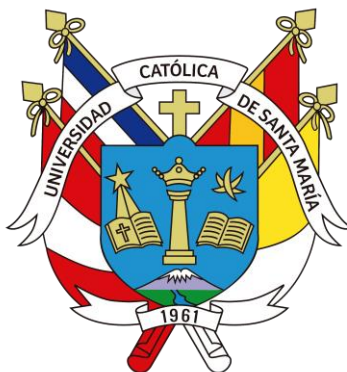


**Universidad Católica de Santa María**

**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente**

**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



**Propuesta de adaptación a la influencia del cambio climático en el  
incremento de plagas de cebolla (*Allium cepa* L.) en la provincia de  
Arequipa durante el periodo 2008 - 2023**

Tesis presentada por los Bachilleres:

**Herrera Rivera, Alfredo Alonso**

**ORCID: 0009-0005-8927-3746**

**Mayhuire del Carpio, Jorge Alonso**

**ORCID: 0009-0001-8859-9526**

para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesora:

**Mg. Chanove Manrique, Andrea Marieta**

**ORCID: 0000-0001-9170-1328**

Arequipa – Perú

2025

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA AMBIENTAL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 20 de Noviembre del 2025

**Dictamen: 012265-C-EPIA-2025**

Visto el borrador del expediente 012265, presentado por:

**2019200051 - HERRERA RIVERA ALFREDO ALONSO**

**2019701961 - MAYHUIRE DEL CARPIO JORGE ALONSO**

Titulado:

**PROPUESTA DE ADAPTACIÓN A LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL INCREMENTO  
DE PLAGAS DE CEBOLLA (ALLIUM CEPA L.) EN LA PROVINCIA DE AREQUIPA DURANTE EL  
PERIODO 2008 - 2023**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**29519918 - BEJARANO MEZA MARIA ELIZABETH  
DICTAMINADOR**



**43238145 - BENEGAS LLANOS ROSARIO CAROLINA  
DICTAMINADOR**



**43606549 - CARDENAS PILLCO BERLY EDINSSON  
DICTAMINADOR**



# PROPUESTA DE ADAPTACIÓN A LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL INCREMENTO DE PLAGAS DE CEBOLLA (ALLIUM CEPA L.) EN LA PROVINCIA DE AREQUIPA DURANTE EL PERIODO 2008 - 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080">pgc-snia.inia.gob.pe:8080</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://moam.info">moam.info</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%

## DEDICATORIA

*A mi madre Pilar, por su confianza absoluta, su infinita comprensión y su manera de enseñarme que todo se sostiene paso a paso. A mi hermana Andrea, por ser compañía, apoyo y risa en los días más complicados. Gracias por recordarme que no se camina solo.*

*Este trabajo es el resultado de avanzar incluso cuando no estaba claro hacia dónde, pero siempre hacia adelante.*

***Alfredo Alonso Herrera Rivera***

*A mi abuelo Jorge, por su apoyo en continuar mi carrera profesional y darme la motivación para seguir adelante. A mi padre, por las grandes enseñanzas que me dio. A mi madre Roxana, por siempre mostrarme su cariño y comprensión. Finalmente, a mis padrinos Sandra y Luis que estuvieron en los momentos más difíciles y me hicieron sentir que podré contar con ellos en cualquier situación.*

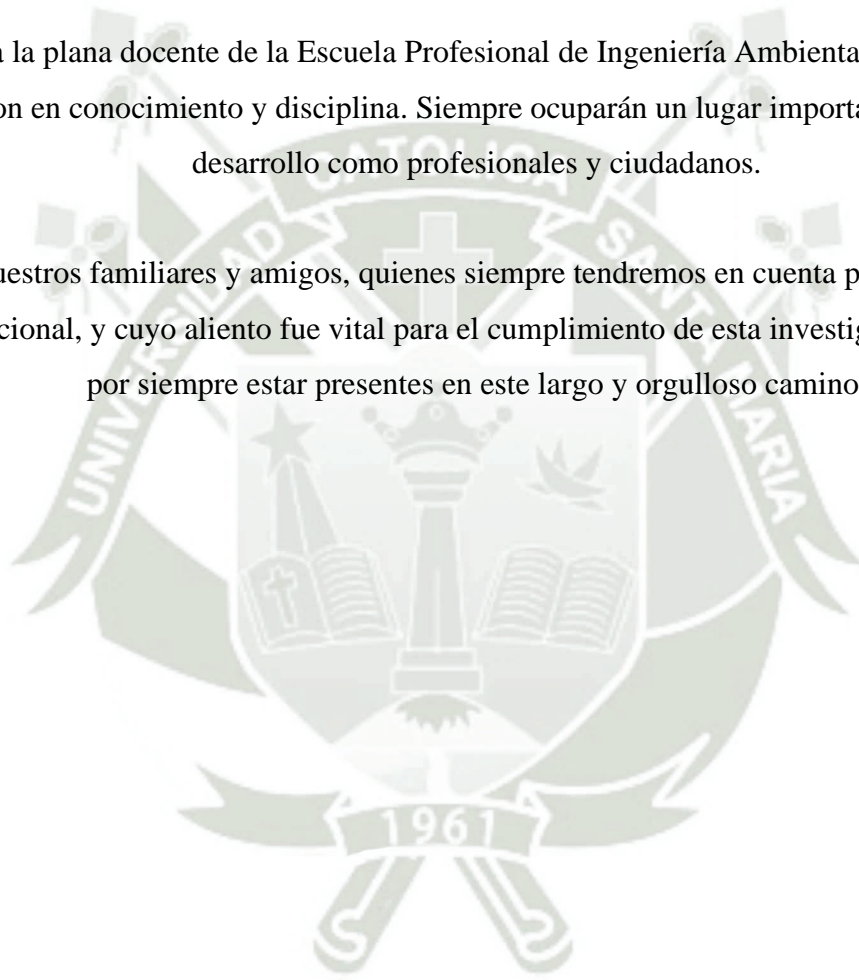
***Jorge Alonso Mayhuire del Carpio***

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestra asesora, Mg. Andrea Marieta Chanove Manrique, por su guía, orientación y dedicación a este trabajo; quien además del apoyo académico, representó un soporte personal para fortalecer nuestra pasión por la carrera.

A toda la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, quienes nos nutrieron en conocimiento y disciplina. Siempre ocuparán un lugar importante en nuestro desarrollo como profesionales y ciudadanos.

A nuestros familiares y amigos, quienes siempre tendremos en cuenta por su apoyo incondicional, y cuyo aliento fue vital para el cumplimiento de esta investigación. Gracias por siempre estar presentes en este largo y orgulloso camino.



## RESUMEN

El cambio climático, caracterizado principalmente por el aumento de la temperatura y la intensificación de fenómenos extremos como sequías y olas de calor, afecta significativamente a la agricultura al alterar variables climáticas clave para el desarrollo de los cultivos y la dinámica de plagas. Con el fin de identificar esta influencia en la provincia de Arequipa, se analizaron datos de temperatura, precipitación y humedad relativa ofrecidos por el SENAMHI y procesados mediante ArcGIS con interpolación IDW para determinar la evolución de estos parámetros de forma espaciotemporal desde 2008 hasta 2023. Asimismo, se revisó información bibliográfica y datos de SENASA sobre plagas de cebolla (*Allium cepa* L.) durante el mismo periodo de tiempo con el fin de comparar las condiciones propicias para la proliferación de estas plagas en un escenario de cambio climático.

El análisis climático mostró un incremento progresivo de la temperatura media anual y una reducción e irregularidad de las precipitaciones, junto con una disminución de la estacionalidad de la humedad. Estas condiciones favorecen la aparición y persistencia de diversas plagas, especialmente aquellas asociadas a ambientes cálidos y con humedad moderada a elevada, como *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Erwinia carotovora*, así como hongos que requieren humedad relativa superior al 70% y temperaturas altas, como *Oidium* y *Cladosporium allii*. Por otra parte, la combinación de altas temperaturas y baja humedad, registrada en años recientes, favorece la proliferación de insectos como *Thrips tabaci*, que se reproducen rápidamente en climas cálidos y secos. En conjunto, estos cambios climáticos no solo alteran la fenología agrícola, sino que amplían las ventanas de actividad y dispersión de plagas, incrementando el riesgo sanitario para los cultivos de cebolla en la provincia.

En base a esta información se propone un plan de adaptación que contempla el uso de semillas saludables, eliminación de plantas enfermas, limpieza de campos, control de riego, manejo de malezas y regulación de insectos vectores, con el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático en la producción de cebolla.

**PALABRAS CLAVE:** Cambio climático, plagas de cebolla, plan de adaptación

## ABSTRACT

Climate change, characterized primarily by rising temperatures and the intensification of extreme events such as droughts and heat waves, significantly impacts agriculture by altering key climatic variables for crop development and pest dynamics. To identify this influence in the province of Arequipa, temperature, precipitation, and relative humidity data provided by SENAMHI were analyzed and processed using ArcGIS with IDW interpolation to determine the spatiotemporal evolution of these parameters from 2008 to 2023. Additionally, bibliographic information and SENASA data on onion (*Allium cepa* L.) pests were reviewed during the same period to compare the conditions conducive to the proliferation of these pests under a climate change scenario.

The climate analysis showed a progressive increase in average annual temperature and a reduction and irregularity of precipitation, along with a decrease in the seasonality of humidity. These conditions favor the emergence and persistence of various pests, especially those associated with warm environments and moderate to high humidity, such as *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, and *Erwinia carotovora*, as well as fungi that require relative humidity above 70% and high temperatures, such as *Oidium* and *Cladosporium allii*. Furthermore, the combination of high temperatures and low humidity recorded in recent years favors the proliferation of insects such as *Thrips tabaci*, which reproduce rapidly in warm, dry climates. These climate changes not only alter agricultural phenology but also broaden the windows of activity and dispersal of pests, increasing the health risk to onion crops in the province.

Based on this information, an adaptation plan is proposed that includes the use of healthy seeds, removal of diseased plants, field cleaning, irrigation control, weed management, and regulation of insect vectors, with the aim of mitigating the effects of climate change on onion production.

**KEY WORDS:** Climate change, onion pests, adaptation plan

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPÍTULO I..... 3

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 4

1.1. Problemática de la investigación ..... 4

1.2. Justificación de la investigación ..... 5

1.2.1. Aspecto ambiental ..... 5

1.2.2. Aspecto teórico ..... 6

1.2.3. Aspecto social ..... 6

1.2.4. Aspecto económico..... 6

2. OBJETIVOS ..... 7

2.1. Objetivo general..... 7

2.2. Objetivos específicos ..... 7

CAPÍTULO II..... 8

3. MARCO TEÓRICO..... 9

3.1. Antecedentes de la investigación ..... 9

3.2. Conceptos básicos ..... 19

3.2.1. Cambio climático..... 19

3.2.2. Cultivo de cebolla ..... 21

3.2.3. Plagas..... 23

3.2.4. Plagas en Arequipa ..... 25

3.2.5. Adaptación al cambio climático frente a la proliferación de plagas..... 26

3.3.	Marco Legal .....	27
3.3.1.	Internacional .....	27
3.3.2.	Nacional .....	28
3.3.3.	Regional .....	31
3.3.4.	Local .....	32
CAPÍTULO III .....		34
4.	METODOLOGÍA .....	35
4.1.	Tipo y nivel de investigación .....	35
4.2.	Diseño de la investigación .....	36
4.2.1.	Ubicación espacial - temporal .....	36
4.2.2.	Variables de la investigación .....	36
4.3.	Métodos de investigación .....	38
4.3.1.	Determinación de las variables meteorológicas en la provincia de Arequipa. ....	38
4.3.2.	Determinación de la presencia de las plagas agrícolas más relevantes y prevalentes de la cebolla.....	42
4.3.3.	Análisis comparativo de la relación entre el cambio climático y el incremento de plagas en la provincia de Arequipa.....	43
4.3.4.	Propuesta de un plan de adaptación al cambio climático según los resultados obtenidos.....	44
CAPÍTULO IV .....		47
5.	RESULTADOS.....	48
5.1.	Variables meteorológicas en la provincia de Arequipa durante el periodo 2008 – 2023. ....	48
5.1.1.	Base de datos meteorológicos.....	48
5.1.2.	Mapas temáticos de las variables meteorológicas .....	53
5.1.3.	Análisis temporal por parámetro .....	59

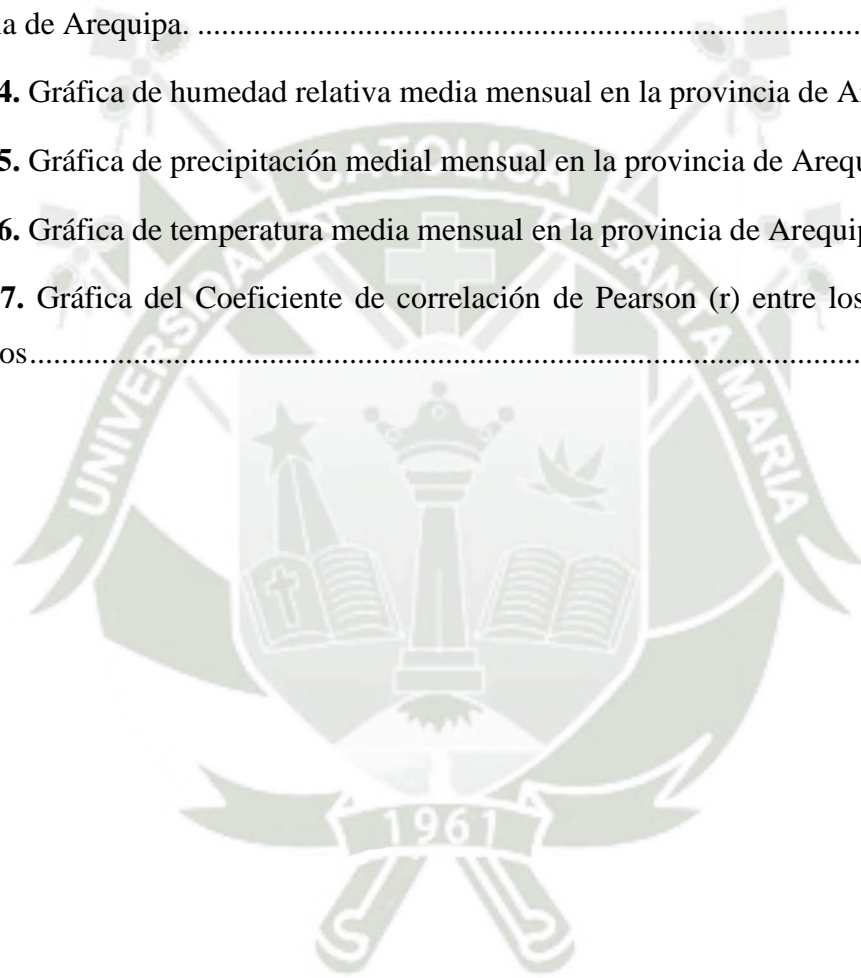
5.1.4.	Correlación entre variables climáticas .....	64
5.2.	Presencia de las plagas agrícolas más relevantes y prevalentes de la cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) en la provincia de Arequipa del periodo 2008 - 2023. ....	66
5.2.1.	Análisis de proliferación e impacto de plagas de cebolla en Arequipa .....	66
5.2.2.	Cuadro resumen de condiciones climáticas favorables para la aparición de plagas de cultivo de cebolla en Arequipa .....	71
5.2.3.	Comparación del rendimiento de cultivos de cebolla durante los últimos 10 años en Arequipa .....	71
5.3.	Análisis comparativo entre la influencia del cambio climático en el incremento de plagas en la provincia de Arequipa. ....	73
5.3.1.	Identificación de riesgo de proliferación de plaga por influencia del cambio climático.....	73
5.3.2.	Influencia de la inversión térmica en el desarrollo de plagas .....	74
5.4.	Propuesta del plan de adaptación al cambio climático. ....	75
6.	DISCUSIÓN .....	76
CAPÍTULO V	.....	81
7.	CONCLUSIONES .....	82
8.	RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS	.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipo y nivel de investigación.....	35
<b>Tabla 2.</b> Variables de la investigación .....	37
<b>Tabla 3.</b> Indicadores estadísticos para la validación de la interpolación .....	41
<b>Tabla 4.</b> Base de datos para la estación meteorológica “Huasacache”. .....	48
<b>Tabla 5.</b> Base de datos para la estación meteorológica “La Joya”. .....	49
<b>Tabla 6.</b> Base de datos para la estación meteorológica “La Pampilla”. .....	50
<b>Tabla 7.</b> Base de datos para la estación meteorológica “El Frayle”. .....	50
<b>Tabla 8.</b> Base de datos para la estación meteorológica “Las Salinas”. .....	51
<b>Tabla 9.</b> Base de datos para la estación meteorológica “Pampa de Arrieros”.....	52
<b>Tabla 10.</b> Resultados del proceso de validación de interpolación IDW mediante método Leave-One-Out Cross Validation (LOOCV).....	53
<b>Tabla 11.</b> Resultados del proceso de validación de interpolación Kriging mediante método Leave-One-Out Cross Validation (LOOCV) .....	54
<b>Tabla 12.</b> Resultados del Coeficiente de correlación de Pearson (r) entre los parámetros climáticos.....	64
<b>Tabla 13.</b> Resumen de condiciones climáticas favorables para la proliferación de plagas de cebolla.....	71
<b>Tabla 14.</b> Marco normativo de la Propuesta de Adaptación.....	99
<b>Tabla 15.</b> Factores condicionantes y desencadenantes del peligro.....	108
<b>Tabla 16.</b> Indicadores de evaluación de cumplimiento por objetivo específico .....	114
<b>Tabla 17.</b> Costos de controladores biológicos .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de distribución espacial y temporal de la humedad relativa media anual en la provincia de Arequipa.....	56
<b>Figura 2.</b> Mapa de distribución espacial y temporal de la precipitación media anual en la provincia de Arequipa.....	57
<b>Figura 3.</b> Mapa de distribución espacial y temporal de la temperatura media anual en la provincia de Arequipa. ....	58
<b>Figura 4.</b> Gráfica de humedad relativa media mensual en la provincia de Arequipa. ....	59
<b>Figura 5.</b> Gráfica de precipitación media mensual en la provincia de Arequipa. ....	61
<b>Figura 6.</b> Gráfica de temperatura media mensual en la provincia de Arequipa. ....	62
<b>Figura 7.</b> Gráfica del Coeficiente de correlación de Pearson (r) entre los parámetros climáticos.....	65



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Formulación de la propuesta de adaptación a la influencia del cambio climático en el incremento de plagas de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) en la provincia de Arequipa. ....	98
<b>ANEXO 2.</b> Información meteorológica ofrecida por el SENAMHI para las estaciones convencionales de la provincia de Arequipa .....	122
<b>ANEXO 3.</b> Principales plagas de cultivos de cebolla en Arequipa por reportes al SENASA.....	130



## INTRODUCCIÓN

El cambio climático constituye uno de los principales retos ambientales de la actualidad, el cual ya no se limita únicamente a una variación de las condiciones atmosféricas típicas, sino que debido a su capacidad para alterar los equilibrios ecológicos y los sistemas productivos agrícolas, representa una preocupación a escala socioeconómica (Liu & Chen, 2021). El incremento sostenido de la temperatura global, las variaciones en los regímenes de precipitación y la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos han generado condiciones propicias para la modificación de los ciclos biológicos y la distribución geográfica de numerosas plagas agrícolas, siendo así una de las consecuencias emergentes del cambio global que representa esta problemática. Además, estos cambios afectan directamente la productividad, calidad y estabilidad de los cultivos, comprometiendo la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas a nivel mundial (Schneider et al., 2022); por lo que pueden ocasionar impactos en otros componentes de la sociedad a largo plazo.

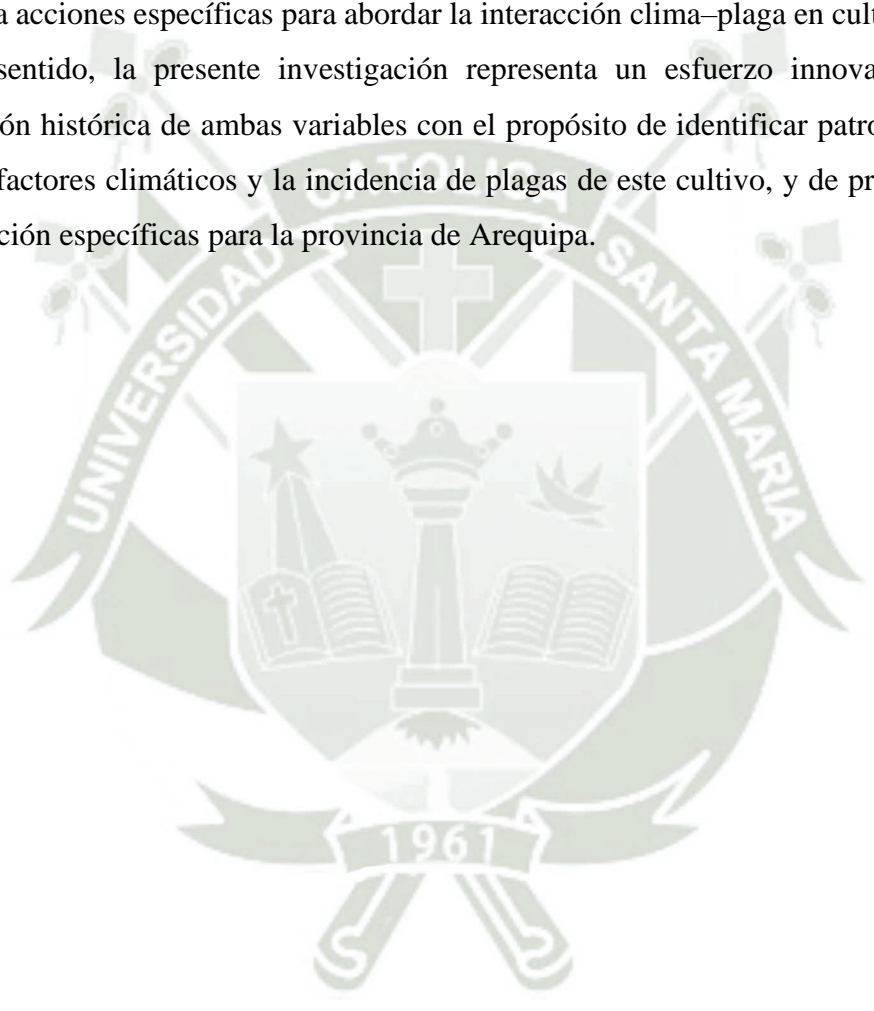
En regiones áridas y semiáridas como la provincia de Arequipa, los efectos del cambio climático se manifiestan de manera particular, debido a la alta variabilidad térmica y la limitada disponibilidad hídrica (Mondragón Denegri, 2016). Estas condiciones influyen en el desarrollo fenológico de los cultivos y en la proliferación de insectos plaga, que encuentran en las nuevas condiciones ambientales un entorno favorable para su crecimiento. Entre los cultivos más afectados destaca la cebolla (*Allium cepa* L.), uno de los productos agrícolas más importantes del país, que representa más del 60 % de la producción nacional concentrada en la región de Arequipa (Salluzzi Vargas, 2025). Sin embargo, el incremento de plagas como *Thrips tabaci*, *Spodoptera spp.* y *Delia platura* ha generado pérdidas significativas de rendimiento, incrementando el uso de agroquímicos y elevando los costos de producción.

A pesar de la relevancia económica y social de este cultivo, la relación entre las variables climáticas y la incidencia de plagas en Arequipa no ha sido suficientemente estudiada. La ausencia de series históricas integradas de datos meteorológicos y biológicos dificulta identificar patrones tanto espaciales como temporales que permitan anticipar riesgos o diseñar estrategias de adaptación efectivas.

En este contexto, la presente investigación tiene como finalidad analizar la influencia del cambio climático en el incremento de plagas de cebolla (*Allium cepa* L.) en la provincia de

Arequipa durante el periodo 2008–2023, estableciendo relaciones entre tendencias climáticas y la evolución de plagas. Los resultados permitirán a su vez formular un plan de adaptación con medidas basadas en evidencia científica, orientadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas frente a las alteraciones climáticas.

Si bien el Perú cuenta con un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) orientado a reducir la vulnerabilidad frente a los efectos climáticos, este instrumento no contempla acciones específicas para abordar la interacción clima–plaga en cultivos de cebolla. En este sentido, la presente investigación representa un esfuerzo innovador al integrar información histórica de ambas variables con el propósito de identificar patrones de relación entre los factores climáticos y la incidencia de plagas de este cultivo, y de proponer medidas de adaptación específicas para la provincia de Arequipa.





# CAPÍTULO I

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Problemática de la investigación

El cambio climático se caracteriza por un aumento de la temperatura global media, se tiene fenómenos extremos como sequías, fuertes precipitaciones y olas de calor, que están aumentando en términos de frecuencia e intensidad en la mayoría de las regiones del mundo (Schneider et al., 2022). Los efectos del cambio climático actualmente están afectando a varias zonas del mundo causando impactos a ecosistemas incluyendo a la agricultura. Debido a una fuerte dependencia a las variables climáticas, cualquier cambio o alteración en estas variables podría perjudicar el rendimiento y productividad de los cultivos (Parry, 2019). Al perjudicar tanto a las plantas como a los insectos de varias maneras, se prevé que el cambio climático sea uno de los principales impulsores del cambio en las interacciones entre cultivos y plagas a nivel mundial, junto con la intensificación agrícola (Schneider et al., 2022). Se esperan cambios en toda una serie de parámetros relacionados con el clima, que pueden afectar unos sobre otros y tener diferentes impactos sobre las especies de plagas incluyendo cambios en la distribución hacia los polos y hacia elevaciones más altas (Descombes et al., 2020), provocando cambios en la fenología primaveral (Vitasse et al., 2021) y aumentando el número de generaciones anuales al acelerar su desarrollo y alargar su temporada de desarrollo (Altermatt, 2009). Asimismo, el cambio climático afecta a todo el ecosistema en el que vive una especie de plaga, por lo que afecta no solo a la plaga de insectos, sino también a las plantas hospedantes, los depredadores y parasitoides de los herbívoros y las interacciones entre todos los organismos (Jactel et al., 2019; Harvey et al., 2020). Los cultivos de cebollas (*Allium cepa* L.) son afectados por una serie de plagas que afectan su producción y calidad, dando como resultado pérdidas de millones de dólares a nivel mundial (Yadav et al., 2023), ciertas plagas ocasionan un crecimiento atrofiado, excoiación de las raíces, retraso del crecimiento, clorosis, marchitez prematura y una reducción general del crecimiento de la planta (Rawal, 2020).

El Perú es muy vulnerable a los efectos del cambio climático y es geográficamente muy variado, donde hay un gran porcentaje de población cuyo sustento depende principalmente de la agricultura (CEPAL, 2014; Escobal et al., 2015). También se ve directamente afectado por fluctuaciones periódicas de eventos climáticos extremos como “El Niño-Oscilación del Sur” (ENSO) que ocurre en todo el Océano Pacífico ecuatorial, que provoca fuertes lluvias, inundaciones e incluso en algunas áreas, sequías (CEPAL, 2014). Por ser el Perú

geográficamente diverso puede presentar diferentes condiciones climáticas. Por ejemplo, los rápidos cambios de temperatura en los Andes, que pueden alcanzar temperaturas cercanas al punto de congelación, resaltan la necesidad de ayudar a los agricultores andinos a obtener información oportuna que les ayude a ajustar sus prácticas agrícolas actuales a las condiciones ambientales cambiantes (Ponce, 2020). La región Arequipa es la principal productora de cebolla a nivel nacional con un 59,4% de la producción total (SIEA, 2023), lo que resalta la necesidad de implementar estrategias eficaces y sostenibles para la prevención y control de plagas, considerando también que en las últimas décadas se está ampliando el rango de distribución de plagas a mayores altitudes, provocando aumentos en las pérdidas de producción y calidad agrícola.

