo de gramíneas tiene el intervalo inferior de 0.92 miles de soles por hectárea para el trigo hasta 3.94 miles de soles para el maíz amiláceo, mientras que el VBP nacional tiene el intervalo inferior de 1.41 miles de soles/ha para el trigo hasta 12.78 miles de soles por hectárea para el maíz amiláceo.

En el grupo de las leguminosas, el VBP local tiene el rango mínimo de 5.82 miles de soles/ha para arveja grano seco y 14.01 miles de soles/ha para haba grano verde, mientras que el VBP nacional tiene el rango mínimo de 4.37 miles de soles/ha para arveja grano seco y de 19.70 miles de soles/ha para haba grano verde.

En el grupo de tubérculos el VPB local va desde 6.70 miles de soles/ha para la papa hasta 18.08 miles de soles/ha para el olluco, a nivel nacional se tiene como VBP en el rango de 12.16 miles de soles/ha para la papa hasta 17.43 miles de soles/ha para el olluco.

Finalmente, en el grupo de frutales, el VBP local tiene el rango mínimo de 6.92 miles de soles/ha para la manzana y 19.20 miles de soles/ha para la palta, mientras que el VBP nacional tiene el rango mínimo de 12.24 miles de soles/ha para la manzana y de 25.70 miles de soles/ha para la palta.

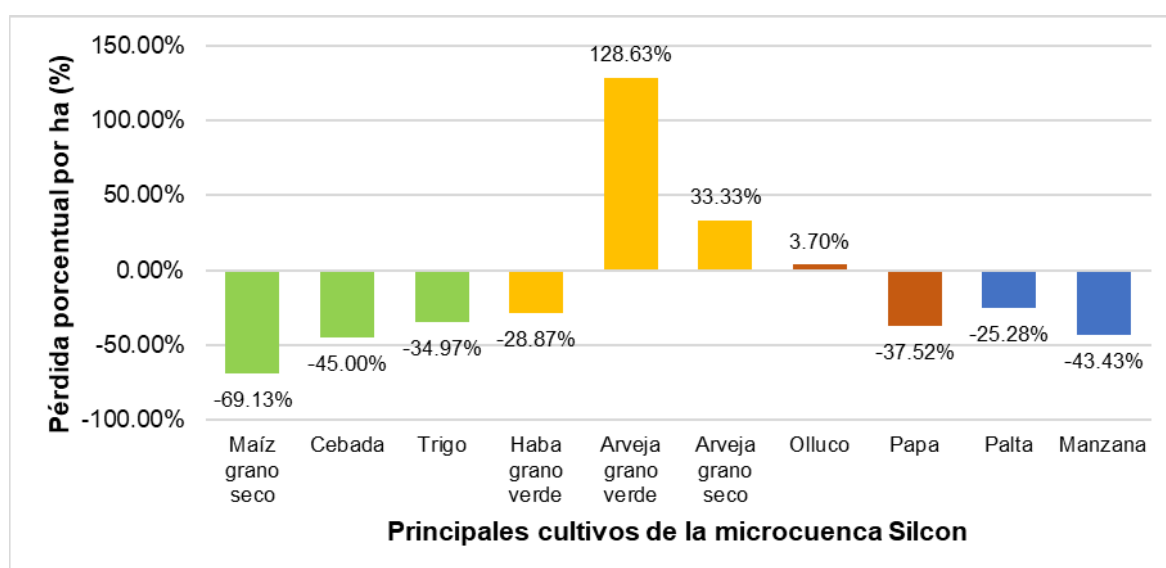
Las diferencias en el valor bruto de la producción en el grupo de las gramíneas y frutales son negativos mientras que en el grupo de leguminosas se puede observar la existencia de VBP positiva entre la arveja grano verde y grano seco lo que indicaría que en dichos cultivos la microcuenca Silcón es competitiva a nivel nacional, del mismo modo en el grupo de tubérculos se puede observar una diferencia positiva en

el cultivo de olluco, lo cual también indicaría que en dicho cultivo la microcuenca Silcon es competitiva a nivel nacional.

En la figura 20 se muestra, el porcentaje de pérdidas de los principales cultivos de la microcuenca Silcon comparados en función de los rendimientos nacionales.

Figura 20:

Porcentaje de pérdida de los principales cultivos de la microcuenca Silcon



Fuente: Elaboración propia con datos del (MINAGRI, 2021)

En la figura 20, se observa que en el grupo de las gramíneas el maíz grano seco es el que tiene mayor pérdida en 69.13% por hectárea de cultivo, seguido de la cebada con 45% de pérdida y el trigo con 34.97% de pérdida por hectárea.

En el grupo de las leguminosas, en el cultivo de haba grano verde, se registra una pérdida de 28.87% por hectárea, mientras que en los cultivos de arveja grano verde y seco se registra valores de 128.63% y 33.33% respectivamente, lo cual indicaría que en dichos cultivos no se tiene pérdidas económicas, más por el contrario, en la microcuenca



Silcon en dichos cultivos existiría niveles de ganancias superiores a los promedios nacionales.

En el grupo de los tubérculos, se muestra que existe pérdidas en el cultivo de papa en un valor estimado de 37.52% por hectárea, mientras que en el cultivo de olluco se tiene ganancias de 3.70% superiores a los promedios nacionales.

Finalmente, en el grupo de los frutales, se registran pérdidas de 25.28% a 43.43% por hectárea en las plantaciones de palto y manzano respectivamente.

#### **4.2. Discusión de resultados**

El cultivo de maíz en la microcuenca Silcon está distribuida entre 2000 msnm a 3500 msnm lo cual es concordante con Valverde-Soria (2018) quien indica que el maíz es cultivado en las regiones naturales yunga, quechua y suni entre los 1500 a 3800 msnm, su rendimiento tiene relación inversa con la altitud, lo cual se contrasta con los hallazgos de la presente investigación ya que se encontró la mayor producción (140 t) entre 2000 a 2500 msnm y la menor producción (11 t) entre 3500 a 4000 msnm, en cuanto a su estacionalidad, el maíz en la microcuenca Silcon se siembra en octubre y se cosecha entre mayo a julio (8 – 9 meses) según la altitud, dicha estacionalidad coincide con Quispe-Conde (2019) quien reporta el periodo vegetativo de 8 meses para el cultivo de maíz.

La cebada en la microcuenca Silcon, se produce desde los 3000 msnm hasta 4000 msnm, según Tabuenca (2015) la cebada se “cultiva desde áreas cercanas al Mar Muerto en Oriente Medio hasta una altitud de 4200 m en el Altiplano”, tiene un rendimiento de 2,9 t/ha en España y 3.63 t/ha en Rusia los

cuales son superiores incluso a los rendimientos nacionales ya que en la presente investigación el mayor rendimiento es de 1.06 t/ha y el promedio nacional de 1.80 t/ha, en la microcuenca Silcon la cebada se siembra en el mes de diciembre y se cosecha entre los meses de mayo a junio (6 – 7 meses).

El trigo en la microcuenca Silcon se produce entre los 1500 msnm a 2000 msnm, alcanza rendimientos de hasta 0.92 t/ha y a nivel nacional el promedio es de 1.41 t/ha, se siembra en enero y se cosecha en junio (6 meses), dichos hallazgos son coherentes con Villar (2019) quien manifiesta que el cultivo de trigo abarca los pisos altitudinales desde chala hasta quechua y suni (0 a 4000 msnm) los rendimientos promedios nacionales es de 1.55 t/ha y el período vegetativo es de 160 a 180 días.

Las leguminosas en la microcuenca Silcon se cultivan entre 2500 a 3500 msnm y según Valladolid (2018) las leguminosas se producen en la sierra norte, centro y sur del Perú entre 3500 a 3800 msnm, en cuanto a sus rendimientos, se reporta que la haba grano verde en la microcuenca Silcon, alcanza hasta 3.14 t/ha y según aumenta la altitud, disminuyen a 2.28 t/ha, esto puede ser explicado según Pradilla (2016) quien indica que la productividad de los cultivos tiene relación directa con la tecnología empleada, así cuando no se cuenta con infraestructura de riego, acceso de vías y capacitación se espera que los rendimientos sean menores y es lo que ocurre en las localidades de la microcuenca Silcon a mayor altura la tecnología empleada es menor.

El cultivo de arveja grano verde en la microcuenca Silcon, se instala entre 2500 a 3500 msnm, los rendimientos son entre 2.46 t/ha a 3.21 t/ha, mientras

que los rendimientos en grano seco llegan a 1.94 t/ha, dichos resultados obtenidos son cercanos a los reportados por Valladolid (2018) quien reporta rendimientos de 2.52 t/ha en grano verde en las regiones de Cajamarca, La Libertad y Ancash en altitudes menores a 3000 msnm, respecto a la estacionalidad de las leguminosas en la microcuenca Silcon, la haba verde inicia la siembra en diciembre y se cosecha entre julio y agosto, la arveja grano verde (campaña chica) se siembra en marzo y se cosecha en setiembre y la arveja grano seco (campaña grande) se siembra en diciembre y se cosecha entre mayo a junio, lo cual, también es semejante a lo reportado por Valladolid (2018) quien reporta siembras entre enero a julio y cosechas entre abril a agosto.