Los insectos son organismos que no regulan su temperatura y dependen de la temperatura ambiente para sobrevivir. En este sentido, el calentamiento en las regiones montañosas de los Andes como resultado del cambio climático aumenta la presión de plagas en estos agroecosistemas, aumentando el rango de expansión de las ya existentes y propiciando la invasión de nuevas (Flores et al., 2020). Las tendencias y pronósticos (IPCC, 2007; Urrutia y Vuille, 2009) sugieren que las presiones relacionadas con el clima aumentarán en los Andes debido al cambio climático, y exigirán modificaciones en el uso del suelo, sistemas de producción, sistemas de conocimientos locales, mecanismos para enfrentarlos y estrategias para ganarse la vida. Actualmente no se encuentran muchos estudios en Arequipa sobre la relación del cambio climático con las plagas por lo que esta investigación será de gran aporte para la sociedad de la provincia de Arequipa.

## **1.2. Justificación de la investigación**

### **1.2.1. Aspecto ambiental**

La presente investigación representa un aporte significativo en el manejo integrado de recursos naturales relacionados con ecosistemas agrícolas mediante el conocimiento construido sobre base científica. Además, este estudio no solo contribuye a la comprensión más profunda de la dinámica y la interacción de estos recursos naturales, sino que también refleja su papel crítico en la mitigación y adaptación frente a las consecuencias adversas del cambio climático. Estos hallazgos permiten una gestión más eficiente y sostenible dentro del sector agrícola, lo que

conlleva una reducción de los impactos negativos y una mayor resiliencia frente a los desafíos climáticos que enfrenta el medio ambiente.

### **1.2.2. Aspecto teórico**

Establecer una correlación sustancial entre los efectos del cambio climático y el incremento en la incidencia de plagas en los ecosistemas agrícolas de la provincia de Arequipa representa un valioso aporte al acervo del conocimiento. Este estudio conlleva una contribución trascendental a través de la generación de información altamente pertinente y novedosa, fundamentada en datos históricos previos relacionados con la variabilidad climática en la zona de estudio. De igual forma, la relevancia de esta investigación radica en su capacidad para profundizar en la comprensión de los vínculos complejos entre las alteraciones climáticas y el aumento de plagas, lo que a su vez brinda un marco de referencia crucial para la toma de decisiones en el ámbito agrícola y la formulación de estrategias de adaptación.

### **1.2.3. Aspecto social**

La divulgación y conocimiento sobre los impactos del cambio climático en esta investigación se erigen como un significativo aporte de índole social, al proporcionar un conocimiento altamente pertinente para el sector de la población que sustenta su subsistencia en la producción agrícola de Arequipa. Este valioso aporte se convierte en un componente esencial para el progreso y desarrollo social de la provincia. La trascendencia de los hallazgos radica en su capacidad para empoderar a las comunidades agrícolas locales al dotarlos de información crítica que les permita tomar decisiones más informadas y estratégicas en su labor. Así mismo, la propia aparición de plagas representa una disconformidad notoria en el bienestar de la población y puede llegar a representar un problema grave en la salud de la población, por lo que esta investigación cubre dicha dificultad.

### **1.2.4. Aspecto económico**

La presente investigación confiere notables beneficios al sector agrícola al contribuir al desarrollo de estrategias más idóneas y factibles para la gestión de plagas de la cebolla, lo que, en consecuencia, ejerce un impacto positivo en la disminución de los costos, al tiempo que se mantiene una producción elevada y una eficiencia óptima en el ámbito económico. La implementación de estrategias basadas en evidencia científica no solo conduce a una reducción

de los gastos asociados a la lucha contra las plagas, como el uso de pesticidas y otros insumos costosos, sino que también contribuye a la preservación de la salud de los ecosistemas agrícolas y la calidad de los productos agrícolas, lo cual promueve el desarrollo sostenible de este sector económico.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

- Proponer un plan de adaptación frente a los efectos del cambio climático en el incremento de plagas de cebolla (*Allium cepa* L.) en la provincia de Arequipa durante el periodo 2008 - 2023.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar las variables meteorológicas en la provincia de Arequipa mediante información validada que permita elaborar mapas de las tendencias climáticas durante el periodo 2008 - 2023.
- Determinar la presencia y evolución de las plagas agrícolas más relevantes y prevalentes de la cebolla (*Allium cepa* L.) a través de información histórica y científica.
- Identificar la influencia de factores climáticos en la proliferación de plagas en la provincia de Arequipa mediante una revisión bibliográfica e histórica.
- Proponer un plan de adaptación al cambio climático basado en la influencia identificada y en las necesidades o vulnerabilidades ambientales de la provincia de Arequipa.



## CAPÍTULO II

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Antecedentes de la investigación

En el estudio de Pathak et al. (2021) que lleva el título de “Impacto del cambio climático en el gusano del ombligo, una importante plaga de los frutos secos en California” menciona que en el estado de California la temperatura aumente entre 2 y 4 °C en emisiones medias y en emisiones altas entre 4 y 7 °C a finales de este siglo estos aumentos de temperatura observados y proyectados probablemente aumentarán la presión de plagas y enfermedades en la agricultura ya que los insectos son de sangre fría; donde su temperatura corporal está regulada por condiciones climáticas como temperatura, humedad, precipitaciones y velocidad del viento. El objetivo que se planteó en su estudio es cuantificar el momento y los cambios en el número de generaciones de esta plaga en almendras, nueces y pistachos para el Valle Central de California bajo el cambio climático, obtuvieron datos de la temperatura máxima y mínima diaria a partir de 10 modelos de circulación general para el periodo histórico (1950 a 2005) y proyecciones futuras (2006 a 2100) que fueron seleccionado de 5 puntos dentro del área de estudio. Emplearon el método estadístico LOCA que produce estimaciones y se ha utilizado ampliamente en diversas evaluaciones de impacto de cambio climático. La especie estudiada tiene varias generaciones en un año por lo que se usó el cálculo de grados-día para predecir el número de generaciones de esta plaga, para análisis estadístico se empleó la prueba de Mann Kendall para determinar una tendencia lineal o no lineal ascendente o descendente estadísticamente significativa en los días que tarda el gusano anaranjado del ombligo en completar sus generaciones a lo largo del tiempo. Según los resultados del estudio, es probable que la quinta generación de la plaga se encuentre bajo el clima futuro. Significa que una generación adicional con una densidad de población potencialmente mayor que las generaciones anteriores se alimentaría de nueces, y aumenta significativamente la vulnerabilidad de esas nueces.

El estudio de Rao et al. (2020) con el título de “Escenario de plagas de *Spodoptera litura* (Fab.) en el cacahuete bajo vías de concentración representativas (RCPs) basadas en escenarios de cambio climático” trata de la oruga del tabaco que es una plaga importante del maní que en la India causa un 47% de pérdida de rendimiento. En el

estudio se generó escenarios de cambio climático de conjunto de múltiples modelos utilizando el conjunto de datos de múltiples modelos del Proyecto de intercomparación de modelos acoplados fase 5 (CMIP5) del Programa Mundial de Investigación Climática (WRCP) y utilizamos estos datos para comprender el impacto del aumento de temperatura en el número de generaciones de *S. Litura* sobre maní en diez lugares de la India para los futuros períodos de cambio climático utilizando datos de temperatura de cuatro escenarios de Vías de concentración representativas (RCP). Los RCP dan una gama de trayectorias de emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero resultantes de proyecciones del forzamiento radiativo. RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5 y RCP2.6 indican un forzamiento radiativo de 8,5, 6,0, 4,5 y 2,6  $W/m^2$ , respectivamente, para el año 2100. En análisis estadístico se adoptó el análisis de varianza estándar (ANOVA) para identificar la variación en el número de generaciones y el tiempo de generación de *S. litura*. En resultados se encontró un probable aumento de 16% de Tmax y 34% Tmin a futuro, la temperatura juega un papel importante en el ciclo de vida de los insectos; una temperatura más alta provoca una finalización más rápida del ciclo de vida, lo que lleva a más generaciones.

Los modelos de distribución de especies (SDM) se han utilizado cada vez más para predecir las distribuciones geográficas potenciales (PGD). CLIMEX y MaxEnt son los dos modelos más utilizados para predecir los PGD de plagas de insectos y sus enemigos naturales en diversos ecosistemas. En el estudio de (Xian et al., 2023) que se titula “Estimación de la distribución geográfica potencial de una nueva plaga de la patata (*Schrankia costaestrigalis*) en China bajo el cambio climático” identificaron los PGD de *S. costaestrigalis* en China, también se determinó las variables significativas que tienen mayor impacto en los PGD de *S. costaestrigalis*; se realizaron los mapas de PGD de *S. costaestrigalis* bajo los escenarios climáticos actuales y de cambio climático futuro; y se analizó la superficie de similitud ambiental multivariada (MESS) y la tendencia de los cambios del centroide PGD para *S. costaestrigalis* durante cuatro escenarios para la década de 2030. Se utilizó el modelo MaxEnt donde las "clases de características" (FC) y el "multiplicador de regularización" (RM) son los parámetros más importantes y pueden afectar la precisión de los resultados del modelo. Sus calibraciones pueden mejorar significativamente la precisión de los resultados. El MESS se utilizó para analizar el alcance de los efectos del cambio climático y sus

variables determinantes clave en los PGD de *S. costaestrigalis*. Determinaron la capa de referencia de las variables ambientales y calcularon las similitudes (S) entre ellas bajo los climas actuales y futuros. En resultados las variables ambientales que afectaron a los PGD fueron la variable temperatura (temperatura mínima del mes más frío), las variables de precipitación (precipitación del mes más seco y precipitación del trimestre más frío) y durante la década del 2030 se observó que el PGD disminuirá en China pero se debe tener cuidado en las épocas invierno y inicios de primavera.

En el estudio de Yuan et al. (2017) con el título “Seguimiento del hábitat para evaluar la distribución de enfermedades y plagas de los cultivos a partir de imágenes de teledetección por satélite de múltiples fuentes” se utilizó imágenes de teledetección satelital de Worldview 2 y Landsat 8 para monitorear la aparición de mildiú polvoriento y pulgones en campos de trigo, plagas que están estrechamente relacionadas con la temperatura y humedad. En el lugar estudiado, China, obtuvieron datos de observación (GPS, tipos de enfermedades y plagas, y grado de infestaciones) y dos conjuntos de imágenes satelitales (Worldview 2 y Landsat 8) con diferentes resoluciones espaciales y configuraciones de canal para la región. Se realizó un análisis de prueba t independiente para evaluar la capacidad de los parámetros ambientales y de crecimiento seleccionados para diferenciar grupos sanos e infectados. Los parámetros que tenían valores estadísticamente diferentes entre el hábitat sano y enfermo se utilizaron como índices de enfermedades de los cultivos y hábitat de plagas. En sus resultados, como usaron una combinación de índices de vegetación y características ambientales refleja con mayor precisión la distribución espacial regional de cultivos y plagas. Este método es superior a los modelos de monitoreo tradicionales, que se basan únicamente en información espectral como los índices de vegetación y, por tanto, pueden utilizarse para apoyar eficazmente la detección temprana y la alerta de enfermedades y plagas de los cultivos.

En condiciones climáticas favorables, *P. infestans* puede destruir todo el dosel de un cultivo de papa en 10 a 15 días, lo que resulta en pérdidas totales de rendimiento. Jiménez et al. (2023) en su estudio “Modelización de las pérdidas de rendimiento de la patata causadas por *Phytophthora infestans*: Aspectos de la tasa de crecimiento de la enfermedad, el tiempo de infección y la temperatura bajo el cambio climático” tuvo como objetivos en su estudio desarrollar un modelo mecanístico flexible, fácil de usar

y simplificado para la evaluación de las pérdidas de rendimiento de la papa causadas por *P. infestans* como patógeno primario en este cultivo, determinar la importancia de la tasa de crecimiento de la enfermedad y el momento del inicio de la epidemia sobre la reducción del rendimiento causada por *P. infestans*, y evaluar la sensibilidad del modelo a cambios en las variables meteorológicas en relación con el cambio climático en el futuro cercano. Las simulaciones de pérdida de rendimiento y los análisis estadísticos realizados en el estudio se basaron en una base de datos que consta de 71 ensayos de campo realizados en tres ubicaciones diferentes en el sur de Suecia. POTATOPEST es un modelo de simulación simplificado en el que sólo se tienen en cuenta los principales procesos agrofisiológicos que definen el desarrollo de la planta de patata, dejando otros procesos que contribuyen poco al comportamiento del sistema, a su vez permite incorporar mecanismos de daño provocados por una o más enfermedades de la papa y/o insectos plaga. El mecanismo de daño son los procesos fisiológicos del cultivo que son alterados por un organismo nocivo. La temperatura fue considerada el único factor ambiental que impulsa el desarrollo fenológico de la papa en POTATOPEST. En los resultados del estudio el modelo produjo estimaciones razonables del rendimiento de los tubérculos y su reducción causada por *P. infestans*. El modelo permitió evaluar el papel que desempeñan la tasa de crecimiento de la enfermedad y el momento de inicio de la infección en la reducción del rendimiento. Además, también se evaluó el efecto del aumento de las temperaturas, lo que sugiere que *P. infestans* podría causar menos pérdida de rendimiento a medida que el patógeno se desvía de su desarrollo óptimo.

*Leptinotarsa decemlineata* es uno de los insectos más prevalentes en cultivos de papa a nivel mundial y *Ostrinia nubilalis* es la plaga de insectos más frecuente en el maíz. CLIMEX ha sido utilizado en diversos estudios considerando la distribución potencial y propagación de animales y plantas. En el estudio de (Kocmánková et al., 2010) con el título “Estimación del impacto del cambio climático en la aparición de plagas seleccionadas en la región centroeuropea” se utilizó esta herramienta informática para estimar los límites climáticos para el crecimiento poblacional de ambas especies de plagas. En Europa estas plagas desarrollan de 1 a 2 generaciones por año. El programa CLIMEX estima la distribución geográfica de una especie basándose en las condiciones climáticas. En los resultados se determinó que lo más probable es que la temperatura

cambie el desarrollo de las especies de plaga y permita la ampliación de sus áreas de ocurrencia y cambios a mayores altitudes, en estos escenarios ambas especies de plagas podrían completar su desarrollo a inicios de año y producir más generaciones.

Las larvas de *H. vitessoides* se alimentan principalmente de las hojas de *A. sinensis* que pueden comerse en pocos días, e incluso la corteza del tronco y las ramas, lo que no sólo afecta el crecimiento saludable de la planta sino que también provoca grandes pérdidas económicas. Maxent es una aplicación para modelar la distribución de especies basada en registros de ocurrencia de especies y variables ambientales. Los principales factores que influyen en la distribución de especies y los tipos ecológicos forestales son a menudo elementos meteorológicos. En el trabajo de (Xu et al., 2020) con el título “Influencia de los factores climáticos en la distribución potencial de la plaga *Heortia vitessoides* Moore en China” se adoptó el software MaxEnt para predecir el área de distribución potencial de *H. vitessoides* en China, y se analizó el impacto de las variables ambientales en la probabilidad de distribución. Para explorar el efecto del clima sobre el riesgo de propagación de la plaga en China, descargaron datos de variables ambientales de WorldClim en el periodo de 1950-2000. Los datos climáticos futuros de la década de 2050 (2041-2060) se recopilaron del sitio web de CCAFS (Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria). Se seleccionaron tres rutas de concentración representativas (RCP) de RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5, que representan el escenario mínimo, medio y máximo de emisión de gases de efecto invernadero, respectivamente, para simular la distribución futura de esta especie, se empleó la tecnología de análisis espacial de ArcGIS 10.2 para mostrar los resultados de la predicción mediante el modelado MaxEnt. Obtuvieron que el aumento de las precipitaciones y la humedad favorecen la aparición de esta plaga. En el período actual, el área adecuada para *H. vitessoides* se distribuyó principalmente en la zona climática tropical y subtropical del sur de China y para el futuro el área adecuada mostró una tendencia a expandirse hacia el norte en el futuro.

En el estudio de Walter et al. (2018) que lleva el título “El ciclo biológico y el hábitat explican la variación entre poblaciones de insectos plaga sometidas al cambio global” se analizó 64 series temporales de varias décadas de poblaciones de insectos plagas agrícolas y forestales en los Estados Unidos. Se reunió una base de datos de series temporales de poblaciones de plagas, luego se caracterizó las poblaciones según las

tendencias a largo plazo, la fuerza de la regulación poblacional y la presencia y duración del ciclo. Con análisis estadísticos se vio si estos atributos podrían predecirse mediante la geografía, la taxonomía y los rasgos de la historia de vida. Aproximadamente la mitad de las series cronológicas mostraron una tendencia a largo plazo y era más probable que las plagas agrícolas estuvieran disminuyendo, mientras que era más probable que las plagas forestales estuvieran aumentando. Los insectos que eclosionan a inicios de la primavera pueden estar más influenciados por las fuerzas ambientales, por ejemplo, las heladas tempranas o tardías de la primavera, que las especies que eclosionan más tarde.

La producción de café (*Coffea arabica* L.) es importante para la economía de varios países de África, Asia y América tropical, donde su plaga directa es la chinche Antestia, *Antestiopsis thunbergii*. En el estudio de (Bigirimana et al., 2019) con el título de “Distribución y densidad de población de *Antestiopsis thunbergii* (Hemiptera: Pentatomidae) en las regiones cafeteras de Ruanda en relación con las variables climáticas” busca evaluar la densidad y la distribución de la chinche Antestia en las regiones cafetaleras de Ruanda, determinar los efectos de las variables climáticas sobre la densidad de la chinche Antestia. Para determinar la densidad de las bayas infestadas, se tomaron muestras de tres ramas portadoras (una en la parte inferior, media y superior del árbol). La evaluación de la densidad del daño se realizó utilizando síntomas de daño en los que los granos de café infestados por la chinche Antestia tenían agujeros laterales en las bayas. Las variables climáticas, es decir, temperatura, precipitaciones, velocidad del viento y humedad relativa, se obtuvieron de estaciones meteorológicas. Para probar si la densidad y el daño de las chinches de Antestia fueron significativamente diferentes entre zonas agrícolas, utilizamos un análisis de varianza unidireccional (anova) para ambas variables que luego fue seguido por el procedimiento de comparación múltiple de Tukey. En resultados se tiene que la temperatura acorta sustancialmente el tiempo que le toma a la chinche Antestia completar un ciclo de vida por lo que, las temperaturas más altas contribuyen al aumento de generaciones de esta plaga.

En África oriental se desarrolló un enfoque de control de plagas estimulante-disuasivo específico para especies de lepidópteros barrenadores del tallo, conocido como tecnología 'push-pull' (PPT). En este sistema, los químicos vegetales, incluidos los metabolitos primarios y secundarios que median en las interacciones entre plantas e insectos y, por lo tanto, controlan eficazmente las plagas, se implementan mediante

policultivos. El objetivo de este estudio de Alexandridis et al. (2023) que tiene el título “Cambio climático e intensificación ecológica de la agricultura en el África subsahariana - Un enfoque sistémico para predecir el rendimiento del maíz con tecnología push-pull” es proporcionar el conocimiento y la base metodológica para predicciones confiables de los impactos del cambio climático en PPT y otras medidas de intensificación ecológica en todo el África subsahariana. El estudio sugiere impactos variables del cambio climático en los componentes del PPT en África subsahariana para finales del siglo XXI, incluida la reducción de la fertilidad del suelo y el aumento de plagas de malezas y una mayor prevalencia de enfermedades de los cultivos, pero también un mayor control biológico por parte de los enemigos naturales de las plagas.

Subedi et al., (2023) analizan en un artículo de revisión cómo el cambio climático impacta la vida y el entorno de los insectos considerados como plagas, además de investigar la posible aplicación de tecnologías contemporáneas para supervisar estas plagas y desarrollar métodos predictivos. El objetivo es crear estrategias sólidas para controlar las plagas de manera eficaz, mejorando así la producción agrícola y garantizando la seguridad alimentaria. En esta investigación se demuestra que diferentes artículos confirman que la variabilidad de estos factores a lo largo del tiempo ocasiona efectos en la productividad de campos agrícolas, siendo muchos de ellos relacionados con el incremento de enfermedades causadas por plagas.

En el artículo de revisión realizado por Schneider et al. (2022) Se explora en detalle el papel de los principales factores climáticos vinculados a variaciones en temperatura y precipitación que podrían generar efectos directos o indirectos en las poblaciones de plagas. No obstante, se observan notables diferencias entre distintos tipos de ecosistemas y especies. En general, se tiende a prever que en las zonas de clima templado se incrementen las infestaciones de plagas en comparación con las áreas tropicales. Por lo tanto, resulta fundamental abordar los impactos del cambio climático teniendo en cuenta las condiciones climáticas locales y las complejas interacciones ecológicas dentro de cada tipo de ecosistema.

Dado que el cambio climático está propiciando la expansión de especies invasoras en todo el mundo, resulta fundamental anticipar los posibles cambios en la distribución de estas plagas en los campos agrícolas, lo cual tiene un impacto considerable en la

seguridad alimentaria global. Los resultados de la investigación realizada por Ma y Ma (2022) titulada “Distribución potencial de las plagas invasoras de los cultivos bajo el cambio climático: incorporación de las respuestas de mitigación de los insectos en los modelos” pueden ofrecer una valiosa perspectiva sobre la capacidad de los insectos para lidiar con los desafíos del cambio climático y mejorar las predicciones en este sentido. Además, se subraya que otros factores de estrés no relacionados con el clima, como la desecación y la falta de alimentos, también pueden restringir la propagación de los insectos.

Tonnang et al. (2022) analizan las posibles repercusiones que podrían surgir a raíz del aumento de las temperaturas y el incremento en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera en lo que respecta a la interacción entre los insectos catalogados como plagas. Este análisis se basa en la consideración de diversas variables que se emplean para modelar el crecimiento de los cultivos y el desarrollo de las plagas. Estas variables principales están relacionadas con factores como la temperatura, el tipo de suelo, aspectos fisiológicos y morfológicos. Además, se toman en cuenta variables de gestión, como las fechas de siembra y la fertilización, entre otros. Esto resulta en comprobar que a medida que el clima cambia, la estimación de los impactos causados por los insectos en los cultivos depende de establecer relaciones específicas entre el metabolismo, la fisiología de los insectos, su dinámica poblacional, la temperatura y el CO<sub>2</sub>.

En África, un estudio realizado por Nakato et al. (2023) busca ampliar nuestro entendimiento sobre cómo varía la aparición y propagación de plagas y enfermedades en los cultivos de banano en función de la altitud en las zonas de producción clave de Burundi y Ruanda. Para lograrlo, es necesario comprender los factores ambientales y de gestión que influyen en la variabilidad de las poblaciones de plagas, así como la prevalencia e incidencia de enfermedades. Los resultados de este estudio tienen como objetivo la formulación de estrategias coherentes y proactivas para el control de plagas y enfermedades en un contexto de creciente calentamiento global. Sorprendentemente, aunque la temperatura no tuvo un impacto directo en la prevalencia de plagas a nivel de las fincas, se observó que un aumento significativo en las temperaturas promovió un desarrollo más rápido de ciertas plagas, lo que resultó en la multiplicación de los ciclos de generación y mayores daños a los cultivos a lo largo del año.

Los peligros climáticos más prominentes, como la sequía, las bajas temperaturas y las tormentas, han afectado la producción de maíz en Carolina del Norte desde la década de 1960. De esta forma, se busca el fortalecimiento del sector agrícola y adaptarlo de manera más efectiva a las cambiantes condiciones climáticas. La investigación realizada por Song et al. (2020) en China involucra la recopilación de información sobre temperaturas, sequías, precipitaciones anómalas de tormentas y la evaluación de índices de pérdida de cultivos. Como resultado de interés, se observa que las enfermedades de las plantas y las infestaciones de plagas de insectos, ambas con impactos significativamente negativos en los rendimientos, pueden estar relacionadas con condiciones climáticas adversas.

Si en los posibles escenarios de cambio climático se contempla una mayor variabilidad en los parámetros climáticos, esto podría generar impactos significativos en el riesgo asociado a plagas y enfermedades, más que únicamente los cambios en los valores promedio comunes. Por esto, Garret et al. en el año 2013 determinaron que si las condiciones medias conducen a pérdidas, el aumento de la varianza del sistema disminuye la pérdida media de rendimiento. Por otro lado, si las condiciones medias son intermedias o pobres para el desarrollo de enfermedades o plagas, de modo que las condiciones conduzcan a una pérdida de rendimiento no más de la mitad del tiempo. Para abordar este tema, en la investigación se ha desarrollado un modelo teórico que examina las pérdidas de rendimiento debidas a enfermedades en relación con las condiciones climáticas. Los resultados revelan dos escenarios cualitativamente distintos en función de cómo cambia la varianza del sistema. En el primer caso, si las condiciones climáticas medias provocan pérdidas, un aumento en la varianza del sistema disminuye la pérdida promedio de rendimiento. En contraste, cuando las condiciones climáticas medias son intermedias o desfavorables para el desarrollo de enfermedades o plagas, lo que resulta en pérdidas de rendimiento en menos del 50% del tiempo, se observa un patrón diferente.

Ante la urgente necesidad de comprender cómo el cambio climático afecta la producción de alimentos, Taylor et al. (2018) presentan un enfoque que permite estimar y visualizar el rango térmico esencial de una plaga o enfermedad que afecta a los cultivos. La metodología empleada para determinar este rango térmico se basa en la creación de mapas a nivel global que indican cuántos meses en cada ubicación son

propicios para que la plaga o enfermedad se establezca y prolifere. El análisis resultante revela que las áreas más adecuadas para la propagación de esta plaga/enfermedad se encuentran predominantemente cerca del ecuador, en regiones de gran importancia para la producción de cítricos, como Brasil y el sudeste asiático.

Bao et al. (2023) en el artículo “Impactos del cambio climático en los agroecosistemas de China: Procesos, mecanismos y perspectivas” analizan las características del cambio climático en China durante un período de casi setenta años para comprender cómo este fenómeno está afectando a una de las naciones más pobladas y económicamente influyentes del mundo. Esto puede proporcionar información valiosa para la formulación de políticas ambientales y estrategias de mitigación. Esto se consigue mediante un análisis exhaustivo de la evolución del clima en China desde 1951 hasta 2020. Además, se profundiza en la comprensión de los factores que influyen en la configuración de los agroecosistemas en respuesta a las condiciones climáticas, al mismo tiempo que se destacan las perspectivas y obstáculos que surgen para las investigaciones futuras en este ámbito. Las tendencias climáticas históricas y proyectadas identificaron brechas actuales en la integración interdisciplinaria y la investigación requerida para gestionar diversos impactos del cambio climático en los agroecosistemas.

En Cusco, los habitantes de Huyro practican la agricultura como su principal medio de subsistencia, pero esta actividad se encuentra expuesta a diversos riesgos climáticos. Como menciona Justo Minaya (2019), los pobladores han notado que los cambios en las condiciones atmosféricas y en la naturaleza están causando un aumento en las plagas y enfermedades, lo que también está provocando la pérdida de algunas variedades de sus cultivos. Por lo tanto, la investigación se centró en tres objetivos relacionados con la diversidad de cultivos, los riesgos climáticos y los sistemas alimentarios. Se concluyó que las principales amenazas climáticas incluyen huaycos, lluvias intensas, crecidas de ríos y sequías estacionales, y se determinó que estos riesgos climáticos podrían afectar de manera más significativa a las personas y a los cultivos.