Los tubérculos en la microcuenca Silcon, se encuentran entre los 3000 msnm a 4000 msnm, con rendimientos entre 5.41 t/ha a 6.64 t/ha para el olluco y 4.13 t/ha a 11.54 t/ha para la papa, la estacionalidad de la producción para la papa es todo el año iniciando la siembra en campaña chica en junio y se cosecha en diciembre y en campaña grande se inicia en octubre y se cosecha en junio y para el cultivo de olluco la campaña se inicia en octubre y se cosecha en junio, dichos reportes son coherentes con el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2017) quien manifiesta que la papa se cultiva en las regiones naturales de yunga, quechua y suni entre 1000 msnm a 4200 msnm, especialmente en los departamentos de Puno, Huánuco, La Libertad, Apurímac, Cusco y Junín, siendo el rendimiento promedio de 15.388 t/ha.

La metodología utilizada para la regionalización de la precipitación para la microcuenca Silcon fue el modelo de regresión lineal a partir de datos históricos de 40 años de las estaciones base: Abancay, Andahuaylas,

Antabamba, Chalhuanca, Curahuasi y Huancabamba, dicha metodología es pertinente según (Chereque, 2009); (Aparicio, 1992); (Alarcón & Trebejo, 2011) y (Canchari Carrasco et al., 2010) quienes proponen determinar factores de influencia y factores de corrección por altitud para determinar la función de precipitación mediante el método de regresión lineal, los resultados para la microcuenca Silcon se tiene que las precipitaciones tienen un comportamiento similar con periodos de retorno de cada 10 años; siendo el promedio de 200 mm/mes en época lluviosa (noviembre a abril) y de 50 mm/mes en épocas de secas (abril a octubre), dichos valores son semejantes a los reportados por (Mallma, 2019); (Canchari Carrasco et al., 2010) quienes reportan promedios entre 55 a 180 mm/mes y que varía directamente con la altitud, la variación estimada de la precipitación para la microcuenca Silcon para un horizonte de 40 años fue de -0.0138 mm/año, lo cual es concordante con las percepciones de los productores de las localidades de Yaca, Ocobamba y Circa que manifiestan la disminución de las lluvias en la zona y que es ratificada con los estudios de Torres et al. (2019) que indica que el cambio climático se manifiesta por la ausencia de las lluvias e incremento de la temperatura en la región de Apurímac y Huánuco.

En cuanto a la temperatura de la microcuenca Silcon, para un horizonte de 21 años se ha registrado aumento de la temperatura media anual de 0.0005 °C/año alcanzando valores cercanos a 17 °C en Circa y a 27 °C en las localidades de Yaca y Ocobamba, la temperatura tiene influencia con la fenología de los cultivos y la presencia de plagas y enfermedades como manifiesta Samper-Villareal et al. (2019) la temperatura se relaciona con la fenología de los cultivos a mayor temperatura el ciclo vegetativo de los

cultivos es más corto que cuando la temperatura es bajo. La resiliencia de los sistemas productivos en la microcuenca Silcon se evaluó mediante los componentes de las prácticas de manejo de agua, prácticas del manejo de suelos y cultivo, prácticas culturales y sociales y las percepciones de las causas y efectos del cambio climático en los sistemas productivos utilizando la metodología del sistema de semáforo siendo los puntos débiles en los componentes los colores rojo y ámbar, dicha metodología también fue utilizada por los autores Altieri & Nicholls (2013); Zajdband (2017); De Fátima (2019); Belloni (2017); De La Torre-Valdez & Moreno-Vázquez (2019) y Peredo et al. (2016) para evaluar la resiliencia de los sistemas productivos en cultivos de café, cacao y sistemas forestales lo cual convalida plenamente la metodología utilizada.

En las “prácticas de manejo de agua” en la microcuenca Silcon se ha registrado bajo nivel de resiliencia debido a que las familias, en mayor proporción no practican técnicas de siembra y cosecha de agua, no almacenan agua proveniente de las lluvias y el riego es por gravedad, en cuanto al manejo de suelos y cultivos, existe alta resiliencia debido a que las familias practican el manejo de surcos, con incorporación de abonos orgánicos, no aplican plaguicidas para el control de plagas y enfermedades y los predios tienen protección mediante cerco vivo.

En cuanto a las prácticas culturales y sociales se reporta medio nivel de resiliencia debido a la escasa participación de las familias en capacitaciones de cambio climático y asesoramiento técnico lo cual tiene relación con el nivel bajo de innovación en las prácticas culturales de los cultivos.

Las familias de Yaca, Ocobamba y Circa mencionan que el cambio climático es debido a procesos antrópicos por actividades de deforestación, agricultura y ganadería, identifican el aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones que afecta a la agricultura, especialmente en las épocas de siembra y cosecha, según Peredo et al. (2016) el manejo óptimo de los componentes de manejo de agua, manejo de suelos y cultivos y las buenas prácticas culturales y sociales otorgan buen nivel de resiliencia en los sistemas productivos lo que permite la recuperación de los cultivos frente a los cambios en los regímenes de temperatura y precipitación.

## CONCLUSIONES

### 1. En cuanto a la resiliencia de los cultivos se tiene:

- Bajo nivel de resiliencia en las prácticas de manejo de agua debido al bajo nivel de prácticas en técnicas de siembra y cosecha de agua, no almacenamiento de agua proveniente de las lluvias y alta prácticas del riego por gravedad
- Alto nivel de resiliencia en las prácticas de manejo de suelos y cultivos por altos niveles de utilización de abonos orgánicos, baja aplicación de plaguicidas en el control de plagas y enfermedades y alta presencia de cercos vivos en los predios agrícolas
- Medio nivel de resiliencia en las prácticas culturales y sociales debido a la escasa participación en capacitaciones en cambio climático, bajo nivel de asesoramiento técnico, bajo nivel de implementación de tecnologías innovadoras en los cultivos

### 2. Los principales cultivos en la microcuenca Silcon se tiene:

- El cultivo de maíz, distribuida entre 2000 msnm a 3500 msnm, con rendimiento promedio de 1.29 t/ha, se siembra en octubre y se cosecha entre mayo a julio
- La cebada distribuida desde 3000 msnm hasta 4000 msnm, tiene un rendimiento promedio de 1.06 t/ha se siembra en el mes de diciembre y se cosecha entre los meses de mayo a junio

- El trigo se distribuye entre 1500 msnm a 2000 msnm, tiene rendimiento de 0.92 t/ha, se siembra en enero y se cosecha en junio
- El haba grano verde, se distribuye entre 2500 a 3500 msnm su rendimiento se encuentra entre 2.28 t/ha a 3.14 t/ha, se inicia la siembra en diciembre y se cosecha entre julio y agosto
- El cultivo de arveja grano verde se instala entre 2500 a 3500 msnm, los rendimientos son entre 2.46 t/ha a 3.21 t/ha, mientras que los rendimientos en grano seco llegan a 1.94 t/ha, la arveja grano verde (campaña chica) se siembra en marzo y se cosecha en setiembre y la arveja grano seco (campaña grande) se siembra en diciembre y se cosecha entre mayo a junio.
- Los tubérculos en la microcuenca Silcon, se encuentran entre los 3000 msnm a 4000 msnm, con rendimientos entre 5.41 t/ha a 6.64 t/ha para el olluco y 4.13 t/ha a 11.54 t/ha para la papa, la estacionalidad de la producción para la papa es todo el año iniciando la siembra en campaña chica en junio y se cosecha en diciembre y en campaña grande se inicia en octubre y se cosecha en junio y para el cultivo de olluco la campaña se inicia en octubre y se cosecha en junio

**3. En cuanto a la variación del clima se tiene:**

- Disminución de la precipitación en 0.0138 mm/año en un horizonte de 40 años, la precipitación promedio entre los meses de noviembre a abril es de 200 mm/mes, y en entre abril a octubre es de 50 mm/mes



- Aumento de la temperatura media en 0.0005 °C/año en un horizonte 21 años, los promedios de temperatura son de 17 °C en Circa y a 27 °C en las localidades de Yaca y Ocobamba.
4. En cuanto a su economía, se registran pérdidas económicas en el grupo de las gramíneas y frutales, mientras que en el grupo de leguminosas en el cultivo de arveja grano verde y seco se registran ganancias, igualmente en el grupo de tubérculos en el cultivo de olluco se registran ganancias.
- Finalmente, en cumplimiento a la hipótesis planteada, se llega a la conclusión que los cultivos de maíz, cebada, trigo, papa, olluco, haba grano verde y arveja grano verde tienen alto nivel de resiliencia contribuido por los altos niveles de manejo de suelos y cultivos y medio nivel de las prácticas culturales y sociales ejercidas por las familias de la microcuenca Silcon.

## RECOMENDACIONES

1. A los agricultores de la microcuenca Silcon se recomienda el resguardo y la continuación en el uso de semillas de especies genéticas nativas adaptadas a variaciones climáticas extremas y en la medida de lo posible la utilización de semillas certificadas para mejorar los niveles de rendimiento de los principales cultivos, como el maíz, cebada, trigo, haba grano verde, arveja grano verde, papa y olluco
2. A las autoridades comunales y familias de la microcuenca Silcon se recomienda tomar conciencia frente a las variaciones climáticas (precipitación y temperatura) y evitar la quema de bosques y uso de plaguicidas sintéticos para evitar el calentamiento global.
3. A los productores de la microcuenca Silcon se recomienda aumentar la resiliencia en el manejo de agua de riego aumentando la eficiencia del riego, seleccionando variedades de cultivos que permitan mejorar la conservación del agua en el suelo, evitar la pérdida de nutrientes por lixiviación mediante el riego por gravedad e implementar las prácticas siembra y cosecha de agua
4. A las autoridades comunales y familias de la microcuenca Silcon se recomienda reforzar sus prácticas sociales, culturales y la aplicación de tecnologías innovadoras en los cultivos para mejorar, aún más, la resiliencia de los sistemas productivos ante cambios en el medio ambiente
5. A los estudiantes y docentes de la Universidad Tecnológica de los Andes se recomienda en la medida de lo posible, replicar el estudio en otras microcuencas a fin de constituir a futuro un modelo de evaluación de resiliencia de cultivos estandarizado en Apurímac

## ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### Recursos

### Instrumentos

#### Materiales de Campo

- Hojas de papel bond.
- Tablillas
- Bolsas de papel.
- Pegafan
- Lápiz
- Lapiceros
- Regla
- Cámara fotográfica
- Marcador
- GPS navegador Garmin Etrex 500
- Drone DJI Matrice

#### Materiales de Gabinete

- Computadora de escritorio.
- Útiles de escritorio.
- Laptop
- Memoria USB
- Carta nacional
- Datos meteorológicos

### Cronograma de actividades

En la tabla 23, se muestra el cronograma de actividades.

Tabla 24:

Cronograma de las actividades realizadas en la investigación

Actividades	2021												2022											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Formulación de proyecto de tesis																								
Aprobación de proyecto																								
Ejecución del proyecto																								
Recolección de información en campo																								
Procesamiento de datos																								
Análisis e interpretación de resultados																								
Redacción del informe de tesis																								
Revisión de informe de tesis																								
Levantamiento de observaciones																								
Aprobación del informe de tesis																								
Sustentación de tesis																								
Empastados																								

Fuente: Elaboración propia

## Presupuesto y financiamiento

### Presupuesto

Tabla 25:

Presupuesto de la investigación

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Insumos materiales y equipos				2199
1.1	Hojas de papel bond	Millar	5	18	90
1.2	Tablero para recojo de información	Unidad	2	5	10
1.3	Bolsas de papel	Unidad	10	2	20
1.4	Pega fan	Unidad	2	2	4
1.5	Lápiz	Unidad	3	0.5	1.5
1.6	Lapiceros	Unidad	3	0.5	1.5
1.7	Regla	Unidad	3	1.5	4.5
1.8	Cámara fotográfica	Unidad	1	100	100
1.9	Marcador	Unidad	3	2.5	7.5
1.10	GPS navegador Garmin Etrex 500	Global	1	100	100
1.11	Drone DJI Matrice	Global	1	1500	1500
1.12	Computadora de escritorio	Unidad	1	120	120
1.13	Útiles de escritorio	Global	1	80	80
1.14	Laptop	Global	1	50	50
1.15	Memoria USB	Unidad	1	35	35
1.16	Carta nacional	Unidad	1	75	75
2	Movilidad y Servicios				550
2.1	Pasaje interurbano	Unidad	50	10	500
2.2	Pasaje urbano	global	1	50	50
Total presupuesto					2749.00

Fuente: Elaboración propia

### Financiamiento

El financiamiento de la investigación se ha realizado por el autor de esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Osorio, Á., Angarita Leiton, A., León Durán, M. V., & Franco Quiroga, K. L. (2017). Sustentabilidad y variabilidad climática: Acciones agroecológicas participativas de adaptación y resiliencia socioecológica en la región altoandina colombiana. *Luna Azul*, 44(44), 06–26. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.2>
- Alarcón Velazco, C., & Trebejo Varillas, I. (2011). *Impacto del cambio climático en cultivos anuales de las regiones de Cusco y Apurímac*. [Consultado:10/04/2021]. Disponible en <https://web2.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-12.pdf>
- Albiño Cargua, J. I. (2019). *Influencia del cambio climático en la producción de los cultivos de Cacao en el Cantón Shushufindi*. Tesis de Maestría, Universidad Andina Simón Bolívar.
- Altieri, M. (2013). Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. *Agroecología y Resiliencia Socioecológica: Adaptándose Al Cambio Climático*, 94–104. [Consultado:03/04/2021]. Disponible en [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40813363/2\\_NICHOLLS\\_AGROECOLOGIA\\_Y\\_RESILIENCIA\\_SOCIOECOLOGICA.pdf?1450492614=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3D2\\_NICHOLLS\\_AGROECOLOGIA\\_Y\\_RESILIENCIA\\_SO.pdf&Expires=1617456707&Signature=FC3etJkYQaKR9oj](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40813363/2_NICHOLLS_AGROECOLOGIA_Y_RESILIENCIA_SOCIOECOLOGICA.pdf?1450492614=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3D2_NICHOLLS_AGROECOLOGIA_Y_RESILIENCIA_SO.pdf&Expires=1617456707&Signature=FC3etJkYQaKR9oj)
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecologica. *Agroecología*, 7(2), 65–83.
- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7–20. [Consultado:03/04/2021]. Disponible en

<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182921/152421%0A.pdf>

Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie* (LIMUSA S.A. DE C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES (ed.); 1st ed.).