Los factores climáticos, especialmente la temperatura, afectan directamente la supervivencia, el desarrollo, la reproducción y el movimiento de los insectos individuales y, en consecuencia, pueden alterar la distribución potencial y abundancia

de una especie plaga en particular. En la tesis “Predicción de los efectos del cambio climático sobre el daño potencial de una especie de cogollero en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en la provincia de Tungurahua” realizada por Carranza Arévalo (2020), se menciona que los modelos de predicción de insectos pueden ser clasificados en dos grupos, basándose en la información que ellos proporcionan para discriminar entre los códigos “infestado” o “limpio”, ubicando en el primer grupo las técnicas que consideran el producto medido, ejemplo el tamaño, y en el segundo grupo se ubican las técnicas centradas en el proceso de medición, ejemplo los aspectos relacionados con el proceso. Se intentó diseñar un modelo predictivo sobre el impacto del cambio climático en el nivel de daño e incidencia del cogollero del maíz en la zona andina ecuatoriana. El porcentaje de la severidad del daño de *S. frugiperda* mostraron una relación cuadrática con las variables climáticas de humedad relativa y la temperatura, mientras que el efecto de la precipitación fue más leve.

### **3.2. Conceptos básicos**

#### **3.2.1. Cambio climático**

##### **3.2.1.1. Definición de cambio climático**

El cambio climático es uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo. La CMNUCC (1992) nos indica que por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. También la Organización Meteorológica Mundial (2021) define al cambio climático como un cambio en el estado del clima que puede identificarse por cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un período prolongado, típicamente decenios o más. El MINAM nos indica que se trata del aumento de la temperatura promedio en la atmósfera del planeta, por causa del aumento en la cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que venimos produciendo y que se han acumulado en el mundo.

### 3.2.1.2. Efectos del cambio climático en Perú y Arequipa

En el Perú los principales efectos del cambio climático están relacionados con el derretimiento del hielo, la mayor intensidad del fenómeno de “El Niño” que afecta la infraestructura de carreteras, puentes y canales, entre otras estructuras, se pueden observar nuevas plagas y, en consecuencia, nuevas enfermedades. Estos incluyen efectos en la salud pública relacionados con tasas más altas de enfermedades como la influenza, las enfermedades respiratorias, la malaria, el cólera y la hipertermia neonatal. De igual manera se afecta la industria pesquera, lo que afecta la disponibilidad de recursos como la anchoa, el calamar, entre otros (Vargas, 2009).

En Arequipa se puede acelerar la disminución de los recursos hídricos (agua contenida en glaciares, deshielos, manantiales, agua subterránea y precipitaciones) lo que afecta su abastecimiento para los diferentes usos y zonas de la región. Asimismo, los fenómenos hidrometeorológicos se han incrementado y ocurren con mayor frecuencia e intensidad eventos climáticos extremos, como huaicos, inundaciones, heladas y el fenómeno de El Niño. Esto da como resultado la reducción drástica de la corteza glaciar de los nevados Coropuna, Chachani, Misti, Pichu Pichu, Solimana, y la cadena del Ampato, Sabancaya, Mismi y Hualca Hualca. Además, el cambio climático ha alterado principalmente los patrones normales de precipitación pluvial, con mucha intensidad, de corta duración y alternándose con días secos. El incremento de la temperatura ha ocasionado la escasez del agua en muchos lugares de la región Arequipa, se le suma también el mal uso y cuidado del agua. El incremento de las heladas y el exceso de radiación solar perturba el ecosistema y el crecimiento normal de los cultivos, y los vuelve vulnerables a cualquier tipo de plaga, lo que lleva al incremento de uso de fertilizantes, abono y pesticidas, los cuales contaminan y erosionan los suelos. También la ganadería viene siendo afectada por la menor disponibilidad de pastos cultivados y la falta de protección ante granizadas (Canales, 2014).

### 3.2.2. Cultivo de cebolla

El aumento de la producción de cebolla a nivel mundial es significativo, y responde principalmente a la ampliación de las áreas de cultivo. Los principales productores son: China (33%), India (10%) y Estados Unidos (6%). Este cultivo es quizás unos de los alimentos primordiales y complemento de la canasta familiar en nuestro país, donde es cultivado en las tres regiones del Perú. En 2015, el cultivo de cebolla en la campaña agrícola abarcó una extensión de 18797 ha en todo el país; la región Arequipa concentra la mayor superficie sembrada del Perú con 9591 hectáreas y una participación del 51%, le sigue muy por debajo Ica con 2467 hectáreas y una participación de 13.1% y Lima con 1210 hectáreas con una participación de 6.4%. Estas regiones representan el 70.5% de toda la superficie nacional (MINAGRI, 2016).

En los estados de crecimiento de la cebolla tenemos (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019):

1. Aparición de hojas: Ocurre cuando después del trasplante las plántulas comienzan a brotar nuevas hojas de forma tubular que pueden variar entre 12 a 16 hojas.
2. Formación de bulbo: Inicia cuando cesa la aparición de nuevas hojas y empieza la acumulación de reservas en el bulbo, el mismo que comienza a engrosar los catafilos.
3. Maduración inicial: Las hojas empiezan a doblarse y el cultivo en general comienza a amarillear.
4. Maduración completa: Los bulbos están desprovistos totalmente de sus hojas y listos para comercializar.

Los requerimientos climáticos en la fenología de la cebolla en Arequipa están (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019):

1. Crecimiento Vegetativo: Inicia con la aparición de hojas y la parte inicial de la formación de bulbo; aquí se da la formación, desarrollo de raíces y tallos, esta ocurre a los 50 – 90 días después de la siembra. Su temperatura

óptima para este periodo es de 18°C a 23°C con una humedad óptima de 65% - 80%. La temperatura crítica es <15°C a 28°C>.

2. Crecimientos reproductivos: Abarca la formación de bulbo y la maduración, dando la ocurrencia en 90 – 110 días después de la siembra, teniendo las mismas condiciones climáticas que el crecimiento vegetativo.
3. Maduración: Es la etapa final de la maduración inicial con toda la etapa de maduración completa, ocurriendo entre 110 – 140 días después de la siembra. Con su temperatura óptima entre 18°C a 25°C con una humedad óptima de 65% - 80%.

Los rangos más adecuados de temperaturas para la cebolla están entre 12,8°C y 24°C. Su mejor crecimiento y calidad se obtienen si la temperatura es fresca durante el desarrollo vegetativo donde su temperatura no supere los 24°C, ya posteriormente estas deben ser más elevadas para favorecer el crecimiento y desarrollo de bulbo (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019).

En la taxonomía de la cebolla (*Allium cepa* L.) se clasifica de la siguiente forma (Brewster, 2008):

- División: Fanerógama
- Subdivisión: Angiospermas
- Clase: Monocotiledóneas
- Orden: Asparagales
- Familia: Alliaceae
- Tribu: Alliae
- Género: *Allium*
- Especie: *Allium cepa* L.

### **3.2.2.1. Vulnerabilidad en la productividad agrícola en Arequipa frente al cambio climático**

Unas estimaciones a nivel nacional sobre el impacto del cambio climático mediante el uso del modelo de producción han sido elaboradas en el marco del Estudio del Impacto Económico del Cambio Climático liderado por el

Ministerio del Ambiente (BID y Cepal, 2014). En la modelación buscaron identificar cómo los cambios en las condiciones de la atmósfera y del océano afectan los recursos naturales modificando la temperatura, la precipitación, la disponibilidad de agua y las propiedades de los ecosistemas. A partir de ello, realizaron análisis sectoriales en los cuales se identificó la manera como los cambios en promedios de variables climáticas perjudican las productividades sectoriales. En la agricultura, se seleccionaron los cultivos de: papa, arroz, café, caña de azúcar, plátano, maíz amarillo duro, y maíz amiláceo, ya que representan los siete cultivos más importantes según el valor bruto de la producción, PBI agrícola, y superficie cosechada como un indicador aproximado de la absorción de empleo. Se obtuvo como resultado que el impacto del cambio climático en la agricultura afectaría la producción de la mayoría de los productos seleccionados, excepto del café, este presentó un comportamiento distinto, en los primeros años la producción crecerá y luego disminuirá levemente (BID y Cepal 2014).

En Arequipa los impactos de los friajes y sequías afectan actualmente la agricultura de la región, y posibles intensificaciones en la intensidad y frecuencia de estos dos extremos climáticos puede generar grandes impactos en la agricultura y pecuaria regionales donde es necesario de considerar planes de emergencia y de contingencia para poder combatir este problema (Marengo et al., 2008).

### **3.2.3. Plagas**

#### **3.2.3.1. Definición de plaga**

La definición de plaga según la FAO (2016) es “cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales”. Para una definición más localizada, Jiménez (2009) nos menciona que la plaga es toda aquella población de insectos que ataca a los cultivos de los agricultores y cuyo nivel poblacional se eleva hasta

producir una reducción o anulación del rendimiento del cultivo y pérdidas económicas.

Los brotes de plagas y patógenos invasores afectan a la agricultura y causan importantes pérdidas ecológicas, económicas y sociales (Roberts et al., 2020). La incidencia de estos brotes en todo el mundo ha aumentado con la globalización del comercio y los cambios climáticos (Ramsfield et al., 2016).

Las plagas agrícolas implican reducción en el valor o en el beneficio económico que se obtiene de la cosecha; puede ser en reducciones en cantidad de la cosecha, en la calidad del producto, o en el aumento de los costos de producción y el conocimiento de dichas plagas y malezas constituye la base para organizar y planificar los cultivos para que permita optimizar su gestión, tecnificación y producción en la perspectiva de la rentabilidad, competitividad, adaptabilidad y sustentabilidad (Bernal & Medina, 2018).

### **3.2.3.2. Influencia de factores climáticos en la proliferación y distribución de plagas**

El cambio climático y las irregularidades climáticas alteran a las plagas de insectos y afectan directa e indirectamente a los cultivos (Skendžić et al., 2021). El cambio climático interviene directamente en la reproducción, el desarrollo, la supervivencia y la dispersión de las plagas; e indirectamente perjudica las interacciones entre y dentro de las especies de insectos, incluyendo los depredadores, competidores y mutualistas; así como las interacciones con su entorno.

La temperatura afecta en el comportamiento, la distribución, el desarrollo y la reproducción de los insectos (Kocmánková et al., 2009). Las fluctuaciones de temperatura impactan de gran manera en la fisiología de los insectos, duplicando su tasa metabólica por cada aumento de 10 grados Celsius (Dukes et al., 2009). Las temperaturas elevadas aumentan la alimentación, el rendimiento y la dispersión de los insectos, modificando

potencialmente la dinámica de la población (Bale et al., 2002). La temperatura influye en la población y la dinámica de las plagas al afectar el metabolismo, la metamorfosis, la movilidad y la disponibilidad del huésped (Shrestha, 2019). Lehmann et al. (2020) encontró una combinación de respuestas entre las plagas de insectos al calentamiento climático, donde la mayoría de los casos de estudios indicaron una mayor gravedad de las plagas. Uno de los impactos más notorios de los cambios de temperatura en las plagas de insectos es su variación en su distribución y abundancia.

Otro factor climático es la precipitación, la supervivencia y reproducción de muchas plagas de insectos son sensibles a los cambios de este factor, lo que provoca cambios en sus poblaciones (Skendžić et al., 2021). Sin embargo, las lluvias intensas pueden llegar a ser beneficiosas, ya que pueden eliminar pequeñas plagas como pulgones, ácaros, jasisos y moscas blancas (Pathak et al., 2012). Además, algunas investigaciones demuestran que el estrés hídrico en las plantas puede provocar una disminución de sus procesos biológicos, haciéndolas más vulnerables a enfermedades y plagas (Zayan, 2019).

#### **3.2.4. Plagas en Arequipa**

##### **3.2.4.1. Importancia de las plagas en la producción agrícola**

Las plagas más significativas en y de mayor importancia para la gestión de plagas en Arequipa están estrechamente vinculadas a los cultivos predominantes de esta provincia. Los principales cultivos en Arequipa incluyen arroz, alfalfa, maíz chala y cebolla; cosechas que desempeñan un papel crucial en la economía agrícola de la provincia (Palomino, 2017).

##### **3.2.4.2. Principales plagas en Arequipa**

Las principales plagas que afectan los cultivos de arroz en Arequipa incluyen el Gorgojo del arroz (*Sirophilus spp*), Polilla de los cereales (*Sitotroga cerealella*) y Gorgojo de los cereales (*Rhizopertha dominica*) (Atencio, 2019). Para la alfalfa, la principal plaga en la provincia es el

Gusano Ejército (*Spodoptera eridania Cramer*) y el Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Mendoza, 2015). Este último, el Gusano Cogollero también es la principal plaga en el caso del maíz chala (Del Carpio, 2020). Por otro lado, la cebolla enfrenta su principal plaga Trips (*Thrips tabaci*) en veranos cálidos y secos es frecuente su invasión que puede proliferar y producir notorios daños. Las picaduras de las larvas y adultos terminan por amarillear y secar las hojas. La planta puede llegar a marchitarse si hay un ataque intenso, sobre todo si éste tiene lugar en las primeras fases de desarrollo de las plantas (TecnoAgro, 2012); otras plagas que son amenazas de la Mosca de la semilla (*Delia platura M.*), Gusanos de Tierra (*Agrotis spp* y *Feltia experta*) y el Gusano de la hoja en cebolla (*Spodoptera spp.*) (Carpio, 2019). Consecuentemente, estas plagas requieren una atención especial en la gestión de cultivos para preservar la producción agrícola en la provincia.

#### **3.2.4.3. Gestión integral de plagas de cultivos**

Se refiere al conjunto de estrategias, prácticas y medidas para prevenir y controlar las plagas que afectan a los cultivos agrícolas (Deguine et al., 2021). Es esencial identificar las plagas que afectan a estos cultivos, ya que el conocimiento de las amenazas específicas permite implementar acciones efectivas de control y preservación de los rendimientos agrícolas frente a la posible reducción en cantidad de cosecha, calidad del producto, o en el incremento de costos de producción; los cuales son los principales efectos de las plagas sobre la producción agrícola (Mondragón, 2016).

#### **3.2.5. Adaptación al cambio climático frente a la proliferación de plagas**

##### **3.2.5.1. Definición de adaptación al cambio climático**

La adaptación al cambio climático se refiere a un conjunto de estrategias y acciones destinadas a reducir el riesgo y la vulnerabilidad de las comunidades y los ecosistemas ante los impactos del cambio climático (Ahmed & Turchini, 2021). Esto se puede evaluar mediante el desarrollo de sistemas sociales resilientes que incluyen medidas para mejorar el medio

ambiente, aumentar los recursos económicos disponibles y fortalecer la gobernanza y las instituciones encargadas de gestionar y responder a los desafíos climáticos (Owen, 2020).

### **3.2.5.2. Estrategias de adaptación para la gestión de plagas**

Este concepto implica la implementación de medidas específicas que aborden la influencia del cambio climático en la distribución, la intensidad y la temporalidad de las plagas, con el objetivo de desarrollar sistemas de gestión de plagas más resistentes y efectivos a estos cambios (Ma & Ma, 2022).

## **3.3. Marco Legal**

### **3.3.1. Internacional**

- Acuerdo de París (1916):

El acuerdo de París proporciona un marco de referencia global para la acción climática y establece objetivos ambiciosos para limitar el calentamiento global, donde Perú está en el compromiso nacional para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptarse al cambio climático.

- Protocolo de Kioto (1997):

El protocolo de Kioto tiene como objetivo abordar el cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Emisiones de gases de efecto invernadero. Se puede examinar las lecciones aprendidas de la implementación del Protocolo de Kioto y cómo estas lecciones pueden aplicarse en el contexto de la adaptación al cambio climático y la gestión de plagas en Arequipa. Esto podría incluir aspectos relacionados con la cooperación internacional, la financiación climática y las políticas de cambio climático.

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1994):

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático es un tratado internacional que establece el marco general para abordar el cambio climático a nivel global. Su inclusión demuestra la relevancia de la investigación en el contexto de un problema global y permite examinar cómo los compromisos y acuerdos internacionales influyen en las estrategias de adaptación a nivel local en Arequipa.

- Objetivos de Desarrollo Sostenible (2016):

Estos objetivos se han convertido en un marco importante para abordar los desafíos globales, incluyendo el cambio climático y la seguridad alimentaria. Los siguientes ODS tienen una relación con el trabajo de investigación: ODS 2 (Hambre Cero): Este objetivo se enfoca en garantizar la seguridad alimentaria y promover la agricultura sostenible. ODS 13 (Acción por el Clima) Este objetivo se centra en tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos. ODS 1 (Fin de la Pobreza) y ODS 11(Ciudades y Comunidades Sostenibles): El cambio climático puede agravar la pobreza y la vulnerabilidad de las comunidades locales. ODS 17 (Alianzas para lograr los Objetivos): Este objetivo enfatiza la importancia de la cooperación entre gobiernos, sector privado y sociedad civil.

### 3.3.2. Nacional

- Constitución Política del Perú (1993):

Es la norma de mayor jerarquía e importancia dentro del estado peruano, abarca los derechos fundamentales de la persona humana. El Art. 2 Inciso 22 establece el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

- Ley N°28611, Ley General del Ambiente (2005):

Marco Legal Integral: La Ley General del Ambiente proporciona un marco legal integral para la gestión ambiental en Perú, esto es importante para la investigación relacionada con el cambio climático y sus efectos en el ambiente, ya que establece las bases legales para la toma de decisiones y la implementación de políticas y acciones de adaptación. La Ley General del Ambiente promueve el desarrollo sostenible, que es esencial para abordar los desafíos del cambio climático donde se podría proponer medidas de adaptación que estén en línea con los principios de sostenibilidad y conservación de los recursos naturales.

- Ley N° 30754, Ley marco sobre cambio climático (2018):

La Ley Marco sobre Cambio Climático tiene por objeto establecer los principios, enfoques y disposiciones generales para coordinar, articular, diseñar, ejecutar, reportar, monitorear, evaluar y difundir las políticas públicas para la gestión integral, participativa y transparente de las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, a fin de reducir la vulnerabilidad del país al cambio climático.

- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) – Resolución Ministerial N.º 096-2021-MINAM:

Instrumento que guía la planificación y ejecución de acciones destinadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante el cambio climático. Define las prioridades nacionales en materia de adaptación, dentro de las cuales se encuentra el sector agrícola, permitiendo contextualizar las medidas propuestas en este estudio dentro de la política climática del país.

- Plan Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA):

Plan ejecutado por el Ministerio de la Producción para promover el fortalecimiento de la investigación científica, la innovación tecnológica y la gestión sostenible de los recursos acuáticos. Su marco de incentivo a la investigación aplicada y la innovación tecnológica en sectores

productivos sirve como referencia metodológica para iniciativas como la presente investigación, que busca integrar ciencia, tecnología y adaptación climática en el sector ambiental

- Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) – Ley N.º 27322, Ley Marco de Sanidad Agraria:

Organismo público adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), encargado de ejecutar las políticas nacionales de sanidad agraria, inocuidad de los alimentos y control fitosanitario. Su marco normativo garantiza la disponibilidad y fiabilidad de la información sobre plagas agrícolas, necesaria para analizar su comportamiento frente a las variaciones climáticas.

- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 238-2010-MINAM Plan de acción de adaptación y mitigación frente al cambio climático:

La resolución establece un plan de acción oficial del gobierno peruano para abordar el cambio climático. Esto demuestra el compromiso del gobierno en la mitigación de los efectos del cambio climático y la adaptación a sus impactos. El plan aborda tanto la mitigación como la adaptación al cambio climático. Es importante, ya que el cambio climático tiene efectos a largo plazo que requieren reducción de emisiones (mitigación) y efectos inmediatos que requieren adaptación, como el aumento de plagas. Además, la resolución puede ayudar a identificar las áreas prioritarias de acción en relación con el cambio climático y la gestión de plagas en Arequipa, proporcionando orientación sobre dónde enfocar tus investigaciones y propuestas.

- Ley N° 24031, Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI (2005):

El SENAMHI es la entidad encargada de recopilar, analizar y proporcionar datos meteorológicos e hidrológicos en el país. Estos datos son esenciales para comprender cómo el cambio climático ha afectado la

provincia de Arequipa en términos de temperatura, precipitación, patrones climáticos y eventos extremos, todos los cuales pueden influir en la proliferación de plagas.

- Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre (2015):

La Ley N° 29763 proporciona el marco legal necesario para abordar los aspectos ambientales y de conservación de recursos naturales. Puede ser utilizada para respaldar argumentos y recomendaciones en la propuesta de adaptación a la influencia del cambio climático en el incremento de plagas en la Provincia de Arequipa.

- Ley N° 27322, Ley Marco de Sanidad Agraria (2000):

Esta ley tiene como objetivo la prevención y control de plagas y enfermedades que representan riesgo para la sanidad agraria del país, se relaciona con el estudio ya que se involucra de cómo el cambio climático afecta a las plagas.

- DS N° 011-2015 - MINAM. Estrategia Nacional ante Cambio Climático:

La estrategia proporciona lineamientos y objetivos específicos para la adaptación al cambio climático en Perú. Estos objetivos pueden servir como referencia para evaluar las estrategias de adaptación en Arequipa y proponer mejoras.

### 3.3.3. Regional

- Ordenanza N.° 472-AREQUIPA: Ordenanza regional que aprueba la actualización de la estrategia regional de cambio climático en la región Arequipa 2019 - 2030 (2022):

La Ordenanza N.° 472-AREQUIPA establece la estrategia de cambio climático para la Región Arequipa. Esto proporciona un marco normativo específico para abordar los desafíos relacionados con el cambio climático en la región, lo cual es fundamental para nuestro tema,

ya que estás tratando de entender y proponer soluciones para un problema que se ve agravado por el cambio climático

- Ordenanza N° 160 - 2012 - GRA: Política Regional del Ambiente de la Región Arequipa:

La Política Regional del Ambiente de la Región Arequipa establece un marco para la gestión ambiental en la región. El cambio climático y el aumento de plagas son problemas ambientales que requieren una gestión adecuada. Esta política regional puede proporcionar una base sólida para abordar estos problemas, ya que resalta la importancia de la sostenibilidad y la protección del ambiente.

- OM N° 385 - 2006, Sistema Local de Gestión Ambiental de la Provincia de Arequipa:

La Política Regional del Ambiente de la Región Arequipa establece un marco para la gestión ambiental en la región. El cambio climático y el aumento de plagas son problemas ambientales que requieren una gestión adecuada. Esta política regional puede proporcionar una base sólida para abordar estos problemas, ya que resalta la importancia de la sostenibilidad y la protección del ambiente.

#### **3.3.4. Local**

- OM N° 385 - 2006, Sistema Local de Gestión Ambiental de la Provincia de Arequipa:

Esta ordenanza municipal nos menciona en fortalecer las acciones de prevención y control ambiental donde en nuestro trabajo buscamos la implementación de medidas de adaptación relevantes a nivel regional

- OM N° 425 - 2006, Política Ambiental de la Provincia de Arequipa:

La ordenanza promueve la gestión sostenible del medio ambiente en la provincia, en coordinación con los gobiernos locales y en línea con los

programas internacionales de desarrollo sostenible. En relación con la tesis se debe tener una adecuada gestión para las plagas si se ven afectadas por el cambio climático

- OM N° 567 – 2008. Aprueba la Agenda Ambiental Local de la Provincia de Arequipa:

Esta ordenanza busca fortalecer los mecanismos con las instituciones locales en el ejercicio de funciones ambientales, el control de plagas debe de involucrar varias instituciones así se tendrá una gestión y control adecuado para afrontar los efectos del cambio climático en la proliferación de plagas en la región.





#### 4. METODOLOGÍA

##### 4.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo y nivel de investigación se encuentra descrito según su categoría en la Tabla 1:

**Tabla 1.**

*Tipo y nivel de investigación*

Categoría	Tipo	Descripción
Enfoque	Cuantitativo y Cualitativo	Se describen las tendencias del cambio climático y su influencia en el incremento de plagas durante el periodo 2008 – 2023 (Cuantitativo) para la formulación de estrategias de adaptación (Cualitativo)
Alcance	Descriptivo– correlacional	Se detalla específicamente la relación entre el cambio climático y el incremento de plagas de la cebolla.
Diseño	Observacional retrospectivo	Se analiza los datos de los factores climáticos que influyen en las plagas sin manipulación de variables.
Sub diseño	Descriptivo	Mediante la recopilación de datos teóricos y la correlación de las variables, se busca

---

describir el comportamiento del fenómeno de estudio y proponer el plan de adaptación.

---

*Nota: Elaboración propia*

## **4.2. Diseño de la investigación**

### **4.2.1. Ubicación espacial - temporal**

La investigación se desarrolla en la Provincia de Arequipa en un periodo de 16 años (2008 - 2023).

### **4.2.2. Variables de la investigación**

Las variables consideradas en esta investigación se encuentran identificadas en la Tabla 2:

**Tabla 2.**

*Variables de la investigación*

Variable	Indicador	Instrumento	Dimensión
Factores meteorológicos	Temperatura media mensual	Termómetro de bulbo seco Termómetro de bulbo húmedo	Grados centígrados (°C)
	Humedad relativa media mensual	Higrómetro	Porcentaje (%)
	Precipitación total mensual	Pluviómetro	Milímetros (mm)
Variables independientes	Especies de plagas identificadas	Revisión de artículos científicos y registros documentarios	Adimensional
	Proliferación de plagas de cebolla	Revisión de artículos científicos y registros documentarios	Adimensional
	Número de reportes/ocurrencias de afectaciones por plagas	Reportes anuales del SENASA	Unidad

	Tasa de reportes de cultivos afectados por distrito	Reportes anuales del SENASA	Porcentaje
Variable dependiente	Propuesta de adaptación al cambio climático frente a su influencia en plagas de cebolla	Contenido de la propuesta	Evaluación de estrategias y descripción de la propuesta Adimensional

*Nota: Las variables independientes se consideran así solo a nivel analítico; no ha sido manipulada de forma experimental. La propuesta de adaptación al cambio climático es formulada en función de los datos observados.*

### 4.3. Métodos de investigación

#### 4.3.1. Determinación de las variables meteorológicas en la provincia de Arequipa.

Para determinar qué variables meteorológicas se realizó una investigación bibliográfica de cuales utilizaron en otros estudios para evaluar cuales afectan en mayor medida a las plagas de cultivos. La primera variable es la temperatura, cuya fluctuación puede afectar directamente las tasas de desarrollo, el comportamiento y la dinámica general de las plagas (Pathak et al., 2021). En general, existe un gran impacto en la fisiología de los insectos debido a este factor, llegando incluso a duplicar su tasa metabólica por cada aumento de 10 grados Celsius (Dukes et al., 2009).

Otra variable meteorológica considerada es la precipitación ya que la supervivencia y reproducción de muchas plagas de insectos son sensibles a los cambios en las precipitaciones provocando cambio en su población (Skendžić et al., 2021). Subedi et al. (2023) nos menciona que, según la plaga, la falta de

precipitación o el aumento de esta puede alterar su población, ya sea favoreciendo su desarrollo o limitando su supervivencia. Por ello, es fundamental investigar las necesidades específicas de cada plaga en relación con las condiciones climáticas para comprender mejor su dinámica y posibles impactos.