Apoyo a las Alianzas Rurales Productivas en la Sierra del Perú - ALIADOS. (2006). *Apurímac*. Ministerio de Agricultura y Riego - MINAG. [Consultado:08/04/2021]. Disponible en <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/aliados/Apurimac.pdf>

Arias, E. (2020). *Análisis de la influencia del cambio climático en los cultivos de papa y maíz en la Cuenca de Mito – Distrito de Quisqui, Región Huánuco* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. [Consultado:16/11/2022]. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4382/arias-huachamber-edson-jair.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Barragán Monrroy, R. J. (2018). *Vulnerabilidad de los cultivos de ciclo transitorios al sur de Quevedo frente al cambio climático*. Tesis para título de Ingeniero en Gestión Ambiental, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Belloni, M. (2017). *Resiliencia de los sistemas agroecológicos ante el cambio climático*. 17, 1–53. [Consultado:03/04/2021]. Disponible en [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4724/INTA\\_CIPAF\\_Belloni\\_M\\_Resiliencia\\_de\\_los\\_Sistemas\\_Agroecológicos\\_ante\\_el\\_Cambio\\_Climático.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4724/INTA_CIPAF_Belloni_M_Resiliencia_de_los_Sistemas_Agroecológicos_ante_el_Cambio_Climático.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (Pearson Educación (ed.); Tercera Ed).

Briones Mendoza, X. F., Molero Oliva, L. E., & Calderón Zamora, O. X. (2018). La función de producción Cobb-Douglas en el Ecuador. *Tendencias*, 19(2), 45–73. <https://doi.org/10.22267/rtend.181902.97>

- Bunge, M. (2002). *Epistemología* ( s. a. de c. v. Siglo xxi editores (ed.); 3rd ed.).
- Cadet Díaz, S., & Guerrero Escobar, S. (2018). Factores que determinan los rendimientos de la producción de maíz en México: evidencia del censo agropecuario 2007. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 15(3), 311–337. <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i3.848>
- Canchari Carrasco, G., Lizárraga Gamarra, V. I., Barbarán Gonzáles, R., & Campana Monzón, J. A. (2010). *Caracterización agroclimática de la región Apurímac*. Ministerio Del Ambiente. [Consultado:08/04/2021]. Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-14.pdf>
- Carpio Sacoto, J. E., & Carpio Sacoto, L. M. (2014). *Determinación de estrategias sociales y ecológicas de adaptación al cambio climático implementadas por los agricultores en las cuatro zonas agroecológicas de la parroquia San Joaquín* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. [Consultado: 03/04/2021]. Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7048>
- Casaverde Quispe, J. I. (2020). *Variabilidad climática en los sistemas familiares de producción agrícola en el distrito de Huancaray, Apurímac* [Universidad César Vallejo]. [Consultado:22/11/2022]. Disponible en [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Castellanos Dorado, R. M., Pacheco Fera, C. U., & Morales Pérez, M. (2019). frijol Thorough Economic Evaluation of Efficiency in Bean Production Introducción. *Revista Retos*, 13(1), 208–227. [Consultado: 02/12/2021]. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2306-91552019000100208&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552019000100208&lang=es)
- Chasquero-Herrera, M. D. (2021). *Revisión sistémica de agroecología y diseño de sistemas agrícolas en el cambio climático* [Universidad César Vallejo]. [Consultado: 22/11/2022]. Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/>



Gutierrez\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Chávez-Acuña, I. J., Flores-Flores, J. L., Domínguez-Cortinas, G., & Chávez-García, E. (2022). Percepción social del papel de la variabilidad y el cambio climático sobre los sistemas socio-ecológicos en comunidades indígenas y mestizas de la Huasteca Potosina en México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 32(59), 36. <https://doi.org/10.24836/es.v32i59.1179>
- Chereque Morán, W. (2009). Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. In CONCYEC (Ed.), *CONCYTEC* (1st ed.).
- Cleves-Leguizamo, J. A., Toro-Calderón, J., & León-Sicard, T. (2016). La estructura agroecológica principal (EAP). Metodología para analizar la biodiversidad y resiliencia en agroecosistemas. *CONAMA*, 1–26. [Consultado: 03/04/2021]. Disponible en <http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/CT2016/1998973491.pdf>
- De Fátima Missio, F. (2019). *Resiliência e estrutura de uma comunidade arbórea em floresta estacional decidual no sul do Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS).
- De La Torre-Valdez, H. C., & Moreno-Vázquez, J. L. (2019). Resiliencia del Sistema Socio-Ecológico en la región subcuenca baja Río Sonora. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53), 1–36. <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.698>
- Eyhérabide, G. H. (n.d.). *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA. [Consultado: 11/04/2021]. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_bases\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_maiz\\_reglon\\_100-2\\_2.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf)