Finalmente, la humedad ambiental también es un factor clave especialmente en el contexto del cambio climático y la gestión agrícola. Niveles elevados de humedad pueden favorecer la aparición y persistencia de ciertas especies, al crear condiciones más estables y propicias para su desarrollo; además que también puede afectar indirectamente la eficacia de métodos de control, tanto biológicos como químicos (Acheampong et al., 2020).

#### **4.3.1.1. Determinación de variables meteorológicas**

##### **a. Búsqueda de información bibliográfica**

Inicialmente, se realizó una búsqueda bibliográfica orientada a recopilar información sobre las características climáticas de la provincia de Arequipa. Esta revisión incluyó fuentes científicas, informes técnicos y documentos institucionales que describen aspectos generales como el tipo de clima, la estacionalidad, la temperatura promedio, la precipitación anual y otros factores atmosféricos relevantes para comprender el efecto del cambio climático.

##### **b. Obtención de datos de las variables meteorológicas del SENAMHI**

Se obtuvieron datos sobre las variables climáticas de interés (como temperatura, precipitación y humedad relativa) mediante la información registrada por las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Dicha información fue adquirida a través de un procedimiento formal de solicitud y pago, con el fin de acceder exclusivamente a los registros completos y validados correspondientes a los años y estaciones específicas para el alcance de la investigación.

### c. Elaboración de mapa temáticos

Toda la información recopilada de las variables meteorológicas fue procesada en el software ArcGIS con el objetivo de elaborar mapas temáticos que representen visualmente la distribución espacial de dichas variables en la provincia de Arequipa.

Se aplicaron dos metodologías de interpolación espacial con el fin de determinar cuál proporciona una representación más precisa y confiable de la variabilidad espacial de los datos analizados. Primero, se generó un modelo mediante Inverse Distance Weighting (IDW) por ser un método determinístico ampliamente utilizado en estudios ambientales y agronómicos. Posteriormente, se elaboró un segundo modelo a través de Kriging Ordinario, técnica geoestadística que incorpora la estructura de autocorrelación espacial mediante el ajuste de un semivariograma.

Ambos modelos fueron evaluados mediante la validación del modelo de interpolación mediante el método Leave-One-Out Cross Validation (LOOCV) proporcionado por SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) y estimando el error de forma manual con el propósito de verificar la precisión y consistencia de los valores estimados. Este procedimiento consiste en eliminar sucesivamente cada punto de muestreo y predecir su valor a partir del resto, comparando luego las diferencias entre los valores observados y los interpolados (Batoool et al., 2025). En total se realizaron doce iteraciones, correspondientes a las doce interpolaciones independientes realizadas, calculando los siguientes valores por cada uno:

**Tabla 3.**

*Indicadores estadísticos para la validación de la interpolación*

Indicador	Fórmula	Significancia
ME (Mean Error / Error Medio)	$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_i - Z_i^*)$	Mide el sesgo del modelo. Indica si el modelo tiende a sobreestimar ( $ME < 0$ ) o subestimar ( $ME > 0$ ) la interpolación
MAE (Mean Absolute Error / Error Absoluto Medio)	$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n  (Z_i - Z_i^*) $	Representa el error interpolado con signo positivo, sin importar si es menor o mayor al real
RMSE (Root Mean Square Error / Raíz del Error Cuadrático Medio)	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_i - Z_i^*)^2}$	Evalúa la magnitud de los errores. Es sensible a desviaciones extremas.

*Nota:  $Z_i$  = valor observado en el punto  $i$ ,  $Z_i^*$  = valor estimado por el proceso IDW en el mismo punto,  $n$  = número total de puntos de muestreo.*

#### **d. Análisis temporal por parámetro**

Con el fin de identificar la variabilidad temporal de los parámetros evaluados, se calcularon los valores promedios a partir de los datos registrados en cada estación meteorológica por cada año de estudio. De esta forma, se observó el cambio en patrones climáticos a medida del avance temporal.

#### **e. Correlación entre variables climáticas**

Para evaluar la relación entre las variables climáticas y su posible alteración en el contexto del cambio climático, se aplicó un análisis de correlación lineal de Pearson utilizando Microsoft Excel considerando los valores mensuales de temperatura media, precipitación media y humedad relativa media. El objetivo fue identificar patrones de asociación entre estas variables y detectar posibles cambios en su comportamiento conjunto a lo largo del tiempo, como evidencia de variabilidad climática.

#### **4.3.2. Determinación de la presencia de las plagas agrícolas más relevantes y prevalentes de la cebolla**

Para determinar la presencia y evolución de las plagas agrícolas más relevantes que afectan a la cebolla en la provincia de Arequipa, se llevó a cabo en primer lugar una revisión bibliográfica general. Posteriormente, se solicitó al Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA) información sobre las principales plagas que fueron detectadas en el cultivo de cebolla en el periodo 2008 – 2023, recibiendo una tabla con la identificación específica de las principales plagas de este cultivo.

SENASA es una institución adscrita al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, cuya función principal es proteger al país frente al ingreso de plagas y enfermedades que puedan afectar la producción agrícola y ganadera. Su labor contribuye a preservar la riqueza agropecuaria del Perú, garantizando que los consumidores nacionales e internacionales accedan a alimentos sanos e inocuos (SENASA, 2023a). Asimismo, esta entidad vela por la seguridad fitosanitaria y zoonosanitaria del país, evitando la introducción de agentes nocivos que pongan en riesgo la biodiversidad vegetal (SENASA, 2020).

Adicionalmente, SENASA atiende las notificaciones realizadas por productores de distintos valles agrícolas ante la aparición de plagas. Los especialistas de la institución, conocedores de la realidad de cada zona, brindan asesoramiento técnico especializado para el manejo adecuado de estos casos (SENASA, 2023b).

#### **4.3.2.1. Determinación de ocurrencia y distribución de plagas en Arequipa**

Se efectuó una búsqueda bibliográfica de las ocurrencias y distribuciones de plagas que afectaron al cultivo de la cebolla en la provincia de Arequipa durante el periodo de investigación. Así mismo, se obtuvo los datos sobre las principales plagas de mayor ocurrencia y distribución mediante la información recopilada por la institución SENASA. El objetivo de este análisis es identificar patrones en la aparición de plagas asociados a condiciones climáticas específicas, como variaciones de temperatura, humedad o precipitaciones. Los datos fueron organizados y presentados en tablas y gráficos que evidencien estas relaciones, permitiendo establecer tendencias que sirvan de base para proponer estrategias de adaptación al cambio climático en la gestión fitosanitaria del cultivo de cebolla.

#### **4.3.3. Análisis comparativo de la relación entre el cambio climático y el incremento de plagas en la provincia de Arequipa**

Debido a la relación existente entre los cambios en los patrones climáticos con la distribución y proliferación de plagas (Heeb et al., 2019), Se describió una relación lógica entre los patrones climáticos actuales y el comportamiento ecológico de las plagas en la provincia de Arequipa, considerando estudios previos en contextos similares y poder formular el plan con fundamento científico.

##### **4.3.3.1. Revisión de literatura especializada**

###### **a. Crear una base de información con los datos de interés**

La información de interés que fue proporcionada por las instituciones de SENAMHI y SENASA, fue registrada en una base de datos con toda la información útil y arreglada para facilitar la correlación de variables.

## **b. Comparación entre condiciones climáticas actuales y los rangos ecológicos de las plagas**

A partir de los datos obtenidos sobre el comportamiento histórico de variables climáticas se procedió a contrastar estas condiciones con los rangos de tolerancia térmica, de humedad y precipitación para las principales plagas agrícolas reportadas en Arequipa. Con esta comparación, se elaboró una interpretación fundamentada que sintetice los hallazgos anteriores, articulando cómo los cambios climáticos observados pueden estar aumentando el riesgo de incidencia o severidad de ciertas plagas. Esta síntesis no solo establece relaciones causales directas, sino escenarios probables basados en la literatura científica, buscando responder cómo la transformación del clima puede estar alterando los ciclos de vida, distribución o abundancia de las plagas agrícolas en la provincia de Arequipa.

### **4.3.3.2. Presentación de resultados obtenidos**

Con los resultados estadísticos obtenidos se elaboraron gráficos y tablas para observar los resultados con mayor facilidad y posteriormente interpretarlos con mayor precisión.

### **4.3.4. Propuesta de un plan de adaptación al cambio climático según los resultados obtenidos.**

Para proponer un plan de adaptación a la influencia del cambio climático en el incremento de plagas en la provincia de Arequipa, se requiere que este se ajuste rigurosamente a las directrices y objetivos establecidos en el Plan Nacional de Adaptación. De esta forma, se evaluaron las posibles estrategias de adaptación que puedan implementarse acorde a los riesgos específicos identificados, en conjunto a las oportunidades de implementación según el contexto (Lee et al., 2022). Con estos componentes, se procedió a la formulación del plan de adaptación al cambio climático detallando las acciones estratégicas evaluadas según los objetivos del plan.

#### **4.3.4.1. Descripción de los riesgos asociados al cambio climático**

##### **a. Descripción del peligro y vulnerabilidades**

Se identificaron y caracterizaron bibliográficamente los principales peligros y vulnerabilidades relacionados al impacto del cambio climático en base a los resultados obtenidos en los dos primeros métodos. Es decir, aquellos factores que representan una amenaza como consecuencia del cambio climático y el incremento de plagas en Arequipa.

##### **b. Identificación de actores**

Se identificaron los actores de mayor interés en la formulación de la propuesta de adaptación al cambio climático, considerando aquellas partes interesadas que son mayormente afectadas por la ocurrencia del peligro.

##### **c. Caracterización de los elementos de riesgo**

Con la información detallada de los peligros y vulnerabilidades se procedió a caracterizar los principales elementos de riesgo del área de estudio. Es decir, todo componente que se encuentra bajo la posibilidad de verse afectado por el peligro, incluyendo las poblaciones, infraestructuras, sectores económicos, entre otros.

#### **4.3.4.2. Evaluación de estrategias del plan**

##### **a. Fortalecimiento de la resiliencia frente al cambio climático**

Se investigó acerca de aquellas propuestas que buscan fortalecer la resiliencia de los elementos de riesgo. De esta forma, se busca priorizar las estrategias que mejoren la capacidad de respuesta y recuperación frente a la ocurrencia del peligro.

##### **b. Reducción de vulnerabilidades identificadas**

En este caso, se tomó en cuenta las propuestas que procuren reducir la vulnerabilidad de los elementos de riesgo, ya sea reduciendo la exposición o fragilidad de estos.

### **c. Rol de la participación ciudadana**

Para terminar de definir las estrategias del plan de adaptación al cambio climático, se identificó el rol de la participación ciudadana en la aprobación y posterior cumplimiento de la propuesta.

#### **4.3.4.3. Formulación de la propuesta de adaptación**

La formulación final de la propuesta de adaptación a la influencia del Cambio Climático en el incremento de plagas implicó la síntesis de los aspectos investigados previamente, siguiendo una estructura coherente con los lineamientos establecidos en el Plan Nacional de Adaptación:

- Objetivos y Alcance
- Antecedentes
- Diagnóstico del problema
- Formulación e Implementación
- Monitoreo y Evaluación
- Financiamiento
- Acciones de comunicación
- Limitaciones y Oportunidades
- Conclusiones



## CAPÍTULO IV

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Variables meteorológicas en la provincia de Arequipa durante el periodo 2008 – 2023.

#### 5.1.1. Base de datos meteorológicos

Para el análisis de las condiciones climáticas en la zona de estudio, se ha considerado la información proveniente de diversas estaciones meteorológicas ubicadas en la provincia de Arequipa (Datos certificados por SENAMHI en ANEXO 2). Una de estas es la estación convencional Huasacache, situada en el distrito de Jacobo Hunter, a una altitud de 2200 msnm y con coordenadas geográficas aproximadas de 16°27' de latitud sur y 71°33' de longitud oeste. A partir de esta estación, siguiendo la metodología de estudio, se analizaron los registros correspondientes a los años 2008, 2013, 2018 y 2023, tomando como variables principales la temperatura, la precipitación y la humedad relativa como se observa en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Base de datos para la estación meteorológica “Huasacache”.*

Estación: HUASACACHE / 000799 / DZ-06												
Humedad relativa media mensual (%)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	79.6	73.5	66.3	57	39.6	39.4	35.3	34.2	32.7	36.4	45.5	53.6
2013	61.6	72	64.5	49.5	54.4	43.3	42.7	37.1	39	S/D	S/D	S/D
2018	61.4	73.1	64.2	63	49	42.3	42.1	35.4	34.4	S/D	S/D	S/D
2023	64.1	73.9	73.5	64	45.1	36.8	38.3	36.5	S/D	S/D	S/D	S/D
Precipitación total mensual (mm)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	86.5	13.3	1.3	0	0	0	0	0.4	0	0	0	2.3
2013	18.4	43.3	16.6	0	2.1	0.4	0	0	0	0	0	0.7
2018	15	12.3	4.2	0	0	0.3	0.9	0	S/D	S/D	S/D	0
2023	54.7	35.6	19.5	4.6	0	0	0	0	0	0	0.7	5
Temperatura media mensual (°C)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	15.7	15.8	15.8	14.7	13.4	13.2	13.2	14.2	15.3	16.1	17.4	16.5
2013	17.8	16.7	16.8	15.6	14.4	14.5	14.4	14.2	15.8	S/D	S/D	S/D
2018	17.2	16.2	17.1	15.7	14.4	14.7	14.5	15.3	16.1	S/D	S/D	S/D

2023 16.8 17.2 16.8 16.4 16.1 14.3 14.6 15.6 S/D 18.6 S/D S/D  
*Nota. Dirección de Redes de Observación y Datos, SENAMHI, 2025.*

De igual forma, se emplearon los registros climáticos de la estación meteorológica La Joya (Tabla 5), ubicada en el distrito de Vítor, en la provincia y departamento de Arequipa. Esta estación se encuentra a una altitud de 1278 msnm y está geográficamente situada en las coordenadas 16°35' de latitud sur y 71°55' de longitud oeste.

**Tabla 5.**

*Base de datos para la estación meteorológica “La Joya”.*

<b>Estación: LA JOYA / 000804 / DZ-06</b>												
<b>Humedad relativa media mensual (%)</b>												
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2008</b>	79.6	70.8	67	67.7	48.7	58.4	62.7	50.1	S/D	S/D	S/D	S/D
<b>2013</b>	67.3	70.3	65.2	63.1	64.5	56.2	56	60.4	S/D	S/D	S/D	64.8
<b>2018</b>	64.6	73.5	75.9	77.3	66.6	58.6	57.2	52.8	55.8	55.7	59.2	66.1
<b>2023</b>	71.2	77.5	72.7	75.2	71.5	58.7	60.4	58.3	54.9	58.3	55.3	59.3
<b>Precipitación total mensual (mm)</b>												
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2008</b>	10.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>2013</b>	0	0.6	1.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>2018</b>	1.4	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>2023</b>	0.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S/D
<b>Temperatura media mensual (°C)</b>												
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2008</b>	19.6	20.3	20.2	18.7	17.4	15.1	15.5	17.3	S/D	S/D	S/D	S/D
<b>2013</b>	21.2	21	21.4	19.1	17.9	17.4	16.5	16.2	S/D	S/D	S/D	20.3
<b>2018</b>	20.7	20.2	20.3	19.5	17.8	17.8	18	18	19.3	20.2	20.7	20.6
<b>2023</b>	20.7	21.3	21.4	20	17.6	17.7	17.3	19	19.7	21.5	21.4	22

*Nota. Dirección de Redes de Observación y Datos, SENAMHI, 2025.*

Asimismo, se consideraron los datos provenientes de la estación meteorológica La Pampilla (Tabla 6), ubicada en el distrito de Arequipa, dentro de la provincia y departamento del mismo nombre. Esta estación se localiza a una altitud de 2326 msnm, con coordenadas geográficas aproximadas de 16°24' de latitud sur y 71°32' de longitud oeste.

**Tabla 6.**

*Base de datos para la estación meteorológica “La Pampilla”.*

<b>Estación: LA PAMPILLA / 000839 / DZ-06</b>												
<b>Humedad relativa media mensual (%)</b>												
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2008</b>	84.4	77.9	70.3	58.7	38.5	37.2	34.8	36.5	34.6	38.8	51.1	58
<b>2013</b>	63.9	75.8	56.7	50	53.4	44.8	45.5	38	39	39.8	43.2	48.1
<b>2018</b>	60.4	69.1	62.8	59.9	46.6	43.1	41.1	36.2	35.7	36.1	42.5	46.9
<b>2023</b>	66.5	73.9	73.1	63.6	45.5	35.1	36.4	35.8	36.8	48.4	39.8	48.4
<b>Precipitación total mensual (mm)</b>												
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2008</b>	106.4	23.7	2.4	0	0	0	0	0.7	0	0	0	0.3
<b>2013</b>	32.8	190.2	26.7	0	2.8	0.8	0	0	0	0	0	3.1
<b>2018</b>	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
<b>2023</b>	48.3	49	21.7	5.2	0	0	S/D	0	0	0	0.6	2.7
<b>Temperatura media mensual (°C)</b>												
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2008</b>	15.3	15.3	15.4	15.5	14.9	14.3	14.1	15.4	16.5	17.3	17.7	16.7
<b>2013</b>	17.3	16.1	16.1	15.5	14.2	14.5	14.1	14.3	15.7	16.5	16	16.7
<b>2018</b>	16.9	16.5	17.2	16.4	15.9	15.7	15.5	15.9	16.6	17.7	17.6	17.8
<b>2023</b>	16.4	17	16.7	16.7	17	16.1	16.3	17.1	18	18.6	19	19.5

*Nota. Dirección de Redes de Observación y Datos, SENAMHI, 2025.*

También se incorporaron los registros de la estación meteorológica El Frayle (Tabla 7), ubicada en el distrito de San Juan de Tarucani, perteneciente a la provincia y departamento de Arequipa. Esta estación se encuentra a una altitud de 4131 msnm y está situada en las coordenadas geográficas 16°09' de latitud sur y 71°11' de longitud oeste.

**Tabla 7.**

*Base de datos para la estación meteorológica “El Frayle”.*

<b>Estación: EL FRAYLE / 000849 / DZ-06</b>												
<b>Humedad relativa media mensual (%)</b>												
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2008</b>	80.5	77.4	76	63.3	52.8	54.6	51.5	53.7	51.7	53.1	57.6	68.6
<b>2013</b>	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
<b>2018</b>	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
<b>2023</b>	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
<b>Precipitación total mensual (mm)</b>												

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	135.1	80.6	69.7	0	0	0.8	0	1.4	0	0.4	0	47.6
2013	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2018	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2023	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

**Temperatura media mensual (°C)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	6.2	6.6	6.7	5.1	3.5	3	3	3	4.1	6	6.5	6.5
2013	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2018	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2023	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

*Nota. Dirección de Redes de Observación y Datos, SENAMHI, 2025.*

Seguidamente, se utilizó la información climática proveniente de la estación meteorológica Las Salinas (Tabla 8), ubicada en el distrito de San Juan de Tarucani, en la provincia y departamento de Arequipa. Esta estación se encuentra a una altitud de 4349 msnm, con coordenadas geográficas aproximadas de 16°19' de latitud sur y 71°09' de longitud oeste. Cabe señalar que esta estación no cuenta con datos históricos de humedad relativa, por lo que dicha variable no ha sido considerada en su análisis, sin embargo, su ubicación en una zona altoandina extrema resulta de gran utilidad para caracterizar las otras dos variables de interés (precipitación y temperatura) de las zonas más elevadas de la provincia de Arequipa

**Tabla 8.**

*Base de datos para la estación meteorológica “Las Salinas”.*

<b>Estación: LAS SALINAS / 158209 / DZ-06</b>												
<b>Precipitación total mensual (mm)</b>												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	132.1	72	84.4	0	0	0.4	0	5.4	0	12.2	0	35.6
2013	123.3	96.3	67.7	0	8.2	52.4	9.6	15.1	0	15.8	0	42.4
2018	104.5	60.4	101.6	30.7	0	13.8	24.6	0	S/D	S/D	S/D	S/D
2023	85.3	81.4	87.1	14.1	7	S/D	0	0	0	38.7	11.1	45.8
<b>Temperatura media mensual (°C)</b>												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	6.4	6.2	6.5	5.4	3.7	2.3	3.3	3.7	4.1	5.1	6.5	6.1
2013	5.6	6.1	6.6	6	5.1	3.2	4.1	4.1	5.2	5.6	6.8	S/D
2018	5.7	S/D	5.6	5.4	4.2	3.1	3.4	3.5	4.3	4.8	5.5	5.9
2023	6.6	6.4	6.3	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	7.3	8.2

*Nota. Dirección de Redes de Observación y Datos, SENAMHI, 2025.*

Finalmente se consideró la estación meteorológica Pampa de Arrieros (Tabla 9), situada en el distrito de Yura, dentro de la provincia y departamento de Arequipa. Esta estación se encuentra a una altitud de 3701 msnm, y está ubicada geográficamente en las coordenadas 16°03' de latitud sur y 71°35' de longitud oeste. Sin embargo, para esta estación únicamente se cuenta con registros históricos de precipitación, por lo que no se incluyeron valores de temperatura ni humedad relativa. A pesar de esto, los datos pluviométricos registrados resultan valiosos para complementar la caracterización del cambio climático en las zonas altoandinas.

**Tabla 9.**

*Base de datos para la estación meteorológica “Pampa de Arrieros”.*

<b>Estación: LAS SALINAS / 158209 / DZ-06</b>												
<b>Precipitación total mensual (mm)</b>												
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>2008</b>	191.1	81	30.2	0	0	0	0	3	0	0	0	13.7
<b>2013</b>	52.8	127.2	86.1	0	8.2	4.6	0.9	1	0	0.8	0	43.6
<b>2018</b>	67.6	31.7	40.8	11.7	0	0.9	S/D	0	0	0.4	1.1	0
<b>2023</b>	92.5	128.8	145.8	14	7.2	0	0	0	0	12.7	5.4	13.9

*Nota. Dirección de Redes de Observación y Datos, SENAMHI, 2025.*

### 5.1.2. Mapas temáticos de las variables meteorológicas

Tras generar y evaluar ambos modelos de interpolación espacial, se obtuvieron diferencias en los indicadores de validación mediante Leave-One-Out Cross Validation (LOOCV). El método Inverse Distance Weighting (Tabla 10) presentó un RMSE más bajo para la mayoría de parámetros en comparación con el Kriging Ordinario (Tabla 11), lo que indica una mayor precisión en la estimación de los valores observados. Si bien el modelo de Kriging mostró un comportamiento espacialmente coherente, su error medio cuadrático fue superior, evidenciando una menor capacidad para reproducir con fidelidad los datos de campo. En consecuencia, y de acuerdo con el criterio de selección basado en el menor error estadístico, el método IDW fue elegido como la interpolación más representativa para la elaboración de los mapas y el análisis espacial final de la investigación.

**Tabla 10.**

*Resultados del proceso de validación de interpolación IDW mediante método Leave-One-Out Cross Validation (LOOCV)*

Parámetro	ME	MAE	RMSE
Humedad relativa media anual 2008	-0.773519	0.8547632	1.03105
Humedad relativa media anual 2013	1.2766386	1.2766386	1.8636354
Humedad relativa media anual 2018	-0.980766	1.6883491	2.7260555
Humedad relativa media anual 2023	0.9065474	2.0476282	2.9893212
Precipitación media anual 2008	-0.620566	1.3458436	1.66073
Precipitación media anual 2013	0.8136368	0.847443	1.4270651
Precipitación media anual 2018	0.4531012	0.7838565	1.4600144
Precipitación media anual 2023	0.6012505	0.6388869	1.0493222

Temperatura media anual 2008	-0.11121	0.4351969	0.548512
Temperatura media anual 2013	0.1107582	0.444941	0.6332705
Temperatura media anual 2018	-0.553101	0.6129959	0.7740804
Temperatura media anual 2023	0.0943529	0.6481041	0.8925425

*Nota. Elaboración propia, La validación del IDW de cada punto se hizo con Cross Validation (Leave-One-Out) de SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses), y los errores ME, MAE y RMSE se calcularon en Microsoft Excel.*

**Tabla 11.**

*Resultados del proceso de validación de interpolación Kriging mediante método Leave-One-Out Cross Validation (LOOCV)*

Parámetro	ME	MAE	RMSE
Humedad relativa media anual 2008	1.637352807	3.224724341	2.385837045
Humedad relativa media anual 2013	-2.094566431	1.149486047	3.120682713
Humedad relativa media anual 2018	0.424814775	2.335487604	3.717158427
Humedad relativa media anual 2023	-0.405891804	2.620286851	2.085194812
Precipitación media anual 2008	1.03255194	1.944352407	1.194937523
Precipitación media anual 2013	1.766989994	2.423192254	3.515226378
Precipitación media anual 2018	0.427988926	1.196156167	0.79867605
Precipitación media anual 2023	0.330214296	1.319897805	1.238806953
Temperatura media anual 2008	-1.613400611	1.499701796	2.29020735
Temperatura media anual 2013	-1.63849995	0.113992716	2.626691519

Temperatura media anual 2018	1.360194843	0.205640652	1.862365227
Temperatura media anual 2023	-1.541723495	3.262704839	1.089849542

*Nota. Elaboración propia, La validación del método Kriging de cada punto se hizo con Cross Validation (Leave-One-Out) de SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses), y los errores ME, MAE y RMSE se calcularon en Microsoft Excel.*

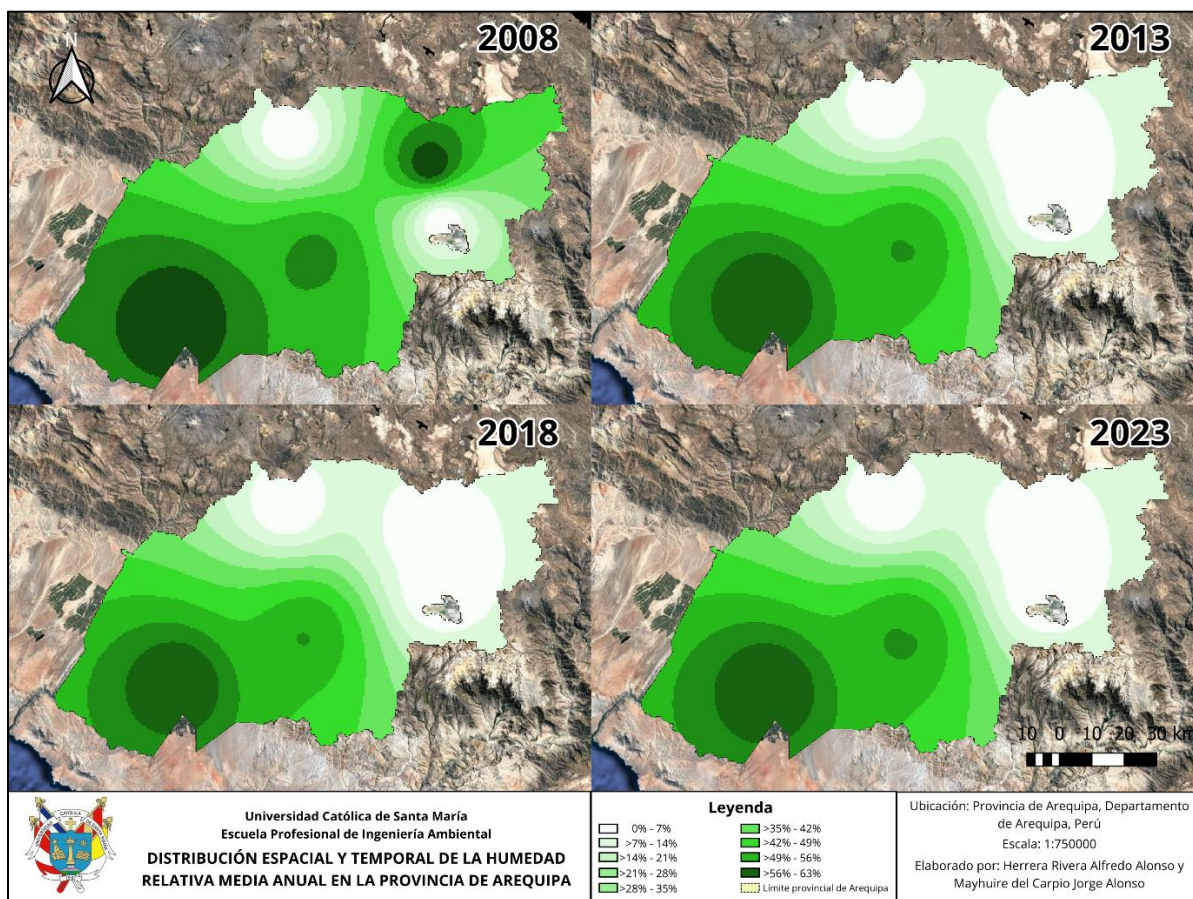
Los resultados obtenidos permitieron evaluar la exactitud del modelo IDW a comparación del procedimiento Kriging ordinario, indicando un ajuste adecuado entre las estimaciones y los datos reales. Dicho ajuste es más notorio en la interpolación de los datos de temperatura media anual, ya que presentan la mayor precisión ( $RMSE < 1$ ), con errores medios próximos a cero. En el caso de la precipitación, los errores fueron moderados, encontrando valores de RMSE mayores a 1 en todas las estimaciones. Por último, la humedad relativa presentó los mayores errores (RMSE hasta 2.9), asociados a la dispersión espacial de los puntos de muestreo y a la sensibilidad del parámetro frente a la escasez de datos de algunas estaciones meteorológicas de esta variable.

Una vez identificado el modelo de interpolación que presentó el menor error durante el proceso de validación, se procedió a generar los mapas temáticos correspondientes, a fin de representar espacialmente la distribución de los factores climáticos:

**a. Humedad relativa media anual**

**Figura 1.**

*Mapa de distribución espacial y temporal de la humedad relativa media anual en la provincia de Arequipa.*



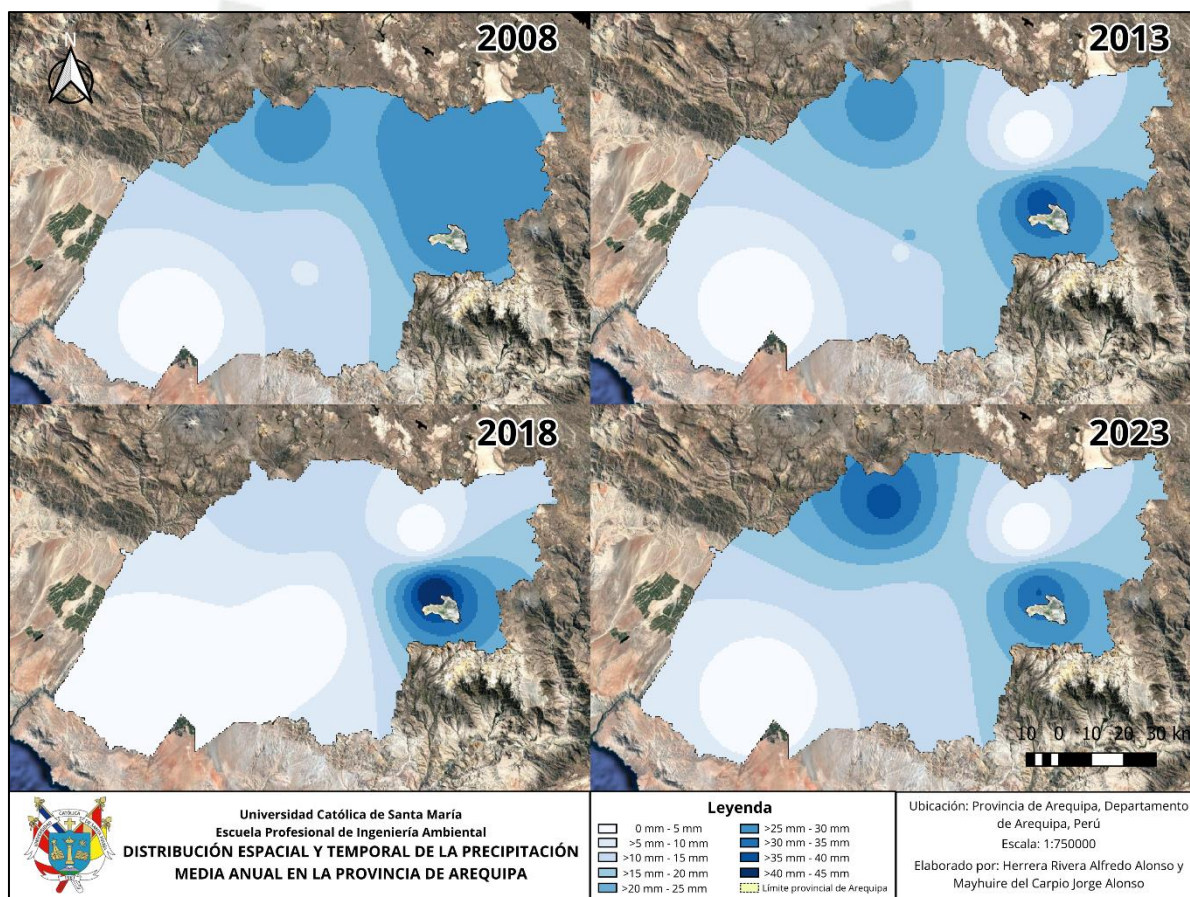
En primer lugar, el análisis de la distribución espacial y temporal de la humedad relativa media anual evidencia ligeros cambios en la humedad promedio de Arequipa. Como se observa en el mapa 2008 es el único año que representa notoriamente un comportamiento anormal al resto del periodo evaluado, siendo también el único en representar un valor de humedad relativa media mayor a 56 % en gran parte del centro y suroeste de la provincia, acompañado de otro sector con un comportamiento similar en zonas altoandinas. Para 2013 se observa un retroceso de los rangos más elevados: las áreas superiores al 49 % se contraen hacia el suroeste, y en la mayor parte del territorio los valores descienden a intervalos de 21 % a 35 %. En 2018 la reducción se acentúa, quedando las zonas de más del 42 % casi circunscritas al suroeste y algunos bolsillos del centro, mientras el norte y este presentan amplias superficies con menos de 21 % de humedad relativa, lo que refleja un ambiente notablemente más seco. Finalmente,

en 2023 persiste esta tendencia, con los valores superiores a 35 % limitados a una pequeña porción central, mientras la mayor parte del territorio se ubica por debajo de 28 %.

### b. Precipitación media anual

**Figura 2.**

*Mapa de distribución espacial y temporal de la precipitación media anual en la provincia de Arequipa.*



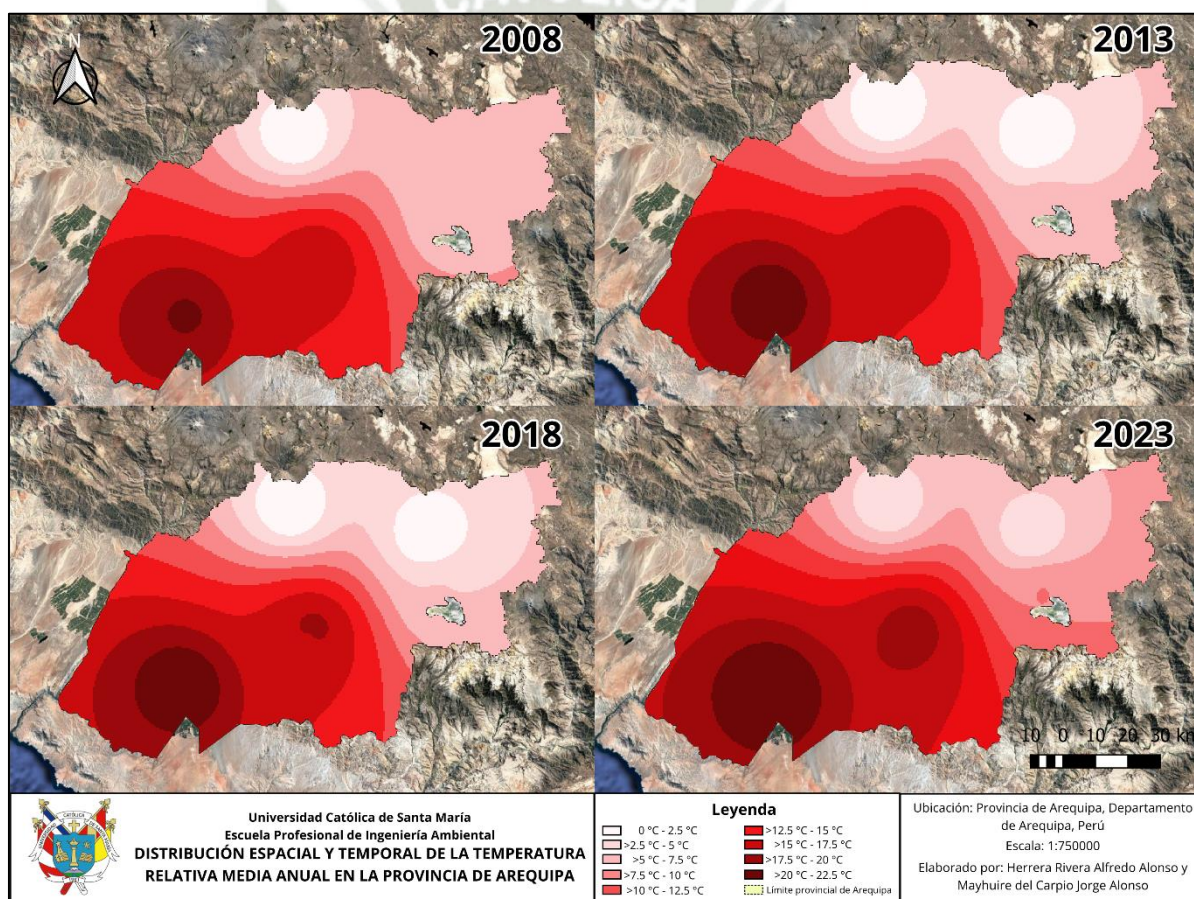
El resultado de la distribución espacial y temporal de la precipitación media anual revela una mayor dispersión en el patrón promedio de lluvias en la provincia a lo largo de los años, acompañada de una creciente concentración de las áreas con mayor aporte hídrico en zonas muy localizadas. En 2008 se registraba una cobertura más amplia de precipitaciones superiores a 25 mm anuales, específicamente en las zonas altoandinas, mientras que el resto de la provincia mostraba valores intermedios de 10 a 20 mm, con pocas zonas extremadamente áridas. Para 2013 se aprecia la aparición de zonas con más de 25 mm en promedio, aunque con extensión muy localizada, mientras que se contemplan extensos sectores con menos de 10 mm inclusive en la zona andina, lo cual difiere al comportamiento habitual a estas altitudes. En

2018 la disminución se intensifica de forma más notoria, quedando los valores superiores a 35 mm casi restringidos al entorno inmediato de la laguna de Salinas, mientras la mayor parte de la provincia se sitúa en rangos de 0 a 15 mm, evidencia de un régimen pluviométrico mucho más escaso para ese año. Finalmente, en 2023 persiste el predominio de precipitaciones bajas, pero con la particularidad de ciertas regiones de mayor lluvia aisladas al norte.

### c. Temperatura media anual

**Figura 3.**

*Mapa de distribución espacial y temporal de la temperatura media anual en la provincia de Arequipa.*



El análisis de la distribución espacial y temporal de la temperatura media anual muestra de manera mucho más notoria un patrón de incremento progresivo de las temperaturas en casi toda la provincia de Arequipa, con una marcada expansión de las zonas cálidas hacia sectores comúnmente más fríos. En 2008 predominaban valores entre 12,5 °C y 17,5 °C en el centro y sur de la provincia, mientras que las zonas altoandinas del norte mantenían amplias áreas con

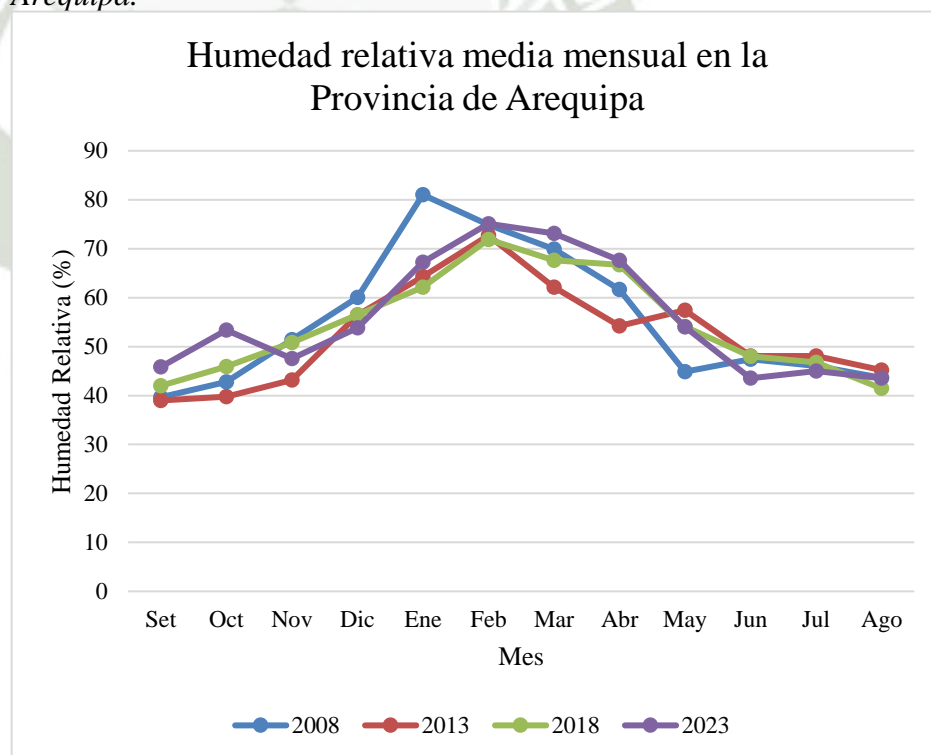
temperaturas inferiores a 7,5 °C. Para 2013, aunque se mantiene el comportamiento usual de la disminución de temperatura altitudinal, se observa una leve ampliación de las áreas que superan los 20 °C promedio. En 2018 esta tendencia es similar, con ligeros cambios en la distribución de temperaturas altas. Finalmente, en 2023 las áreas con más de 17,5 °C vuelven a incrementar en extensión, llegando a abarcar gran parte del sector sur y centro de Arequipa; a la vez, toda la zona altoandina muestra un incremento gradual de temperatura en comparación a los años anteriores, siendo así el año más preocupante en cuanto al aumento de temperatura media en la provincia.

### 5.1.3. Análisis temporal por parámetro

#### a. Humedad relativa media mensual

**Figura 4.**

*Gráfica de humedad relativa media mensual en la provincia de Arequipa.*



*Nota. Elaboración propia*

La humedad relativa en la provincia de Arequipa presenta un patrón claramente estacional, estrechamente vinculado al régimen de precipitaciones durante el verano. En promedio, los valores más altos se concentran en el periodo húmedo, entre los meses de diciembre y marzo,

mientras que los valores más bajos se registran entre junio y septiembre, con mínimos en agosto.

Durante el periodo seco la humedad relativa disminuye de manera sostenida en todos los años analizados. Aun así, se observa que el año 2023 mantiene valores más elevados que 2008 y 2013 entre enero y abril, lo cual podría indicar una ligera persistencia de la humedad superficial debido a lluvias más constantes o a una menor evaporación, posiblemente por cambios en las condiciones atmosféricas.

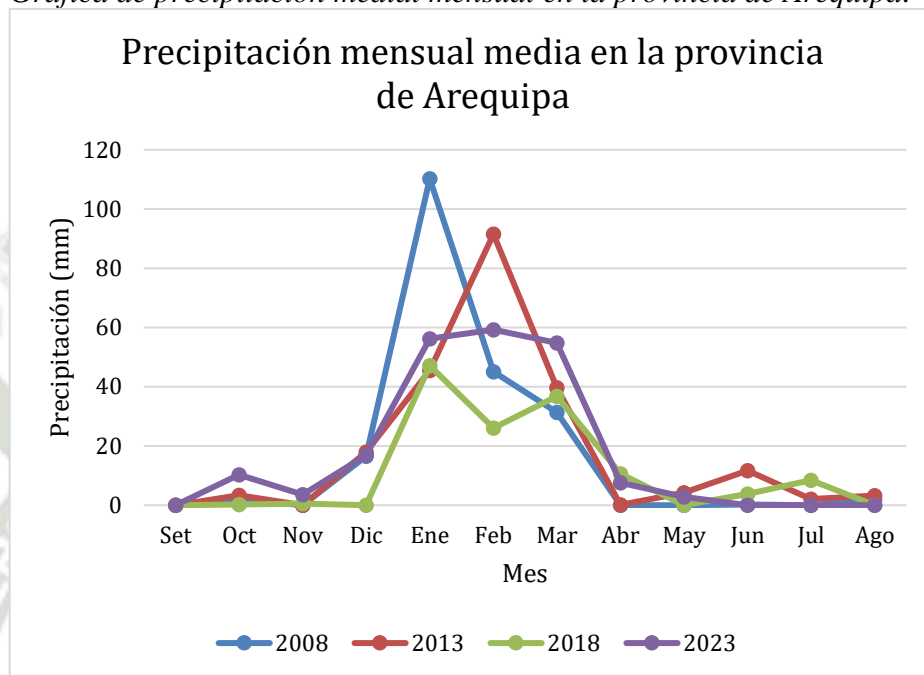
El único comportamiento notoriamente anómalo se observa en el año 2008, con un pico abrupto en enero de 81% de humedad relativa, superior al resto de años, seguido por una rápida caída hacia mayo. En cambio, la tendencia hacia el año 2023 mantiene un perfil más estable en el periodo húmedo, con menor amplitud entre máximos y mínimos, lo que puede interpretarse como una señal de moderación en la estacionalidad.

Cabe destacar que el ascenso gradual de la humedad desde octubre hasta febrero es consistente en todos los años, reflejando el inicio progresivo de la temporada de lluvias. Finalmente, aunque no se aprecia una tendencia clara de incremento o disminución sostenida de la humedad relativa en los años analizados, sí se evidencian variaciones interanuales importantes que podrían intensificarse en correlación a las precipitaciones.

**b. Precipitación media mensual**

**Figura 5.**

*Gráfica de precipitación medial mensual en la provincia de Arequipa.*



*Nota. Elaboración propia.*

En la Figura 5 se observa que los meses de enero, febrero y marzo concentran los valores más altos de precipitación, lo cual concuerda con la predominancia del régimen pluvial característico durante el verano en Arequipa; sin embargo, en la gráfica destaca la reducción de los valores promedios de esta temporada a través de los años. Se observa un pico más alto en enero de 2008, alcanzando el valor medio de 110.21 mm, mientras que para el año 2013 el valor medio más alto se registró en febrero con 91.52 mm. Seguidamente, el año 2018 presentó un patrón similar, aunque con una reducción significativa en los máximos alcanzados durante el verano. Finalmente, el año 2023 mostró valores más constantes entre enero y marzo pero sin alcanzar extremos tan altos como los años pasados, con un máximo de 59.26 mm en promedio.

Los meses de mayo a agosto se caracterizan por precipitaciones mínimas o nulas, confirmando el periodo seco típico de la región. Sin embargo, tanto en 2013 como en 2018 se observan valores relativamente elevados de precipitación durante este periodo, incremento que está asociado

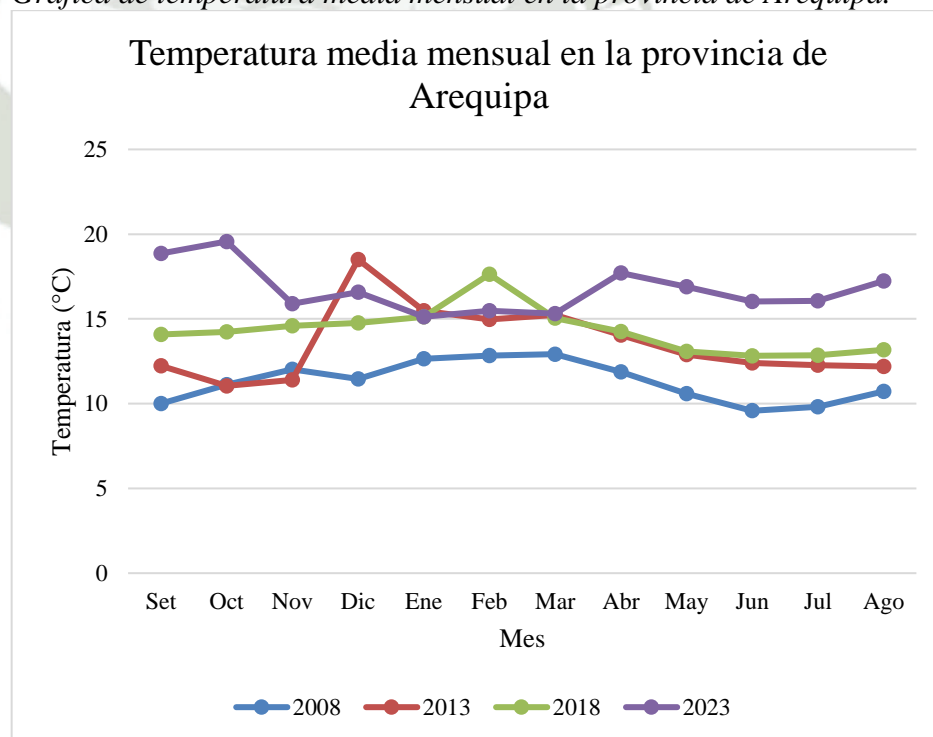
principalmente a los registros de la estación “Las Salinas”, ubicada a mayor altitud donde se presentaron lluvias más intensas que elevaron el promedio mensual en comparación con otras estaciones de menor altitud. No obstante, este comportamiento también tiende a la reducción, registrando valores prácticamente nulos de junio a agosto de 2023 para todas las estaciones meteorológicas.

En síntesis, la comparación entre la variabilidad mensual evidencia tanto patrones como fluctuaciones comunes en intensidad y distribución temporal, pero el efecto del cambio climático es notorio a lo largo de los años, mostrando reducción constante a medida que avanza el tiempo.

### c. Temperatura media mensual

**Figura 6.**

*Gráfica de temperatura media mensual en la provincia de Arequipa.*



*Nota. Elaboración propia.*

La Figura 6 muestra un patrón estable de la temperatura media a lo largo de cada año, con oscilaciones poco notorias entre cada mes, pero con diferencias notables entre los cuatro años analizados.

Por ejemplo, el año 2023 destaca en mayor medida por presentar de forma sistemática las temperaturas más elevadas en todos los meses del año, con un promedio anual notablemente superior al de los años anteriores, alcanzando un pico promedio de 19.56 °C en octubre. Este comportamiento podría representar una manifestación local del calentamiento global, especialmente si se considera que no hay meses con descensos abruptos y se observa una menor amplitud térmica estacional; así como un valor más alto en octubre en lugar de los meses de verano como el resto de años, lo cual puede indicar una transición hacia condiciones más cálidas. Por el contrario, el año 2008 registra los valores más bajos de temperatura media, especialmente entre mayo y agosto, coincidiendo más con la estacionalidad típica de Arequipa, y lo que acentúa aún más el contraste con 2023.

El año 2013 presenta un comportamiento atípico en diciembre, con un valor cercano a los 19 °C, posiblemente vinculado a un evento cálido puntual o a una anomalía climática. Mientras tanto, 2018 mantiene un perfil intermedio con valores relativamente constantes el resto del año. No obstante, para 2023 se pierde ese patrón, evidenciando una menor diferenciación térmica entre estaciones, lo cual podría ser una señal de alteración del ciclo climático regional.

En síntesis, en este resultado se observa que la estacionalidad climática se mantiene definida a lo largo de los años en Arequipa, con un periodo húmedo concentrado entre diciembre y marzo caracterizado por mayores precipitaciones, elevación de la humedad relativa y temperaturas más altas, seguido por un periodo seco de mayo a agosto, donde predominan condiciones áridas con bajas precipitaciones, descenso de la humedad y temperaturas ligeramente menores.

Sin embargo, el año 2023 presenta una serie de patrones que podrían interpretarse como indicios del cambio climático en escala local. Destaca por mostrar las temperaturas medias más elevadas de todo el periodo analizado, con valores que se mantienen altos incluso durante los meses tradicionalmente más fríos. Además, la precipitación acumulada fue reduciendo por cada año evaluado hasta el 2023,

donde se evidencian valores notoriamente menores en comparación con los años pasados, sugiriendo una reducción en la cantidad promedio de lluvias en todos los meses. A pesar de ello, la humedad relativa no disminuye significativamente con el paso del tiempo, lo cual puede estar relacionado con una mayor persistencia de la humedad atmosférica, posiblemente influenciada por lluvias más prolongadas o menores tasas de evaporación local.

#### 5.1.4. Correlación entre variables climáticas

En la Tabla 12, se muestra el resultado de los coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ), mostrando la relación lineal entre cada par de variables climáticas: humedad relativa media, precipitación media y temperatura media. Seguidamente, la Figura 7 grafica el comportamiento de estas correlaciones a lo largo de los años de estudio. Los valores de  $r$  indican la fuerza y dirección de la asociación estadística, con un rango de -1 (correlación negativa) a 1 (correlación positiva).