- Eyssautier de la Mora, M. (2017). Metodología de la investigación. Desarrollo de la inteligencia. In S. A. International Thomson Editores (Ed.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (5th ed., Vol. 53, Issue 9).
- Gobierno Regional de Apurímac - GRA. (2012). *Estrategia nacional frente al cambio climático* (A. M. Aquino (ed.); 1st ed.). [Consultado:10/04/2021]. Disponible en [https://doc.rero.ch/record/306685/files/09-Estrategia\\_regional\\_frente\\_al\\_cambio\\_climtico\\_Apurmac.pdf](https://doc.rero.ch/record/306685/files/09-Estrategia_regional_frente_al_cambio_climtico_Apurmac.pdf)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (McGraw Hill Education (ed.); Sexta edic).
- Hinostroza-Pumacarhua, L. Y., & Rivas-Libia, L. A. (2018). *Adaptación al Cambio Climático de especies vegetales endémicas mediante sustratos diversos y riego por condensación, Lomas de Carabayllo, 2018* [Universidad César Vallejo]. [Consultado:16/11/2022]. Disponible en [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36527/Hinostroza\\_PLY-Rivas\\_LLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36527/Hinostroza_PLY-Rivas_LLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jacobi, J., Schneider, M., Isabel, M., Mariscal, P., Huber, S., Weidmann, S., & Rist, S. (2014). La contribución de la producción del cacao orgánico a la resiliencia socio-ecológica en el contexto del cambio climático en el Alto Beni - La Paz. *Acta Nova*, 6, 1683–0768. [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)
- Mallma Carrera, G. A. (2019). *Evaluación de la influencia del cambio climático en los cultivos de Solanum tuberosum y Zea mayz en la microcuenca de Calicanto en Apurímac* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. [Consultado:10/04/2021]. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4226/mallma-carrera-gleni-aracelly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marcos Alejandro, L. (2018). *Caracterización del régimen de incendios, su relación con el clima y su efecto en la resiliencia y estructura de la vegetación*. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Córdoba.

- Martínez Ruiz, H. (2012). *Metodología de la investigación* (P. M. Guerrero Rosas & G. L. Olguin Sarmiento (eds.)).
- Mendoza, A. (2017). *Agrobiodiversidad y cambio climático: “Caso del Frijol (Phaseolus spp.) y Maíz (Zea mays L.) en la Microcuenca de Simiris y Subcuenca de Las Damas, Región Piura* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. [Consultado:16/11/2022]. Disponible en <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3014063>
- Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. (2017). *Requerimientos agroclimáticos del cultivo de papa*. Ministerio de Agricultura y Riego - MINAG.
- Nicholls, C., Henao, A., Altieri, M., Nicholls, C., Henao Salazar, A., & Altieri, M. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1), 7–31. [Consultado: 03/04/2021]. Disponible en <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300711/216131>
- Olivera-Villaruel, S. M., Andrade-Velázquez, M., & Medrano-Pérez, O. R. (2021). Exposición a cambios en el clima en Bolivia. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 12(6), 90–144. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-06-03>
- Peredo Parada, S., Vela Campoy, M., & Jiménez Gómez, A. (2016). Determinación de los niveles de resiliencia/vulnerabilidad en iniciativas de agroecología urbana en el suroeste andaluz. *Idesia (Arica)*, 34(ahead), 0–0. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000003>
- Ponce Regalado, M. de F., & Dalla Porta, M. P. (2015). *Guía de Investigación. Gestión* (P. U. C. del Perú (ed.); 1st ed.).
- Pradilla Villamizar, G. (2016). *Análisis ambiental de las prácticas campesinas de resiliencia a la variabilidad y el cambio climático en fincas ecológicas del altiplano Cundiboyacense-Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. [Consultado: 03/04/2021]. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/52717/1/pradilla.2016.resiliencia.pdf>

- Quispe-Conde, Y. (2019). *Contribución del manejo agroecológico en familias campesinas y servicios ecosistémicos frente al cambio climático en la cuenca Mariño, Apurímac, Perú*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Saavedra, K. E. (2020). *Impacto del cambio climático en la producción de granos de café en Sistemas Agroforestales en el caserío San Vicente, 2018* [Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. [Consultado: 22/11/2022]. Disponible en <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3907/ING.AMBIENTAL - Katherin Esthefany Saavedra Del Castillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Samper-Villareal, J., Vincent, A., Alvarez, C., & Gutiérrez-Espeleta, G. A. (2019). I Simposio sobre cambio climático y Biodiversidad: hacia el fortalecimiento de la resiliencia y acciones requeridas ante el cambio climático en Latinoamérica. *UNED Research Journal*, 11(1), S7–S17. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i1.2315>
- Spiegel, M. R., & Stephens, L. J. (2017). *Estadística* (Mc Graw-Hill (ed.); Cuarta).
- Tabuenca Raigon, F. (2015). *VARIABLES TECNOLÓGICAS QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA CEBADA PARA USO MALTERO* [Tesis de fin de grado, Universidad de Zaragoza]. [Consultado:10/06/2021]. Disponible en <https://zaguan.unizar.es/record/31828/files/TAZ-TFG-2015-1142.pdf>
- Taípe-Cancho, M. H. (2017). *Eficiencia económica y canales de comercialización de productores de quinua del distrito de San Jerónimo en la región Apurímac* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. [Consultado: 04/12/2021]. Disponible en <https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=6917fabce4ed4af7b50886ce505cb687%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZS5y29wZT1zaXRI#AN=CONCYTEC.UNALM.2904&db=ir00912a>