**Tabla 12.**

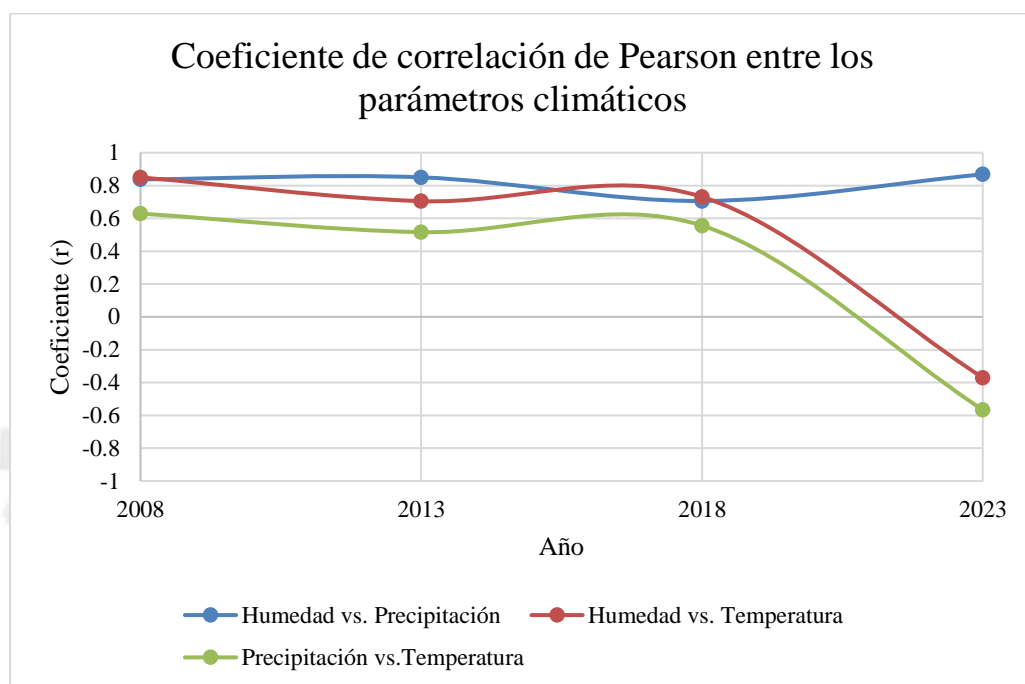
*Resultados del Coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) entre los parámetros climáticos*

Año	Humedad vs. Precipitación	Humedad vs. Temperatura	Precipitación vs. Temperatura
2008	0.837312118	0.84956299	0.62927088
2013	0.849969673	0.704887659	0.5160312
2018	0.705903389	0.730947678	0.55588048
2023	0.868363693	-0.37061958	-0.56644659

*Nota. Elaboración propia, valores calculados con Microsoft Excel.*

**Figura 7.**

Gráfica del Coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) entre los parámetros climáticos



*Nota. Elaboración propia.*

En la gráfica se observa un patrón preocupante que refuerza la presencia de alteraciones en la dinámica climática de Arequipa. Primeramente, en promedio la correlación entre humedad y precipitación se mantiene positiva y relativamente alta en todos los años, lo cual es esperado sabiendo que la humedad atmosférica suele incrementarse con eventos de lluvia. Sin embargo, tanto la correlación entre temperatura y humedad como la de temperatura y precipitación fueron positivas en 2008, 2013 y 2018, pero ambas demuestran una gran variación para 2023, alcanzando un valor negativo por debajo de  $-0.3$  para ambos pares. Esto indica una inversión en el comportamiento conjunto de estas variables, evidenciando que a diferencia de años anteriores, las altas temperaturas actuales ya no están asociadas a eventos estacionales como la época de lluvias y de alta humedad en Arequipa, sino que ocurren predominantemente en condiciones de sequedad.

## 5.2. Presencia de las plagas agrícolas más relevantes y prevalentes de la cebolla (*Allium cepa* L.) en la provincia de Arequipa del periodo 2008 - 2023.

### 5.2.1. Análisis de proliferación e impacto de plagas de cebolla en Arequipa

Con la información que fue proporcionada por la institución SENASA sobre las principales plagas agrícolas del cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) en la provincia de Arequipa (Adjunto en ANEXO 3), Se investigó teóricamente la influencia de los factores climáticos investigados en el desarrollo biológico de estas plagas, así como su impacto negativo en el cultivo de la cebolla, las plagas afectan al cultivo en la fase de formación de bulbo y maduración inicial ya que en estas fases aparecen las hojas y crecimiento de bulbo. Tenemos que la mayoría de las plagas muestran los síntomas en sus hojas como coloraciones, deformaciones; también se ve afectado el desarrollo del bulbo provocando enanismo en el cultivo. A continuación, se explicará cómo afecta cada plaga al cultivo y cuáles son los valores climáticos que necesita la plaga para su proliferación:

- *Aphelenchus spp*: Los síntomas de los daños que produce este nematodo se manifiestan con la aparición de deformaciones en las hojas, estas se arrugan y en las zonas en las que se alimentan los nematodos, cerca de la parte inferior de las nervaduras, aparecen regiones cloróticas, que se vuelven rojizas y después marrones. Su desarrollo es en ambientes húmedos, con la presencia de agua de lluvia o de riego se extiende a otras zonas infectando los cultivos. Este nematodo tiene mayor ocurrencia en condiciones de baja pluviosidad, debido a que la niebla y la lluvia crean un microclima favorable (Neval, 2018).
- *Cladosporium allii*: Este hongo se encuentra en las puntas de la hoja de la cebolla tomando un color blanco pálido, su síntoma se observa desde las puntas hasta que se cubre totalmente la hoja produciendo su muerte de forma descendente. Una condición óptima para su desarrollo del hongo es la alta humedad relativa y precipitación, después de los 8 días de haber pasado las

precipitaciones aparecen sus síntomas (Hío, 2006). El hongo necesita un clima fresco y húmedo para tener un crecimiento intenso, esporulación y liberación de esporas, germinación y desarrollo de enfermedades. Estos hongos son más activos a bajas temperaturas. El crecimiento requiere humedad, por lo que necesita valores de humedad relativa iguales o superiores al 80 % (Nielsen, 2003). Lozada y Zurita (2019), indican que las temperaturas de crecimiento ideales van desde los 6 °C hasta los 28 °C.

- *Ditylechus dipsaci*: Es un parásito que vive dentro de la semilla, en plantas voluntarias o en malezas, también en el suelo en estado juvenil o huevo, resistiendo la desecación por varios años. Los síntomas en la cebolla es el amarillento y entorchamiento de hojas; su mayor síntoma se observa en el tallo y raíz. Hay más nemátodos en el cultivo de cebolla pero el *Ditylechus dipsaci* es una de las principales y con mayor efecto en la cebolla, esta cuando es atacada por nemátodos principalmente es afectada la raíz dando deficiencia en la planta, tomando un color café oscuro, en algunos casos los tallos cuando intentan recuperarse emiten tallos débiles, delgados y deformes, su síntoma más evidente en la planta es el amarillamiento, enanismo y mal desarrollo, hojas delgadas entorchadas y deformes. Para la subsistencia del nematodo es importante la presencia de agua libre y de temperaturas templadas. La humedad del suelo y temperatura alta son condiciones favorables para las poblaciones (Hío, 2006).
- *Erwinia carotovora*: Esta bacteria produce pudrición en la cebolla, cuando hay heridas estas bacterias aprovechan para penetrar provocando pudrición acuosa y blanda que suelen ser de manchas negras y húmedas que desprenden olor fétido, apareciendo también en el tallo manchas negruzcas y húmedas (INTA, 2016). Se ha demostrado que las temperaturas cercanas a los 30°C favorecen el incremento en la velocidad de la

enfermedad y por otro lado la humedad debido a la saturación del suelo por el exceso de las lluvias o el riego que produce condiciones anaeróbicas favorece el crecimiento de la bacteria (Portela-Dussán et al., 2013).

- *Fusarium oxysporum*: Es un hongo que persiste en el suelo o en tejidos enfermos (residuos de cosecha) por muchos años. Se esparce por el agua de riego y penetra a los bulbos por la base, a través de las lesiones producidas por la pudrición rosada de la raíz. Se ve favorecida por alta humedad relativa ambiental, suelos húmedos y la presencia de heridas naturales o artificiales producidas en las raíces.

Su desarrollo óptimo oscila a una temperatura de 25 °C a 28 °C. Esto va con una relación a una humedad relativa entre un rango entre 74 y 80%, como mencionan Ramos et al. (2017). Por arriba de 33 °C y por debajo de 17 °C produce enzimas inhibitoras de crecimiento que mantienen su desarrollo de forma latente (Booth, 1971; Nelson, 1991; Sinha et al., 2018).

- *Oídium*: Lo que muestra visualmente esta enfermedad es la aparición de un matiz ligeramente blanco. La presencia de altos niveles de humedad relativa (por encima del 80%), temperaturas moderadas a frescas (entre 17 y 20 °C) y precipitaciones constantes favorece el crecimiento del hongo. (Paredes, 2023). En tiempo seco y libre de lluvias las condiciones más favorables para su propagación. Se diseminan por el viento y sobrevive sobre restos de plantas enfermas u otros hospederos.
- *Peronospora destructor*: Sus principales síntomas de este hongo se da sobre las hojas provocando infección con un color verde claro. Para que su infección se dé es necesario que exista agua libre sobre la hoja con una temperatura de 17°C, humedad relativa superior a 90% (Marcuzzo y Vaz Moraes, 2017). En condiciones de alta humedad (primeras horas de la mañana en que hay rocío), se observan las fructificaciones del hongo en forma de pelusilla de color violeta púrpura.

- *Pratylenchus sp*: Este nematodo se desplaza dentro de la raíz, causando daños irreversibles en las mismas. Diversos estudios han demostrado que poblaciones altas del mismo pueden causar daño severo en el cultivo de cebolla, con síntomas como pudrición de la raíz, y reducción considerable en el crecimiento de las plantas, en el peso y en el tamaño de los bulbos. Las condiciones ideales para el establecimiento, desarrollo y dispersión de nematodos fitoparasíticos en cultivos tropicales son: temperaturas cálidas, precipitación abundante (Pariona et al., 2001).
- *Rhizoctonia solani*: Este hongo produce pudrición de semilleros y raíces. La enfermedad puede aparecer en el campo en manchas circulares en las cuales todas las plantas mueren. La enfermedad es más severa en suelos moderadamente húmedos que en suelos secos o bajo condiciones favorables (alta humedad relativa, altas temperaturas y mucha lluvia). Sin embargo, La mayoría de los aislados pueden infectar en un rango de 19° C a 30 °C. Sin embargo, algunos aislados pueden permanecer activos a temperaturas que alcanzan los 30° C (Brenes, 1996).
- *Sclerotium cepivorum*: Las pérdidas por la pudrición blanca alcanzan el 70 por ciento en cebollas que se cosechan entre los meses de junio a octubre, es decir, cuando la cosecha se realiza en los meses fríos, con una temperatura entre 10 ° a 20 °C. Se diseminan a través de bulbos infectados y persisten indefinidamente en el suelo. Es favorecido por bajas temperaturas (menor de 20 °C) y baja humedad (40 %). Cuando esta enfermedad ataca plantas jóvenes, produce la muerte de las mismas, pero esto no es frecuente. Los daños más importantes y visibles se presentan en la parte subterránea de la planta, donde raíces y bulbos se pudren (Pariona et al., 2001).

- *Stemphylium vesicarium*: Este hongo causa graves daños, especialmente en las hojas y el tallo de las semillas de las plantas de cebolla, lo que provoca pérdidas sustanciales en el cultivo de cebolla. Afecta gravemente las hojas y el tallo de las semillas de cebolla y causa pérdidas de hasta el 80-85 % en el cultivo de semillas. La infección de las hojas de cebolla por *Stemphylium vesicarium* puede ocurrir a temperaturas entre 10 y 26°C y a una humedad alta (Basallote-Ureba et al. 1999).
- *Thrips tabaci*: En el daño que causa se puede observar como un rasgado en la superficie de las hojas, al raspar el tejido y chupar la savia para alimentarse, produciéndose el manchado clorótico y el quemado característico de las hojas, que trae como consecuencia deformaciones foliares y reducción del tamaño de los bulbos (Castro-López & Martínez-Osorio, 2021). Se ve favorecido en temperaturas que oscilan entre 20 y 30°C, con una humedad relativa entre 70 y 80% (Guzmán et al., 1996)
- *Urocystis cepulae*: El hongo da presencia de manchas oscuras y ligeramente engrosadas en las hojas que por el peso toma curva hacia abajo, también enanizan a las plantas. Puede causar la muerte temprana de la planta o en plantas viejas se forman ampollas cerca al bulbo, estas revientan y liberan un polvillo negro que son las esporas del hongo. Sobreviviendo en forma de teleutosporas “reposeo” en el suelo, diseminándose por agua de lluvias o de riego o al trasplante de plantas enfermas. Es favorecido por bajas temperaturas (13 °C - 22 °C) y alta humedad relativa. Temperatura mayor de 29 °C inhiben el desarrollo del hongo.

### 5.2.2. Cuadro resumen de condiciones climáticas favorables para la aparición de plagas de cultivo de cebolla en Arequipa

**Tabla 13.**

*Resumen de condiciones climáticas favorables para la proliferación de plagas de cebolla*

Nombre científico de la plaga	Nombre común de la plaga	Humedad / Temperatura
<i>Aphelenchus spp</i>	Nemátodo	Ambiente húmedo
<i>Cladosporium allii</i>	<i>Cladosporium</i>	80% / 6°C - 28°C
<i>Ditylechus dipsaci</i>	Nemátodo del ajo	Humedad y temperatura elevada
<i>Erwinia carotovora</i>	Putrididad blanda	Humedad elevada / 30°C
<i>Fusarium oxysporum</i>	Marchitez	74% - 80% / 25°C – 28°C
<i>Oídium</i>	Oidiosis	>80% / 17°C – 20°C
<i>Peronospora destructor</i>	Mildiu	90% / 17°C
<i>Pratylenchus sp.</i>	Nemátodo de las lesiones	Humedad elevada y temperatura cálida
<i>Rhizoctonia solani</i>	Chupadera fungosa	Humedad elevada / 19°C - 30°C
<i>Sclerotium cepivorum</i>	Podredumbre blanca	40% / 10°C – 20°C
<i>Stemphylium vesicarium</i>	Mancha de peral	Humedad elevada / 10°C - 26°C
<i>Thrips tabaci</i>	Thrips	70 – 80% / 20°C – 30°C
<i>Urocystis cepulae</i>	Carbón de cebolla	Humedad elevada / 13°C – 22°C

**Nota.** *Elaboración propia.*

### 5.2.3. Comparación del rendimiento de cultivos de cebolla durante los últimos 10 años en Arequipa

Los registros recopilados por SENASA y sintetizados en trabajos regionales muestran que en la última década las notificaciones de incidencia de plagas en cebolla en Arequipa se han mantenido como uno de los factores principales asociados a disminuciones de rendimiento y calidad comercial (listados y análisis en los anexos de los reportes regionales). Estos reportes señalan como recurrentes a *Thrips tabaci*, *Delia platura*, varias especies de nematodos y hongos de cuello

y raíz, y relacionan episodios de brotes con meses de temperatura por encima de la media o con cambios en la humedad estacional (SENASA, 2023). En los últimos 10 años destacan los siguientes hitos en el rendimiento de cebolla en la provincia de Arequipa:

- **Pico de producción:** El inventario técnico del MIDAGRI indica que en 2017 la producción regional de Arequipa fue de casi 449 797 t, situando a Arequipa como la principal región productora de cebolla en ese año.
- **Rendimiento promedio regional de referencia:** Estudios y trabajos de investigación locales reportan rendimientos promedio de Arequipa cercanos a 44–45 t/ha en años favorables (ej.: valor reportado de 44 474 kg/ha). El rendimiento nacional promedio ronda 39–40 t/ha, ubicando a Arequipa por encima del promedio nacional (Yanapa Soncco, 2023).

En función a la bibliografía documentada acerca de la variación de este rendimiento relacionado a la proliferación de plagas tenemos los siguientes datos:

- No todos los años son años de brote severo. Las fuentes institucionales y análisis regionales indican que algunos años dentro de la década presentaron brotes intensos con pérdidas por lote cercanas a los rangos arriba citados, mientras que en otros años la mayoría de lotes alcanzaron rendimientos cercanos al potencial. Por eso la caída regional de producción entre 2017 y 2022 no puede atribuirse exclusivamente a plagas (también influyen clima, manejo y mercados), pero las plagas contribuyeron de manera decisiva en los años con brotes (MIDAGRI, 2017)
- **Rangos de pérdida por brotes documentados:** Estudios agronómicos y revisiones sobre *Thrips tabaci* y otros reportan reducciones de rendimiento en lotes no controlados en rangos amplios:  $\approx 20\%$ – $50\%$  según severidad, momento del ataque y condiciones (valores típicos citados por trabajos experimentales y revisiones). En estudios de campo comparativos la cifra de  $\approx 37\%$  de

pérdida ha sido documentada como ejemplo en cultivos sin protección frente a tratamientos protegidos (Dwivedi et al., 2022).

- Si usamos un rendimiento de referencia de 44 t/ha (Arequipa), una pérdida del 20% = 8.8 t/ha; 37% = 16.3 t/ha; 50% = 22 t/ha. Esto representaría pérdidas en el orden de decenas de toneladas por hectárea en lotes severamente afectados por plagas.

En cuanto a tendencias cualitativas reportadas de la producción de cebolla y su afectación por plagas:

- **2015–2018:** Campañas con buena oferta hídrica (Majes) y relativamente altas productividades; SENASA reportó actividades de evaluación y certificación fitosanitaria para exportación, señalando control fitosanitario activo pero presencia de plagas a vigilar (SENASA, 2023b).
- **2019–2020:** Variabilidad por clima y mayores retos en manejo sanitario; investigaciones y reseñas indican aumento de atención a plagas como thrips y su relación con condiciones climáticas (Negash et al., 2024)
- **2021–2024:** Esfuerzos por exportación y mejora de productividad en algunas zonas (campañas de exportación en Majes), pero con persistencia de problemas por thrips y enfermedades vectoreadas; publicaciones científicas recientes siguen reportando que thrips puede provocar pérdidas significativas en rendimiento si no se controla (SENASA, 2023b)

### **5.3. Análisis comparativo entre la influencia del cambio climático en el incremento de plagas en la provincia de Arequipa.**

#### **5.3.1. Identificación de riesgo de proliferación de plaga por influencia del cambio climático**

Los resultados climáticos muestran que la provincia de Arequipa presenta un incremento progresivo de la temperatura media anual y una reducción e irregularidad de la precipitación, acompañada por una estacionalidad de humedad

menos marcada en los últimos años. Estas condiciones favorecen la aparición y persistencia de varias de las plagas identificadas, particularmente aquellas asociadas a ambientes cálidos y con humedad moderada a elevada. Por ejemplo, especies como *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Erwinia carotovora* se desarrollan preferentemente bajo temperaturas entre 19°C y 30°C con presencia de humedad, escenarios que se vuelven más frecuentes con el avance del calentamiento regional. Asimismo, hongos como *Oidium* y *Cladosporium allii*, que requieren humedad relativa superior al 70% y temperaturas entre 17°C y 26°C, encuentran condiciones favorables durante las fases iniciales y finales del periodo húmedo. Por otro lado, la presencia de temperaturas elevadas coincidiendo con baja humedad, observada especialmente en 2023, puede incentivar la proliferación de insectos como *Thrips tabaci*, cuya reproducción se acelera en climas cálidos y secos. En conjunto, la modificación climática registrada no solo altera la fenología agrícola, sino que también amplía las ventanas de actividad y dispersión de plagas sensibles a temperatura y humedad, incrementando el riesgo sanitario para los cultivos de la región.

La combinación de estas variables incrementa el riesgo fitosanitario en la provincia de Arequipa, ya que prolonga los periodos del año en que las condiciones ambientales son favorables para las plagas y reduce la capacidad natural del cultivo para recuperarse. Por ejemplo, el estrés hídrico provocado por la disminución de lluvias debilita los tejidos vegetales, haciéndolos más susceptibles a infecciones por *Fusarium oxysporum* o *Sclerotium cepivorum*, mientras que la mayor frecuencia de días cálidos en temporada seca favorece la expansión de insectos como *Thrips tabaci*, que pueden actuar como vectores de patógenos. En conjunto, estos cambios climáticos no solo aumentan la probabilidad de aparición de plagas, sino que también elevan la intensidad y persistencia de los brotes, lo que se traduce en mayor demanda de control, mayor costo de manejo y mayor vulnerabilidad de la producción agrícola local.

### **5.3.2. Influencia de la inversión térmica en el desarrollo de plagas**

Se plantea la inversión térmica como una posibilidad exploratoria dentro del análisis del impacto del cambio climático sobre la proliferación de plagas en la

provincia de Arequipa. La inversión térmica se produce cuando, en lugar de disminuir con la altitud, la temperatura del aire aumenta, generando una capa cálida sobre aire más frío cercano al suelo. Esta configuración atmosférica produce estabilidad del aire y limita los movimientos verticales, lo que puede modificar el microclima local al afectar la humedad, la estratificación térmica y la circulación de aire en la superficie (Qin et al., 2021). Si bien este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en relación con la calidad del aire y la dispersión de contaminantes, la evidencia sobre su influencia directa en el desarrollo o comportamiento de plagas agrícolas es aún limitada.

Por ello, la inclusión de la inversión térmica se plantea con cautela, considerando que puede actuar como un factor modulador del microclima local que de manera indirecta podría influir en la aparición, dispersión o dinámica poblacional de plagas (Al-doski et al., 2016). Se propone que en zonas como Arequipa, donde la geografía y los valles favorecen la ocurrencia de inversiones térmicas, se realicen monitoreos simultáneos de parámetros atmosféricos (perfil vertical de temperatura, estabilidad del aire, duración de eventos de inversión) y de la incidencia de plagas. Esta aproximación permite explorar posibles relaciones entre fenómenos atmosféricos y biología de plagas, reconociendo que se trata de una hipótesis de trabajo que requiere validación empírica con datos locales, sin sustituir variables climáticas ya consolidadas como temperatura media, acumulación térmica, humedad y precipitación.

#### **5.4. Propuesta del plan de adaptación al cambio climático.**

Según el análisis de los resultados anteriores, se evidencia una tendencia al incremento de la temperatura media anual en la provincia de Arequipa, aunque esta no se concentrará necesariamente en la temporada de verano como es predecible, sino que se presentará en periodos con condiciones secas y ausencia de precipitaciones. Este patrón implica un escenario de temperaturas elevadas en climas áridos, lo que genera un ambiente propicio para la proliferación y persistencia de determinadas plagas agrícolas con potencial impacto en la cebolla.

En este contexto, se formula un plan de adaptación al cambio climático que busca reducir específicamente la vulnerabilidad frente a los impactos combinados de esta variabilidad climática y la incidencia de plagas en la cebolla, promoviendo medidas preventivas, correctivas y de fortalecimiento de capacidades locales. Esta propuesta, que incluye objetivos, alcance, antecedentes, diagnóstico del problema, formulación, implementación, monitoreo, evaluación, financiamiento, acciones de comunicación, limitaciones y oportunidades; se encuentra disponible en el ANEXO 1.

## 6. DISCUSIÓN

El viento no se consideró como un parámetro relevante en esta investigación, pese a que puede influir en la dinámica de ciertas plagas. Si bien su acción puede facilitar la dispersión de esporas y bacterias desde tejidos infectados hacia superficies húmedas susceptibles, en otros casos también contribuye a la desecación de dichas superficies, reduciendo la posibilidad de infección. Debido a que estos efectos son altamente variables, difíciles de cuantificar con la información disponible y no constituyen el foco principal del análisis, el viento no fue incorporado dentro de los parámetros evaluados. (Velázquez, 2006). Esto nos indica que el viento no beneficiará el ciclo de vida de las plagas, puede haber la posibilidad que lo ayude en su dispersión. Para los insectos el viento con unos 10 km/h a 20 km/h dificultaría su vuelo e impide que pueda abundar la plaga (Cerezo, 2017) que en el caso del cultivo de cebolla sería el *Thrips tabaci*. El análisis de las estaciones meteorológicas de la provincia de Arequipa en el periodo de investigación evidencia que las zonas de menor altitud como Arequipa metropolitana y La Joya, han registrado incrementos sostenidos de temperatura media anual, especialmente en 2023, donde se observa una expansión de áreas que superan los 17 °C en promedio anual, mientras que en años previos estos patrones estaban más restringidos geográficamente. Este calentamiento progresivo es particularmente relevante debido a la reducción de la amplitud térmica estacional, lo que modifica la dinámica del desarrollo de cultivos vegetales que no logran adaptarse (Lane & Jarvis, 2007).

En comparación, la precipitación mostró una tendencia a la disminución en la mayoría de las estaciones con una concentración de lluvias cada vez más localizada; además, el análisis temporal demuestra irregularidades en los patrones de presencia de lluvias

durante el año. A pesar de que actualmente las zonas altoandinas reciben más precipitación a comparación de décadas pasadas (de Lima Moraes et al., 2023), este comportamiento sugiere una transición hacia un régimen pluviométrico más irregular y fragmentado, donde los eventos de lluvia tienden a ser menos frecuentes, más localizados y potencialmente de mayor intensidad, lo que puede llegar a impactar más que eventos climáticos aislados (Ohba, 2021).

En cuanto a la humedad relativa, los patrones observados mantienen la marcada estacionalidad propia del clima de Arequipa, con valores más altos durante los meses de verano y reducciones sostenidas en el periodo seco. Aunque no puede afirmarse una tendencia uniforme de aumento o disminución de la humedad relativa, su comportamiento parece estar modulándose hacia una menor variabilidad estacional.

En conjunto, los coeficientes de correlación entre variables climáticas revelan un patrón que sugiere una alteración en la dinámica meteorológica de la provincia. Mientras que en 2008, 2013 y 2018 las relaciones entre temperatura, humedad y precipitación eran mayormente positivas, en 2023 se observa una inversión en estas correlaciones: las altas temperaturas ya no se asocian a incrementos de humedad o lluvia, sino que ocurren bajo condiciones más secas. Esta ruptura en el comportamiento conjunto de las variables climáticas implica un desacoplamiento entre los ciclos térmicos y pluviales, lo que genera un escenario de riesgo para las localidades (Venturini, 2022) y constituye una señal clara de alteración del clima, la cual puede continuar en variación en escenarios futuros.

Como se observa, los cambios identificados no solo representan variabilidad interanual, sino una posible transición hacia un nuevo estado climático en Arequipa: mayor temperatura promedio, menor disponibilidad de agua proveniente de la lluvia, mayor irregularidad espacial en los eventos hídricos y modificaciones en los patrones de estacionalidad. Como menciona de Lima Moraes et al. (2023), este escenario compromete principalmente a los agricultores de las zonas altoandinas de la provincia, especialmente en áreas predominadas por explotaciones familiares que de todas formas dependen del suministro de instituciones del gobierno para el desarrollo de sus actividades.

Los resultados del análisis de plagas de la cebolla nos indican que hay variedad de nematodos como plagas que afectan la producción y calidad de los cultivos de cebolla, estos nematodos son más perjudiciales para el cultivo cuando hay una elevada humedad y temperatura. En un estudio de “Prospección de nemátodos fitoparásitos de cebolla y su relación con *Fusarium oxysporum* f. sp. cepae en el valle de Asunción Mita, Jutiapa” (Morales Carías, 2017) realizó una investigación de la presencia de nematodos en el cultivo de cebolla donde encontró 10 géneros de nemátodos con un rango de temperatura de 25°C a 32°C en una época lluviosa con una precipitación pluvial de 34% y 67%, estas son las condiciones adecuadas para los nematodos y concuerda con la revisión bibliográfica que indica que con la humedad del suelo y temperatura alta son condiciones favorables para las poblaciones. Con nuestros resultados la humedad les favorece a los nemátodos ya que se llega hasta un 80% de humedad en la época de lluvias, el resto de año se mantiene en un promedio de 40 y 50% que también es favorable ese porcentaje de humedad, con relación a la temperatura es claro que la media ha ido aumentando por lo que junto a la humedad se está volviendo más favorable a esta plaga de nemátodos.

En relación con los hongos una humedad elevada y temperatura cálida, es adecuada para su aparición, pero hay casos como el *Cladosporium* que requiere una temperatura óptima entre 6 y 28 °C, Sánchez y Almaguer (2014). Manisha (2012) indica que a temperaturas mayores a 35 °C se inhibe el ataque del patógeno. En un estudio de México “Efecto de cubierta de agribón (polipropileno) en el control de enfermedades en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)”. (Gaxiola Serrano, 2024) menciona que en cielo abierto hay un clima más adecuado para la incidencia de hongos ya que hay una temperatura adecuada de máximo 35°C y una humedad mayor, estas condiciones en conjunto favorecen a su crecimiento del hongo. Él comparando con el agribón menciona que hay una mayor temperatura y menor humedad por lo que la incidencia y severidad de los hongos en el cultivo de la cebolla disminuye. Con nuestros resultados se debe tener en cuenta que las condiciones deben estar en conjunto la humedad favorece más a las plagas de hongo en temporadas de lluvia pero tampoco se llega a una temperatura óptima, los hongos en la provincia de Arequipa se ven favorecidos ya que la temperatura promedio ha ido aumentando y se encuentra entre el rango de temperatura que necesitan los hongos para su mayor incidencia que es de 17°C a 28°C, agregando el incremento

de la humedad en épocas de lluvia en épocas de lluvia los hongos tendrán un ambiente más cómodo para su incidencia.

La evolución de las plagas agrícolas de la cebolla en Arequipa durante el periodo de estudio evidencia un patrón vinculado con las variaciones climáticas registradas en la provincia. En primer lugar, el aumento sostenido de la temperatura media anual favorece una aceleración metabólica en diversos grupos de insectos y patógenos. Bale et al. (2002) y Dukes et al. (2009) establecen que, al ser organismos ectotermos, los insectos incrementan su tasa metabólica entre un 50 % y 100 % por cada aumento de 10 °C, lo que acelera el desarrollo larvario, incrementa el número de generaciones expande las ventanas fenológicas de ataque. Este fenómeno coincide con lo registrado para *Thrips tabaci* en Arequipa, cuya proliferación ha sido mayor en años caracterizados por temperaturas por encima de la media y humedad relativa baja, condiciones descritas también por Pathak et al. (2021) y Rao et al. (2020) como altamente favorables para plagas polífagas adaptadas a climas cálidos y secos.

Asimismo, la disminución de la estacionalidad de la humedad relativa observada en los registros analizados amplifica condiciones propicias para hongos fitopatógenos como *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Erwinia carotovora*, todos ellos reportados como sensibles a ambientes donde coinciden suelos cálidos y periodos de humedad acumulada moderada. Los hallazgos son consistentes con estudios de Jiménez et al. (2023) y Yuan et al. (2017), quienes demuestran que la humedad relativa superior al 70 % en combinación con temperaturas elevadas fortalece la esporulación y virulencia de patógenos asociados a cultivos hortícolas. En casos como *Cladosporium allii*, su aparición más frecuente hacia mediados del periodo analizado refleja un escenario climático donde los picos de humedad tras eventos aislados de precipitación favorecen infecciones rápidas, un comportamiento descrito en agroecosistemas semiáridos (Bonifacio, 2023).

A nivel geográfico, Arequipa presenta una distribución altitudinal marcada que condiciona la expansión diferencial de las plagas. Estudios previos en los Andes (Flores et al., 2020; Vitasse et al., 2021) reportan que el calentamiento acelerado en zonas altoandinas facilita la migración de plagas a mayores elevaciones. Esto resulta particularmente relevante en cultivos de cebolla localizados en zonas tradicionalmente

frías, donde el ascenso térmico reciente ha permitido la presencia de *Spodoptera spp.* y *Delia platura* en altitudes donde previamente su incidencia era baja o nula.

De manera complementaria, la irregularidad de las precipitaciones con años de sequía intensificada alternados con periodos breves de lluvias torrenciales genera estrés hídrico en los cultivos y modifica la susceptibilidad de las plantas a los ataques biológicos. Zayan (2019) señala que el estrés hídrico reduce la actividad fisiológica y metabólica de las plantas, debilitando sus mecanismos de defensa y aumentando la probabilidad de infestación. En Arequipa, este fenómeno puede explicar la mayor sensibilidad de la cebolla durante los años con menor humedad acumulada, particularmente frente a *Thrips tabaci*, especie que además incrementa su capacidad reproductiva en climas secos (Skendžić et al., 2021). Asimismo, lluvias intensas registradas en periodos aislados tienen el potencial de disminuir plagas pequeñas, como pulgones o moscas blancas, pero benefician en el corto plazo la proliferación de patógenos de suelo, lo que coincide con reportes de Pathak et al. (2012).

En este contexto, la evolución registrada de las plagas en Arequipa no solo representa una respuesta individual a factores climáticos, sino una reconfiguración sistémica de las interacciones ecológicas en los agroecosistemas locales. Como advierten Jactel et al. (2019) y Harvey et al. (2020), los impactos del cambio climático sobre las plagas no pueden entenderse sin considerar simultáneamente la respuesta de depredadores, parasitoides y de la planta hospedera. La mayor alteración térmica en el valle de Vítor, La Joya y zonas cercanas afecta la sincronía entre enemigos naturales y plagas, reduciendo la efectividad del control biológico y favoreciendo a aquellos insectos más generalistas que toleran mayores rangos térmicos. Finalmente, los patrones observados en Arequipa son coherentes con las proyecciones globales sintetizadas por Schneider et al. (2022), quienes concluyen que los incrementos de temperatura y la variabilidad de humedad tienden a favorecer mayor abundancia, diversidad y agresividad de plagas en regiones agrícolas de clima templado-seco. Esto respalda la necesidad de incorporar criterios de adaptación específicos, ya que la tendencia muestra que la evolución de las plagas continuará intensificándose en la medida en que el clima regional mantenga una trayectoria de calentamiento y reducción de la estacionalidad hídrica.



## 7. CONCLUSIONES

- El análisis de las variables meteorológicas evidencia cambios significativos en la dinámica climática de la provincia, caracterizados principalmente por un incremento gradual y sostenido de la temperatura media anual, acompañado por una disminución y mayor irregularidad en la distribución espacial y temporal de las precipitaciones. Este comportamiento se refleja en la expansión de zonas con temperaturas más altas incluso en sectores altoandinos y en la contracción de áreas con mayores aportes hídricos, donde las lluvias se vuelven más localizadas y menos frecuentes. Asimismo, la humedad relativa mantiene su estacionalidad pero con variaciones menos marcadas por las estaciones, lo que sugiere una moderación en la amplitud entre los periodos húmedo y seco. En conjunto al análisis espacial, se evidencia una alteración en la relación funcional entre estas variables, lo que representa un indicio consistente de la transición hacia un nuevo régimen climático en la provincia, asociado a condiciones más cálidas y secas en gran parte del territorio.
- El análisis de las principales plagas de la cebolla que nos brindó SENASA nos indica como afectan estas plagas al cultivo de cebolla como la afectación a las hojas, tallos, raíces, también nos indica que los nemátodos como *Aphelenchus spp.*, *Ditylenchus dipsaci* y *Pratylenchus sp.* muestran una mayor incidencia con una humedad y temperatura elevada. Por su parte los hongos como *Sclerotium cepivorum*, *Cladosporium allii*, *Peronospora destructor*, *Urocystis cepulae*, *Oidium*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* prosperan en una temperatura media un rango de 17°C a 30°C y con una humedad alta.
- La influencia del cambio climático observada en la provincia de Arequipa está principalmente caracterizada por el incremento progresivo de la temperatura media anual y la reducción e irregularidad de la precipitación, junto con una estacionalidad de la humedad menos marcada, lo que propicia un escenario que favorece la persistencia y proliferación de diversas plagas agrícolas sensibles a estos factores ambientales. De esta forma, el cambio climático no solo altera la dinámica agroecológica local, sino que incrementa la vulnerabilidad sanitaria de los cultivos, ampliando las ventanas de riesgo, intensificando los brotes y elevando la presión fitosanitaria sobre los sistemas agrícolas de la región.

- La propuesta de adaptación planteada contribuye directamente al fortalecimiento de la resiliencia agrícola frente a la influencia del cambio climático en la proliferación de plagas de cebolla en la región de Arequipa, mediante estrategias basadas en el manejo integrado, la vigilancia climática y la optimización de prácticas culturales y sanitarias. Al incorporar el monitoreo climático como herramienta preventiva, la articulación con sistemas de alerta temprana y la promoción de prácticas sostenibles de manejo fitosanitario, esta propuesta se alinea con los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Perú, que prioriza la reducción de vulnerabilidades en sectores productivos estratégicos y el fortalecimiento de capacidades locales.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda fortalecer los sistemas locales de monitoreo climático, priorizando la ampliación y soporte de estaciones meteorológicas en zonas altoandinas, con el fin de reducir vacíos de información y mejorar la capacidad de detección de anomalías y tendencias a escala territorial. Es indispensable promover la interoperabilidad entre los registros de SENAMHI y plataformas del estado, incorporando metodologías de análisis continuo a través de herramientas estadísticas y modelos de interpolación que permitan caracterizar con mayor precisión la variabilidad intra e interanual de la temperatura, precipitación y humedad relativa.
- Es necesario fomentar estrategias de manejo integrado que combinen prácticas preventivas, diagnóstico oportuno y control biológico cuando sea posible, orientando a las comunidades agrícolas hacia una adaptación progresiva frente a escenarios climáticos cada vez más cálidos y variables. Esto permitirá reducir pérdidas, disminuir costos de control y fortalecer la resiliencia agrícola frente al avance del cambio climático en Arequipa.
- Las instituciones que estén involucradas en la agricultura deben tener mayor monitoreo sobre las plagas de los cultivos teniendo datos de que plagas nuevas aparecen en los cultivos, el porcentaje de plagas que aumentaron en los cultivos ya sea por temporadas o por años.

**REFERENCIAS**

- Acheampong, M. A., Coombes, C. A., Moore, S. D., & Hill, M. P. (2020). Temperature tolerance and humidity requirements of select entomopathogenic fungal isolates for future use in citrus IPM programmes. *Journal of invertebrate pathology*, 174, 107436. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107436>.
- Ahmed, N., & Turchini, G. M. (2021). Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. *Journal of Cleaner production*, 297, 126604. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126604>.
- Al-doski, J., Mansor, S. B., Shafri, H. Z. B. M., & Zulhaidi, H. (2016). Thermal imaging for pests detecting-a review. *Int. J. Agric. For. Plant*, 2, 10-30.
- Alexandridis, N., Feit, B., Kihara, J., Luttermoser, T., May, W., Midega, C. A. O., Öborn, I., Poveda, K., Sileshi, G. W., Zewdie, B., Clough, Y., & Jonsson, M. (2023). Climate change and ecological intensification of agriculture in Sub-Saharan Africa – A systems approach to predict maize yield under push-pull technology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 352, 108511. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108511>
- Altermatt, F. (2009). Climatic warming increases voltinism in European butterflies and moths. *Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1685), 1281-1287. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1910>
- Arias Huachamber, E. J. (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. [Tesis de título]. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4382>.
- Atencio Diaz, K. R. (2019). Control de plagas en el almacenamiento de arroz (*Oryza sativa*) en Sullana, Lima y Arequipa en el período 2017 [Tesis de título]. Universidad Le Cordon Bleu. <https://hdl.handle.net/20.500.14546/60>.
- Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., ... & Whittaker, J. B. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of

- rising temperature on insect herbivores. *Global change biology*, 8(1), 1-16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x>.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) & Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2014). La economía del cambio climático en el Perú. BID; CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/37419>.
- Bao, L., Yu, L., Li, Y., Yan, F., Lyne, V., & Ren, C. (2023). Climate Change Impacts on Agroecosystems in China: Processes, Mechanisms and Prospects. *Chinese Geographical Science*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11769-023-1362-0>.
- Basallote-Ureba, MJ, Prados-Ligero, AM y Melero-Vara, JM (1999). Etiología de la mancha foliar del ajo y la cebolla causada por *Stemphylium vesicarium* en España. *Patol de plantas*. 48:139-145. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1999.00313.x>
- Batool, A., Ahmad, S., Waseem, A., Kartal, V., Ali, Z., & Mohsin, M. (2025). Evaluating variogram models and kriging approaches for analyzing spatial trends in precipitation simulations from global climate models. *Acta Geophysica*, 1-21.
- Bernal, J. S. & R. F. Medina. (2018). Agriculture sows pests: how crop domestication, host shifts, and agricultural intensification can create insect pests from herbivores. *Current Opinion in Insect Science*, Vol. 26, pp. 76-81. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.01.008>
- Bigirimana, J., Uzayisenga, B., & Gut, L. J. (2019). Population distribution and density of *Antestiopsis thunbergii* (Hemiptera: pentatomidae) in the coffee growing regions of Rwanda in relation to climatic variables. *Crop Protection*, 122, 136-141. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.04.029>
- Bonifacio, A. (2023). El tarwi silvestre contribuye a mejorar el rendimiento de la quinua y el paisaje en zonas áridas del Altiplano de Bolivia: "El tarwi silvestre mejora el suelo y la quinua produce bien". *LEISA revista de agroecología*, 38(2), 24-27.
- Booth C. (1971). The Genus *Fusarium*. *Commonwealth Mycological Institute*, Kew, Surrey, UK. England

- Brenes BM. (1996). Epidemiología y manejo de la mustia hilachosa del frijol común causada por *Rhizoctonia solani*. San José, CR.
- BREWSTER, J., (2008). Onions and other vegetable alliums. 2nd Edition. *Crop Production Science in Horticulture Series*. Wallingford: CAB International. 432p. Reino Unido.
- Canales, A. (2014). Planificación local frente al cambio climático en Arequipa. *Consortio de Investigación Económica y Social*. [https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2018/12/planificacion\\_local\\_frente\\_cambio\\_climatico\\_en\\_arequipa.pdf](https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2018/12/planificacion_local_frente_cambio_climatico_en_arequipa.pdf)
- Carpio Coa, A. L. (2019). Evaluación de la fauna insectil de la cebolla (*Allium cepa* L.) cv. “Roja de Camaná” en tres zonas de la provincia de Camaná [Trabajo de investigación]. Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11251>.
- Carranza Arévalo, G. E. (2020). Predicción de los efectos del cambio climático sobre el daño potencial de una especie de cogollero en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en la provincia de Tungurahua. [Tesis de maestría]. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31415>
- Castro-López, M. A., & Martínez-Osorio, J. W. (2021). *Allium cepa* L. responses when *Gaeolaelaps aculeifer* Canestrini and *Parasitus bituberosus* Karg are used to control *Thrips tabaci* Lindeman. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 15(1). <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i1.11001>
- Caulfield F., Bunce JA. (1994) La concentración elevada de dióxido de carbono atmosférico afecta las interacciones entre las larvas de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) y dos especies de plantas hospedantes al aire libre. *Environ. Entomol.* 1994; 23 :999–1005. doi: 10.1093/ee/23.4.999.
- CENEPRED (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

CMNUCC. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.  
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), (2014). La economía del cambio climático en el Perú. <https://hdl.handle.net/11362/37419>

Cueto, T. (2017). Situación fitosanitaria de la cebolla roja (*Allium cepa*), en Barranca. [Tesis de título]. Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/2958>

de Lima Moraes, A. G., Watkins, A. H., Brecheisen, Z., Bowling, L. C., Caceres, J. P. P., Novoa, H. M., & Cherkauer, K. A. (2023). The fast-changing climate reality of Arequipa, Peru. *International Journal of Climatology*, 43(2), 979-995.  
<https://doi.org/10.1002/joc.7855>

Deguine, J. P., Aubertot, J. N., Flor, R. J., Lescouret, F., Wyckhuys, K. A., & Ratnadass, A. (2021). Integrated pest management: good intentions, hard realities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(3), 38. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00689-w>.

Del Carpio Salas, M. A. (2020). Incremento de la productividad de la chala forrajera mediante el uso de biofertilizante producido con lacto suero de la planta de derivados lácteos más estiércol de vacunos de los socios de la CAL ASPAM-Arequipa. [Tesis de maestría]. Universidad Católica de Santa María.  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10269>.

Descombes, P., Pitteloud, C., Glauser, G., Defosse, E., Kergunteuil, A., Allard, P., Rasmann, S., & Pellissier, L. (2020). Novel trophic interactions under climate change promote alpine plant coexistence. *Science*, 370(6523), 1469-1473.  
<https://doi.org/10.1126/science.abd7015>

Dukes, J. S., Pontius, J., Orwig, D., Garnas, J. R., Rodgers, V. L., Brazeal, N., ... & Ayres, M. (2009). Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forests of northeastern North America: what can we predict?. *Canadian journal of forest research*, 39(2), 231-248. <https://doi.org/10.1139/X08-171>.

- Dwivedi, P. K., Tripathi, R. A., Mishra, S. P., Tripathi, S., Kumar, M., Panday, A. K., ... & Tiwari, S. K. (2022). Impact of planting dates on *Thrips tabaci* Lindeman infestation and yield in onion (*Allium cepa* L.) in central India. *The Journal of Phytopharmacology*, 11(2), 97-100. <https://doi.org/10.31254/phyto.2022.11208>
- Escobal, J., Fort, R., & Zegarra, E. (2015). Agricultura peruana: nuevas miradas desde el Censo agropecuario. *Grupo de Análisis para el Desarrollo*. <https://hdl.handle.net/20.500.12820/74>.
- Flores P, Gamarra H, Panchi N, Fonseca C, Carhuapoma P, Pradel W, Gonzalez MA, Rodriguez H, Velasco C. (2020). Mapas de riesgo: herramienta para la toma de decisiones en el control de plagas frente al cambio climático. *CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS)*. <https://hdl.handle.net/10568/111451>
- Food and Agriculture Organization. (2016). Vigilancia Fitosanitaria. <http://www.fao.org/3/ca3764es/ca3764es.pdf>
- Garrett, K. A., Dobson, A. D. M., Kroschel, J., Natarajan, B., Orlandini, S., Tonnang, H. E., & Valdivia, C. (2013). The effects of climate variability and the color of weather time series on agricultural diseases and pests, and on decisions for their management. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 216-227. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.04.018>.
- Gaxiola Serrano, F. (2024). Efecto de cubierta de agribón (polipropileno) en el control de enfermedades en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.). [http://tesis.uas.edu.mx/handle/DGB\\_UAS/774](http://tesis.uas.edu.mx/handle/DGB_UAS/774)
- Guzmán, S. P., Solazar, P., Tróchez-P, A., & De la Cruz, J. (1996). Ciclo de vida, hábitos y comportamiento de *Thrips tabaci* Lindeman en cebolla de bulbo (*Allium cepa*)\*. *Revista Colombiana de Entomología*, 22(2), 93-98. <https://doi.org/10.25100/socolen.v22i2.9928>
- Harvey, J. A., Heinen, R., Gols, R., & Thakur, M. P. (2020). Climate change-mediated temperature extremes and insects: From outbreaks to breakdowns. *Global Change Biology*, 26(12), 6685-6701. <https://doi.org/10.1111/gcb.15377>

- Hío, J. C. (2006). Las enfermedades más limitantes en la producción de cebolla de rama (*Allium fistulosum*) en Aquitania (Boyacá). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17513>
- INTA. (2016). Guía de la enfermedad de las Cebollas/enfermedades bacterianas.
- IPCC. (2007). Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. *Summary for Policymakers*, 23 pp.
- Jactel, H., Koricheva, J., & Castagnyrol, B. (2019). Responses of forest insect pests to climate change: Not so simple. *Current opinion in insect science*, 35, 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.07.010>
- Jiménez, E. (2009). Métodos de control de Plagas. Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10J61me.pdf>
- Jiménez, J., Andersson, B., Wiik, L., & Zhan, J. (2023). Modelling potato yield losses caused by phytophthora infestans: aspects of disease growth rate, infection time and temperature under climate change. *Field Crops Research*, 299, 108977. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108977>
- Kocmánková, E., Trnka, M., Eitzinger, J., Formayer, H., Dubrovský, M., Semerádová, D., Žalud, Z., Juroch, J., & Možný, M. (2010). Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests in the Central European region. *Climate Research*, 44(1), 95-105. <https://doi.org/10.3354/cr00905>
- Kocmánková, E., Trnka, M., Juroch, J., Dubrovský, M., Semerádová, D., Možný, M., & Žalud, Z. (2009). Impact of climate change on the occurrence and activity of harmful organisms. *Plant Protection Science*, 45(Special Issue), Impact-of. <https://doi.org/10.17221/2835-PPS>
- Lane, A. & Jarvis, A. (2007) Changes in climate will modify the geography of crop suitability: agricultural biodiversity can help with adaptation. *SAT EJournal*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.3914/ICRISAT.0094>.
- Lee, D., Shin, J., Song, Y., Chang, H., Cho, H., Park, J., & Hong, J. (2022). The development process and significance of the 3rd National Climate Change Adaptation Plan (2021–

- 2025) of the Republic of Korea. *Science of The Total Environment*, 818, 151728. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151728>.
- Lehmann, P., Ammunét, T., Barton, M., Battisti, A., Eigenbrode, S. D., Jepsen, J. U., ... & Björkman, C. (2020). Complex responses of global insect pests to climate warming. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(3), 141-150. <https://doi.org/10.1002/fee.2160>.
- LMCC (2018). Ley Marco Sobre Cambio Climático. Presidente de la República del Perú. Ley N.º 30754.
- Liu, Y., & Chen, J. (2021). Future global socioeconomic risk to droughts based on estimates of hazard, exposure, and vulnerability in a changing climate. *Science of the total environment*, 751, 142159. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142159>
- Lozada, A. y Zurita, H. (2019). Evaluación de productos orgánicos para el control de araña roja (*Tetranychusurticae koch*) en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*). Universidad de Ambato, Ecuador. *Centro sur Agraria*, 1(3), 1–6. <https://doi.org/10.37959/cs.v1i3.11>.
- Ma, G., & Ma, C. S. (2022). Potential distribution of invasive crop pests under climate change: incorporating mitigation responses of insects into prediction models. *Current Opinion in Insect Science*, 49, 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.10.006>.
- Manisha, K. (2012). “Efectos de especies fúngicas: *Cladosporium*”. *Revista Iberoamérica*, 8(5): 14 p
- Marcuzzo, L.L.; Vaz Moraes, J.C. (2017). Efeito da temperatura e do fotoperíodo na germinação in vitro de esporângios de *Peronospora destructor*, agente etiológico do míldio da cebola. *Summa Phytopathologica*. 44(1):92-93
- Marengo, J., Obregón, G., & Valverde, M. (2008). Cambio climático en Arequipa: Impactos, evaluaciones de vulnerabilidad y medidas de adaptación. *Centro de Ciências do Sistema Terrestre-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CCST/INPE)*. <https://www.researchgate.net/publication/328615247>.
- Mendoza Pacco, A. M. (2015). Evaluación de Dos Estrategias Etológicas para la Captura del Gusano Ejército (*Spodoptera Eridania Cramer*), en el Cultivo de Alfalfa (*Medicago*

- Sativa L*), en la Irrigación de Majes 2013. [Tesis de título]. Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10269>.
- MINAGRI, 2016. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2015. Recuperado de: [http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario\\_produccion\\_agricola\\_ganadera2015.pdf](http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario_produccion_agricola_ganadera2015.pdf)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) (2017). Ficha técnica: Cultivo de la cebolla (datos de producción 2017 y rendimientos regionales). *Repositorio MIDAGRI*. <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/621/1/ficha-tecnica17-cultivo-cebolla%20%281%29.pdf>
- Minaya, O. I. (2019). Agrobiodiversidad vegetal, riesgos climáticos y sistemas alimentarios en el centro poblado Huyro de la cuenca del río Lucumayo, región Cusco-Perú. [Tesis de título]. Universidad Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4185>.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). Requerimientos agroclimáticos del cultivo de cebolla. MIDAGRI. <http://repositorio.minagri.gob.pe:80/jspui/handle/MINAGRI/231>
- Mondragón Denegri, L. P. (2016). Informe de trabajo: control integrado de plagas en cultivo de olivo (*Olea Europea L.*) en el distrito de Bella Unión, Provincia de Caraveli, Región Arequipa. [Tesis de título]. Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/5853>
- Morales Carías, A. (2017). Prospección de nemátodos fitoparásitos de cebolla y su relación con *Fusarium oxysporum F. sp cepae* en el Valle de Asunción Mita, Jutiapa. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2017/06/03/Morales-Adilio.pdf>
- Nakato, G. V., Okonya, J. S., Kantungeko, D., Ocimati, W., Mahuku, G., Legg, J. P., & Blomme, G. (2023). Influence of altitude as a proxy for temperature on key Musa pests and diseases in watershed areas of Burundi and Rwanda. *Heliyon*, 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13854>

- Negash, B., Azerefege, F., & Ayalew, G. (2024). Seasonal variations of onion thrips, *Thrips tabaci* (L.) on onion in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2385195.
- Nelson P.E. (1991). History of *Fusarium* systematics. *Phytopathology*. 81: 1045–1048
- NEVAL. (2018). *Aphelenchus spp.* Laboratorio de Nematología NEVAL More than Labs. València, España.
- Nielsen, K. (2003). Mycotoxin production by indoor molds, *Fungal Genetics and Biology*, Volume 39, Issue 2. Pages 103-117. ISSN1087-1845. [https://doi.org/10.1016/S1087-1845\(03\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S1087-1845(03)00026-4).
- Ohba, M. (2021). Precipitation under climate change. In *Precipitation* (pp. 21-51). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822699-5.00002-1>
- Organización Meteorológica Mundial (2021). Estado del clima en América Latina y el Caribe 2021. *Organización Meteorológica Mundial*.
- Owen, G. (2020). What makes climate change adaptation effective? A systematic review of the literature. *Global Environmental Change*, 62, 102071. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102071>.
- Palomino Vildoso, G. (2017). Estudio de Impacto de las Exportaciones del Sector Agrícola No Tradicional en la Región Arequipa Durante el Periodo 2010-2014. [Tesis de título]. Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6724>.
- Paredes Guevara, B. P. (2023). Evaluación del efecto protector de Poli-Dglucosamina sobre el *Oidium sp* en *Rubus glaucus* Benth (Bachelor's thesis). Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39755>
- Pariona, D., Higaonna, C., & Matos, B. (2001). Enfermedades en hortalizas. INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/e18330c8-f9a8-4a12-a714-5996d4419b31/content>

- Parry, M. L. (2019). *Climate change and world agriculture*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429345104>.
- Pathak, H., Aggarwal, P. K., & Singh, S. D. (2012). Climate change impact, adaptation and mitigation in agriculture: methodology for assessment and applications. *Indian Agricultural Research Institute*, New Delhi, 302. <https://hdl.handle.net/10568/42048>.
- Pathak, T. B., Maskey, M. L., & Rijal, J. (2021). Impact of climate change on navel orangeworm, a major pest of tree nuts in California. *Science of The Total Environment*, 755, 142657. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142657>.
- Pathak, T. B., Maskey, M. L., & Rijal, J. P. (2021). Impact of climate change on navel orangeworm, a major pest of tree nuts in California. *Science of The Total Environment*, 755, 142657. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142657>.
- Ponce, C. (2020). Intra-seasonal climate variability and crop Diversification Strategies in the Peruvian Andes: A word of caution on the sustainability of adaptation to climate change. *World Development*, 127, 104740. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104740>.
- Portela-Dussán, D. D., Chaparro-Giraldo, A., & López-Pazos, S. A. (s. f.). *Bacillus thuringiensis: en el manejo del agente de la pudrición blanda de la papa Erwinia carotovora*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702013000200005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702013000200005)
- Qin, Q., Wu, Z., Zhang, T., Sagan, V., Zhang, Z., Zhang, Y., ... & Zhao, C. (2021). Optical and thermal remote sensing for monitoring agricultural drought. *Remote Sensing*, 13(24), 5092.
- Ramos, F., Bautista, A., Sotelo, H. (2017). Relación de la temperatura y humedad relativa con el brote del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), 713-720. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.44>
- Ramsfield, T. D., Bentz, B. J., Faccoli, M., Jactel, H., & Brockerhoff, E. G. (2016). Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect

- and pathogen impacts. *Forestry*, 89(3), 245-252.  
<https://doi.org/10.1093/forestry/cpw018>.
- Rao, M. S., Rao, C. A. R., Sreelakshmi, P., Islam, A., Rao, A. V. R. K., Chary, G. R., & Bhaskar, S. (2020). Pest scenario of *Spodoptera litura* (Fab.) on groundnut under Representative Concentration Pathways (RCPS) based climate change scenarios. *Journal of Thermal Biology*, 94, 102749.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102749>.
- Rawal, S. (2020). A review on root-knot nematode infestation and its management practices through different approaches in tomato. *Tropical Agroecosystems (TAEC)*, 1(2), 92-96.  
<http://doi.org/10.26480/taec.02.2020.92.96>.
- Roberts, M., Gilligan, C. A., Kleczkowski, A., Hanley, N., Whalley, A. E., & Healey, J. R. (2020). The effect of forest management options on forest resilience to pathogens. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3, 7. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00007>.
- Salluzzi Vargas, F. A. (2025). Competitividad de los productores de cebolla y su influencia en el desarrollo local del distrito de Ilabaya departamento de Tacna, 2023. [Tesis de título]. Universidad Privada de Tacna. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/4231>.
- Sánchez K. y Almaguer M. (2014). Aeromicología y salud humana. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. 66(3),322–337.
- Schneider, L., Rebetez, M., & Rasmann, S. (2022). The effect of climate change on invasive crop pests across biomes. *Current Opinion in Insect Science*, 50, 100895.  
<https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100895>.
- SENASA. (2023a). Información institucional. Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú - Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/senasa/institucional>
- SENASA. (2023b). SENASA mantiene atención de ocurrencia de plagas en todo el país - SENASA al día. SENASA Contigo. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/senasa-mantiene-atencion-de-ocurrencia-de-plagas-en-todo-el-pais/>
- Shrestha, S. (2019). Effects of climate change in agricultural insect pest. *Acta Scientific Agriculture*, 3(12), 74-80. <https://doi.org/10.31080/ASAG.2019.03.0727>.