- Taípe-Cancho, M. H. (2022a). *Factores productivos que impactan en la eficiencia económica del cultivo de maíz amarillo duro en Cañete, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. [Consultado:18/01/2022]. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/87267>
- Taípe-Cancho, M. H. (2022b). Gobernanza del agua y sostenibilidad de la agricultura familiar en una comisión de usuarios de riego en Cañete [Tesis de posgrado, Universidad César Vallejo]. In *Universidad César Vallejo*. [Consultado:14/03/2022]. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/80706>
- Torres Guevara, J. J., Parra Rondinel, F. A., Alejandro, C., & Cruz Soriano, A. (2019). De los cultivos nativos y el cambio del clima hallazgos (Huánuco y Apurímac). In J. J. T. Guevara, F. A. P. Rondinel, A. Casas, & A. C. Soriano (Eds.), *De los cultivos nativos y el cambio del clima* (1st ed., Issue September). [Consultado:10/04/2021]. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro\\_Casas3/publication/333802851\\_De\\_los\\_cultivos\\_nativos\\_y\\_el\\_cambio\\_del\\_clima\\_Hallazgos\\_Huanuco\\_y\\_Apurimac/links/5d8e4b20299bf10cff151959/De-los-cultivos-nativos-y-el-cambio-del-clima-Hallazgos-Huanuco-y-Apurima](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Casas3/publication/333802851_De_los_cultivos_nativos_y_el_cambio_del_clima_Hallazgos_Huanuco_y_Apurimac/links/5d8e4b20299bf10cff151959/De-los-cultivos-nativos-y-el-cambio-del-clima-Hallazgos-Huanuco-y-Apurima)
- Valladolid Chiroque, A. R. (2018). Leguminosas de grano. In H. Plenge Pardo (Ed.), *Compendio de las enfermedades de las plantas* (Primera ed, pp. 529–570). Ediciones UC. <https://doi.org/10.2307/j.ctvkjb460.13>
- Valverde-Soria, G. (2018). *Efectos del cambio climático en la producción agrícola y seguridad alimentaria de las familias de los distritos de Yanaca y Just Apu Sahuaraura de la provincia de Aymaraes de la región Apurímac* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional De San Antonio Abad del Cusco]. [Consultado:10/04/2021]. Disponible en [http://200.48.82.27/bitstream/handle/UNSAAC/5329/253T20180504\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://200.48.82.27/bitstream/handle/UNSAAC/5329/253T20180504_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vázquez-Moreno, L. L. (2021). Resiliencia de sistemas de producción agropecuaria expuestos al huracán Irma en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 44, 1–16. [Consultado:16/11/2022]. Disponible en <https://web.s.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=1&sid=d86aa5ae-4d84-47e7-bc87-f62a91e6e423%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=156266740&db=fua>

Villar Bernaola, L. (2019). *“Efectos de la variabilidad climática (Temperatura Y Precipitación) en la seguridad alimentaria en Acomayo - Cusco”* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. [Consultado:03/04/2021]. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3866/villar-bernaola-lucia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zajdband, A. D. (2017). *La resiliencia de los sistemas de agro-acuicultura integrada en la Provincia de Misiones.*

### **WEB GRAFIA-LINGRAFIA**

- Ministerio de Agricultura y Riego:  
<https://minagri-geoespacial.users.earthengine.app/view/dinamicaagricolav9>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego  
<https://siea.midagri.gob.pe/portal/gee/index.html>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - Sistema Integrado de Estadística Agraria  
[https://siea.midagri.gob.pe/portal/dashboard\\_excelDATA\\_PERFIL\\_PRODUCTIVO.zip](https://siea.midagri.gob.pe/portal/dashboard_excelDATA_PERFIL_PRODUCTIVO.zip)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – Perfil Productivo y Competitivo de los Principales Cultivos del Sector

<https://app.powerbi.com/view?>

[r=eyJrljoiYzE2YzA3YWUtZGZiZi00NDFmLTliYWYtOTI1MTU5MWQ2YjQzliwi](https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiYzE2YzA3YWUtZGZiZi00NDFmLTliYWYtOTI1MTU5MWQ2YjQzliwi)

[dCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9](https://app.powerbi.com/view?dCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9)

- Mapping GIS – Formación que Impulsa tu Perfil GIS

<https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga->

[desde-qgis/](https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/)

Los anexos, panel fotografico y otros documentos se encuentran resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la biblioteca Central de la Universidad Tecnologica de los Andes