- SIEA, Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (2023). Perfil productivo de los principales cultivos del sector. *Lima: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*.  
[https://siea.midagri.gob.pe/portal/siea\\_bi/index.html](https://siea.midagri.gob.pe/portal/siea_bi/index.html)
- Sinha P., Rizvi G. & Parashar R. (2018). Management of wilt disease of pulses: a review. *Int J Pure Appl Biosci*. 6: 696-708.
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, 12(5), 440.  
<https://doi.org/10.3390/insects12050440>
- Song, Y., Linderholm, H. W., Luo, Y., Xu, J., & Zhou, G. (2020). Climatic causes of maize production loss under global warming in Northeast China. *Sustainability*, 12(18), 7829.  
<https://doi.org/10.3390/su12187829>.
- Subedi, B., Poudel, A., & Aryal, S. (2023). The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100733.  
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100733>.
- Taylor, R. A., Ryan, S. J., Lippi, C. A., Hall, D. G., Narouei-Khandan, H. A., Rohr, J. R., & Johnson, L. R. (2019). Predicting the fundamental thermal niche of crop pests and diseases in a changing world: a case study on citrus greening. *Journal of Applied Ecology*, 56(8), 2057-2068. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13455>.
- TecnoAgro (2012). Trips (*Trips tabaci*) de la cebolla.  
<https://tecnoagro.com.mx/revista/2012/no-79/trips-trips-tabaci-de-la-cebolla>.
- Tonnang, H. E., Sokame, B. M., Abdel-Rahman, E. M., & Dubois, T. (2022). Measuring and modelling crop yield losses due to invasive insect pests under climate change. *Current Opinion in Insect Science*, 50, 100873. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100873>.
- Urrutia, R. and Vuille, M. (2009). Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate change model: Temperature and precipitation simulations for the 21st century. *Journal of Geophysical Research*, 114, 1-15.  
<https://doi.org/10.1029/2008JD011021>

- Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. Banco Central de Reserva del Perú. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>
- Venturini, A. (2022). Climate change, risk factors and stock returns: A review of the literature. *International Review of Financial Analysis*, 79, 101934. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101934>
- Vitasse, Y., Ursenbacher, S., Klein, G., Bohnenstengel, T., Chittaro, Y., Delestrade, A., Monnerat, C., Rebetez, M., Rixen, C., Strebel, N., Schmidt, B. R., Wipf, S., Wohlgemuth, T., Yoccoz, N. G., & Lenoir, J. (2021). Phenological and elevational shifts of plants, animals and fungi under climate change in the E Uropean A LPS. *Biological Reviews*, 96(5), 1816-1835. <https://doi.org/10.1111/brv.12727>
- Walter, J. A., Ives, A. R., Tooker, J. F., & Johnson, D. M. (2018). Life history and habitat explain variation among insect pest populations subject to global change. *Ecosphere*, 9(5). <https://doi.org/10.1002/ecs2.2274>
- Xian, X., Hong-Yan, Z., Guo, J., Zhang, G., Hui, L., Liu, W., & Wan, F. (2023). Estimation of the potential geographical distribution of a new potato pest (*Schrankia costaestrigalis*) in China under climate change. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(8), 2441-2455. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.023>.
- Xu, D., Li, X., Jin, Y., Zhuo, Z., Yang, H., Hu, J., & Wang, R. (2020). Influence of climatic factors on the potential distribution of pest heortia vitessoides moore in China. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01107. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01107>.
- Yadav, K., Bharti, L., & Chaubey, A. K. (2023). Effect of Phytoparasitic Nematodes on Agricultural Yield: Current Progress and Challenges. En *Nematode-Plant Interactions and Controlling Infection*, 62-84 pp. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8083-0.ch004>.
- Yanapa Soncco, H. (2023). Efecto de niveles de fertilización nitrógeno, fósforo y azufre en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.) en Camacani Puno-Perú. [Tesis de título]. Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20919>

Yuan, L., Bao, Z., Zhang, H., Zhang, Y., & Liu, X. (2017). Habitat monitoring to evaluate crop disease and pest distributions based on multi-source satellite remote sensing imagery. *Optik*, 145, 66-73. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.06.071>.

Zayan, S. A. (2019). Impact of climate change on plant diseases and IPM strategies. In *Plant Diseases-Current Threats and Management Trends. IntechOpen*.



## ANEXOS

### **ANEXO 1. Formulación de la propuesta de adaptación a la influencia del cambio climático en el incremento de plagas de cebolla (*Allium cepa* L.) en la provincia de Arequipa.**

#### **1. Objetivos y Alcance**

Esta propuesta procura fortalecer la capacidad de moderar y reducir los efectos negativos que el cambio climático puede tener en la agricultura, la salud pública y el medio ambiente. De esta forma, al desarrollar estrategias específicas para controlar y prevenir la proliferación de plagas de cebolla en un contexto de cambio global, se busca garantizar la seguridad alimentaria, la biodiversidad y la salud de la población.

##### **a) Objetivo general**

- Contribuir satisfactoriamente al cumplimiento del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático mediante estrategias efectivas para abordar el incremento de plagas de la cebolla como consecuencia relevante en las áreas de salud, agricultura y medio ambiente.

##### **b) Objetivos específicos**

- Formular estrategias efectivas para el incremento de resiliencia de los sistemas agrícolas y ecosistemas vulnerables frente al incremento de plagas de la cebolla asociado a la influencia del cambio climático entre los años 2008 al 2023.
- Proponer vías de implementación efectivas y escalables de las estrategias identificadas considerando la viabilidad ambiental, económica y social; así como sus oportunidades y limitaciones.
- Elaborar un plan de monitoreo y evaluación integral para el cumplimiento y fortalecimiento de implementación de las estrategias propuestas.
- Identificar mecanismos de financiamiento que aseguren la continuidad de las acciones de manera equitativa y justa para todas las partes interesadas.
- Determinar el plan de comunicación a los actores clave, incluyendo agricultores, comunidades locales y autoridades, sobre la importancia de la adaptación a los cambios en los patrones de plagas inducidos por el cambio climático, promoviendo la adopción de prácticas sustentables.

**c) Alcance**

El alcance geográfico abarca la provincia de Arequipa, donde se llevarán a cabo medidas propuestas de control de plagas de cebolla para abordar los desafíos derivados del cambio climático. Se prevé la colaboración activa de entidades gubernamentales, organizaciones especializadas en agricultura sostenible y la participación activa de la población local en la formulación e implementación de estrategias efectivas. La coordinación entre estos actores será fundamental para garantizar el éxito de las acciones propuestas y para lograr un impacto positivo en la mitigación de los efectos del aumento de las plagas y sus riesgos asociados.

**2. Antecedentes**

**a) Marco normativo**

El marco normativo de esta propuesta incluye un conjunto de leyes, normativas y políticas que establecen las bases legales y directrices para abordar eficazmente el incremento de plagas a consecuencia del cambio climático en Arequipa. Su propósito es definir responsabilidades, coordinar acciones, establecer protocolos de monitoreo y promover prácticas sostenibles.

**Tabla 14.**

*Marco normativo de la Propuesta de Adaptación*

Ámbito	Tipo de normativa	Título / Año	Relevancia para la propuesta
Internacional	Acuerdo	Acuerdo de París (1916)	El acuerdo de París proporciona un marco de referencia global para la acción climática y establece objetivos ambiciosos para limitar el calentamiento global, donde Perú está en el compromiso nacional para reducir las emisiones de gases de

efecto invernadero y adaptarse al cambio climático.

Protocolo	Protocolo de Kioto (1997)	El protocolo de Kioto tiene como objetivo abordar el cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Se puede examinar las lecciones aprendidas de la implementación del Protocolo de Kioto y cómo estas lecciones pueden aplicarse en el contexto de la adaptación al cambio climático y la gestión de plagas en Arequipa. Incluye también aspectos relacionados con la cooperación internacional, la financiación climática y las políticas de cambio climático.
-----------	---------------------------	---

Convención	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1994)	La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático es un tratado internacional que establece el marco general para abordar el cambio climático a nivel global. Su inclusión demuestra la relevancia de la investigación en el contexto de un problema global y permite examinar cómo los compromisos y acuerdos internacionales influyen en las estrategias de adaptación a nivel local en Arequipa.
------------	---	---

	<p>Compromiso Desarrollo Sostenible (2016)</p>	<p>Objetivos de</p>	<p>Estos objetivos se han convertido en un marco importante para abordar los desafíos globales, incluyendo el cambio climático y la seguridad alimentaria. Los siguientes ODS tienen una relación con el trabajo de investigación: ODS 2 (Hambre Cero): Este objetivo se enfoca en garantizar la seguridad alimentaria y promover la agricultura sostenible. ODS 13 (Acción por el Clima) Este objetivo se centra en tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos. ODS 1 (Fin de la Pobreza) y ODS 11(Ciudades y Comunidades Sostenibles): El cambio climático puede agravar la pobreza y la vulnerabilidad de las comunidades locales. ODS 17 (Alianzas para lograr los Objetivos): Este objetivo enfatiza la importancia de la cooperación entre gobiernos, sector privado y sociedad civil.</p>
<p>Nacional</p>	<p>Normativa nacional</p>	<p>Constitución Política del Perú (1993)</p>	<p>Es la norma de mayor jerarquía e importancia dentro del estado peruano, abarca los derechos fundamentales de la persona humana. El Art. 2 Inciso 22 establece el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.</p>

Ley	Ley N°28611, Marco Legal Integral: La Ley General del Ambiente (2005)	La Ley General del Ambiente proporciona un marco legal integral para la gestión ambiental en Perú. Establece las bases legales para la toma de decisiones y la implementación de políticas y acciones de adaptación. La Ley General del Ambiente promueve el desarrollo sostenible, que es esencial para abordar los desafíos del cambio climático y así proponer medidas de adaptación que estén en línea con los principios de sostenibilidad y conservación de los recursos naturales.
Ley	Ley marco sobre cambio climático N° 30754 (2018)	La Ley Marco sobre Cambio Climático tiene por objeto establecer los principios, enfoques y disposiciones generales para coordinar, articular, diseñar, ejecutar, reportar, monitorear, evaluar y difundir las políticas públicas para la gestión integral, participativa y transparente de las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, a fin de reducir la vulnerabilidad del país al cambio climático
Resolución Ministerial	Plan de acción de adaptación y mitigación	La resolución establece un plan de acción oficial del gobierno peruano para abordar el cambio climático.

frente al cambio climático

RESOLUCIÓN  
N  
MINISTERIA  
L N° 238-  
2010-MINAM

Esto demuestra el compromiso del gobierno en la mitigación de los efectos del cambio climático y la adaptación a sus impactos. El plan aborda tanto la mitigación como la adaptación al cambio climático. Es importante ya que el cambio climático tiene efectos a largo plazo que requieren reducción de emisiones (mitigación) y efectos inmediatos que requieren adaptación, como el aumento de plagas. Además, la resolución proporciona las áreas prioritarias de acción en relación con el cambio climático y la gestión de plagas de la cebolla en Arequipa, proporcionando orientación sobre dónde enfocar las investigaciones y propuestas.

Resolución Ministerial

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Perú:

En el Perú se dispone de un marco para planificar y llevar a cabo acciones de adaptación frente a los impactos del cambio climático. En este contexto, el Plan Nacional de Adaptación (NAP) es una herramienta que guía la adaptación al cambio climático, centrándose en disminuir la exposición y la vulnerabilidad, y en incrementar la capacidad de adaptación, con un enfoque en los años 2030 y 2050.

RESOLUCIÓN  
N  
MINISTERIA  
L N° 096-  
2021-MINAM

Ley	Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI LEY N° 24031 (2005)	El SENAMHI es la entidad encargada de recopilar, analizar y proporcionar datos meteorológicos e hidrológicos en el país. Estos datos son esenciales para comprender cómo el cambio climático ha afectado la provincia de Arequipa en términos de temperatura, precipitación, patrones climáticos y eventos extremos, todos los cuales influyen en la proliferación de plagas.
Ley	Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre (2015)	Proporciona el marco legal necesario para abordar los aspectos ambientales y de conservación de recursos naturales. Puede ser utilizada para respaldar argumentos y recomendaciones en la propuesta de adaptación a la influencia del cambio climático en el incremento de plagas en la Provincia de Arequipa.
Ley	Ley N° 27322, Ley Marco de Sanidad Agraria (2000)	Esta ley tiene como objetivo la prevención y control de plagas y enfermedades que representan riesgo para la sanidad agraria del país, se relaciona con el estudio ya que se

			involucra de cómo el cambio climático afecta a las plagas.
Decreto Supremo	DS N° 011-2015	La estrategia proporciona lineamientos y objetivos específicos para la adaptación al cambio climático en Perú. Estos objetivos sirven como referencia para evaluar las estrategias de adaptación en Arequipa y proponer mejoras alineadas a los nuevos desafíos emergentes.	
Regional	Ordenanza 472-	Ordenanza N.º 472-AREQUIPA: Ordenanza regional que aprueba la actualización de la estrategia regional de cambio climático en la región Arequipa 2019 - 2030 (2022)	Establece la estrategia de cambio climático para la Región Arequipa. Esto proporciona un marco normativo específico para abordar los desafíos relacionados con el cambio climático en la región, lo cual es fundamental para nuestro tema, ya que estás tratando de entender y proponer soluciones para un problema que se ve agravado por el cambio climático.
	Ordenanza 160 - 2012	Ordenanza N° 160 - 2012 - GRA: Política Regional del Ambiente de la	La Política Regional del Ambiente de la Región Arequipa establece un marco para la gestión ambiental en la región. El cambio climático y el aumento de plagas son problemas ambientales que requieren una

		Región Arequipa	gestión adecuada. Esta política regional puede proporcionar una base sólida para abordar estos problemas, ya que resalta la importancia de la sostenibilidad y la protección del ambiente.
Local	Ordenanza Municipal	OM N° 385 - 2006, Sistema Local de Gestión Ambiental de la Provincia de Arequipa	Esta ordenanza municipal nos menciona en fortalecer las acciones de prevención y control ambiental donde en nuestro trabajo buscamos la implementación de medidas de adaptación relevantes a nivel regional
	Ordenanza Municipal	OM N° 425 - 2006, Política Ambiental de la Provincia de Arequipa	La ordenanza promueve la gestión sostenible del medio ambiente en la provincia, en coordinación con los gobiernos locales y en línea con los programas internacionales de desarrollo sostenible.
	Ordenanza Municipal	OM N° 567 – 2008. Aprueba la Agenda Ambiental Local de la Provincia de Arequipa.	Esta ordenanza busca fortalecer los mecanismos con las instituciones locales en el ejercicio de funciones ambientales, el control de plagas debe de involucrar varias instituciones así se tendrá una gestión y control adecuado para afrontar los efectos del cambio climático en la proliferación de plagas en la región.

*Nota. Elaboración propia.*

**b) Actores y grupos de interés**

El mapeo de actores y grupos de interés involucra tanto a actores estatales como no estatales. Los actores estatales, como el Gobierno Regional y la Municipalidad Provincial de Arequipa, juegan un papel crucial en la implementación de medidas de adaptación, ya que tienen la capacidad de establecer políticas, asignar recursos y coordinar acciones a nivel institucional para abordar este desafío. Su participación es fundamental para garantizar el respaldo legal y financiero necesario para llevar a cabo las intervenciones propuestas.

Así mismo, se incluyen la Gerencia Regional de Agricultura, la Sociedad Agrícola de Arequipa y demás Asociaciones de Agricultores. Estos actores desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y la promoción del sector agrícola en la región, aportando conocimientos especializados, experiencia práctica y una visión integral de las necesidades y desafíos que enfrenta el sector.

Finalmente, la participación activa de la población local es esencial para el éxito de la propuesta, ya que son quienes conviven directamente con los efectos de las plagas en su entorno. Involucrar a la sociedad civil organizada, agricultores, comunidades rurales, la academia, al sector privado y otros actores locales en la planificación, implementación y monitoreo de las medidas de adaptación asegura su aceptación y cumplimiento.

**c) Adaptación al Cambio Climático**

La adaptación al cambio climático implica realizar cambios y ajustes en respuesta a las condiciones climáticas actuales o previstas, así como a sus impactos en el ambiente y en humanos (LMCC, 2018). Estos ajustes buscan moderar los posibles daños provocados por el cambio climático o buscar beneficio a los aspectos favorables que se puedan presentar. Se trata de un proceso dinámico y proactivo que busca fortalecer la resiliencia de los sistemas ante las consecuencias del cambio climático, tanto para reducir vulnerabilidades como para aprovechar oportunidades que puedan surgir en este nuevo contexto ambiental.

### 3. Diagnóstico del problema

#### a) Análisis de riesgos

- Peligro

El peligro es la situación, evento o incluso elemento que tiene potencial de causar algún daño o perjuicio. Además de identificarse la magnitud de su consecuencia, se caracteriza por la probabilidad de que se presente en un lugar específico con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos (CENEPRED, 2014).

En el contexto del cambio climático, el peligro suele estar asociado a tendencias o eventos vinculados al clima o a las consecuencias físicas derivadas de estos, ya que un clima en constante cambio ocasiona variaciones en la frecuencia, intensidad, alcance geográfico y duración de los fenómenos meteorológicos, llegando a ocasionar consecuencias imprevistas (SENAMHI, 2023).

Por otro lado, la proliferación imprevista o descontrolada de plagas representa un peligro directo para la agricultura, la salud pública y el medio ambiente en general. Pueden causar daños significativos a los cultivos, propiciar enfermedades transmitidas por vectores, entre otros problemas.

Con el fin de sintetizar los factores que pueden modificar a los peligros identificados, se deben caracterizar los factores condicionantes, siendo aquellas características del entorno que propician la magnitud del peligro; y los factores desencadenantes, aquellos cuya aparición dan inicio e intensidad al peligro (CENEPRED, 2014).

**Tabla 15.**

*Factores condicionantes y desencadenantes del peligro.*

<b>Peligro</b>	<b>Factores condicionantes</b>	<b>Factores desencadenantes</b>
Variabilidad climática	- Condiciones atmosféricas - Uso de suelo - Cobertura vegetal	- Variación de temperatura - Variación de incidencia de radiación solar

	- Ciclos naturales de precipitación	- Cambios en los patrones de precipitación	- Fenómenos meteorológicos atípicos como sequías	- Cambios en la circulación atmosférica
Proliferación de plagas de la cebolla	- Existencia y diversidad de controles biológicos	- Alteración en los ciclos biológicos y ecosistémicos (redes tróficas)	- Ciclos reproductivos	- Cambios bruscos de temperatura
	- Accesibilidad de alimento y recursos	- Condiciones climáticas apropiadas de supervivencia	- Reducción en el uso de pesticidas	

*Nota. Elaboración propia.*

- Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad de un individuo, comunidad, sistema o un entorno a sufrir daños, perturbaciones o efectos adversos debido a la exposición a peligros potenciales (CENEPRED, 2014). Siendo los peligros identificados la variabilidad climática y proliferación de plagas, la vulnerabilidad viene a ser representada por la sensibilidad de los sistemas a ser afectados por la ocurrencia de estos.

El incremento de plagas de cebolla debido al cambio climático puede exponer a los cultivos a daños significativos, especialmente en ecosistemas frágiles que podrían ver comprometido su equilibrio natural. Esta situación puede debilitar la resiliencia de los sistemas de producción agrícola, afectando a su vez a la seguridad alimentaria. De igual forma, la capacidad de respuesta de los agricultores se vuelve crucial ante la proliferación de plagas, además que factores como la pobreza, la asequibilidad a recursos y la dependencia de la agricultura pueden aumentar la vulnerabilidad de la población. Finalmente, el mercado agrícola se vuelve vulnerable a los daños ocasionados por la

pérdida de cultivos, lo que podría afectar la producción y la economía local si no se implementan medidas preventivas adecuadas.

- Riesgo

Finalmente, el riesgo es la probabilidad de ocurrencia y afectación del peligro en función a la vulnerabilidad del sistema o de la población. Para este caso, el riesgo se presenta cuando la ocurrencia de los factores desencadenantes de variabilidad climática y proliferación de plagas afecta directamente a los componentes vulnerables de Arequipa, cambiando su magnitud y consecuencia según su exposición, fragilidad y capacidad de resiliencia; los cuales vienen a estar determinados en gran parte por el ambiente según los factores condicionantes.

En cualquier caso, la gestión del riesgo se vuelve fundamental para reducir la vulnerabilidad de las comunidades y los ecosistemas. Medidas como la adopción de prácticas sostenibles, la planificación urbana resiliente al clima, la conservación de ecosistemas saludables y la implementación de estrategias de control de plagas pueden contribuir a la adaptación frente a los impactos adversos y fortalecer la capacidad de adaptación frente a estos peligros.

#### **b) Relación entre el cambio climático y la proliferación de plagas en Arequipa**

Los cultivos agrícolas con sus plagas que le corresponden se ven afectados directa e indirectamente por el cambio climático. Los impactos directos se ven reflejados en la reproducción, desarrollo, supervivencia y dispersión de las plagas, mientras que indirectamente se ven afectadas las relaciones entre las plagas, su entorno y otras especies de insectos como enemigos naturales, competidores, vectores y mutualistas.

Los insectos son organismos poiquilotérmicos; la temperatura de su cuerpo depende de la temperatura del medio ambiente. Por lo tanto, la temperatura es probablemente el principal factor ambiental que afecta el comportamiento, la distribución, el desarrollo y la reproducción de los insectos (Kocmánková et al., 2009). Es muy probable que los principales impulsores del cambio climático (aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico, aumento de la temperatura y disminución de la humedad del suelo) puedan afectar significativamente la dinámica poblacional de las plagas de insectos y, por lo tanto, el porcentaje de pérdidas

de cultivos. El cambio climático crea nuevos nichos ecológicos que dan oportunidades para que las plagas de insectos se establezcan y se propaguen en nuevas regiones geográficas y se desplacen de una región a otra. La complejidad de los efectos fisiológicos que ejercen el aumento de las temperaturas y el CO<sub>2</sub> puede afectar las interacciones entre los cultivos agrícolas y las plagas de insectos (Caulfield & Bunce, 1994). Por lo que los agricultores pueden esperar enfrentar nuevos e intensos problemas de plagas a futuro debido al cambio climático.

#### 4. Formulación e Implementación

##### 4.1. Formulación

La formulación de medidas preventivas nos permite minimizar la aparición y propagación de enfermedades que afectan su desarrollo y rendimiento. Como parte de medidas preventivas para evitar a las enfermedades en el cultivo se recomiendan:

- Uso de semillas en buenas condiciones fitosanitarias.
- Eliminación de plantas enfermas
- Limpieza de campos previa instalación del cultivo
- Adecuado control de riego
- Eliminación de malezas
- Control de insectos vectores

En todo cultivo se debe usar semillas certificadas que garanticen que estén libres de plagas, pero también hay ciertas plagas que tienen su propia recomendación.

- *Ditylechus dipsaci*: Desecar el suelo por tiempo prolongado puede reducir significativamente las poblaciones.
- *Peronospora destructor*: Los suelos deben tener buen drenaje y, los riegos controlados y ligeros para evitar alta humedad.
- *Sclerotium cepivorum*: Efectuar los cultivos, durante las épocas en que la temperatura del suelo sea superior a 22 °C.
- *Urocystis cepulae*; Eliminar las plantas enfermas dentro del cultivo, para evitar la diseminación de las esporas y la contaminación de las plantas a su alrededor.

Entre otras opciones se encuentra el uso de depredadores de estas plagas que no sean perjudiciales para el cultivo como los ácaros depredadores que puede alimentarse de nemátodos, larvas de mosca y colémbolos, ya se encuentran estudios donde en Colombia a una temperatura media de  $21\pm 3^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de  $60 \pm 15\%$  en cultivo de cebolla los ácaros *G. aculeifer* y *P. bituberosus* reducen la población del *Thrips tabaci* en un promedio de 75%.

Otros controladores biológicos que se recomiendan y no sean perjudicial para el cultivo de cebolla son los siguientes:

- *Thrips tabaci*: su controlador biológico es el *Orius insidiosus* aplicando una dosis de 10 millones/Ha. Este controlador biológico ataca a la plaga en cualquier fase que se encuentre, sujeta a su presa con sus patas delanteras y luego inserta su largo aparato bucal en forma de estilete en el cuerpo de su víctima. Por lo general, lo inserta varias veces hasta que vacía el cuerpo de la víctima, dejando solo el exoesqueleto vacío.
- *Dytilencus dispaci*: su controlador biológico que es el hongo *Purpureocillium lilacinum* se aplica una dosis de 8 a 16 k / Ha por campaña, en una sola aplicación o fraccionado. Este hongo se dirige hacia los huevos de los nematodos, parasitándolos y en las hembras causa deformaciones, destruyendo sus ovarios y reduciendo la eclosión de huevos. Además, produce metabolitos tóxicos que alteran el sistema nervioso de los nematodos, reduciendo sus niveles poblacionales. Se recomienda agregar melaza a razón de 5 kg por hectárea para favorecer la instalación del hongo de *Purpureocillium lilacinum* en el suelo, preferentemente aplicar la mezcla en horas de menor incidencia solar.
- *Fusarium oxysporum*: su controlador biológico es el hongo *Trichoderma viride* aplicando una dosis de 3.2 k/200 L de agua. La recomendación de dosis de laboratorio NOVAGRI-AREQUIPA es de 0.75 l/Ha. Tiene diferentes mecanismos de acción como competencia y colonización por espacio y nutrientes, crea endoquitinas fungitoxicas que atacan al patógeno por detección quimiotrófica, enrrolla y perfora las hifas de hongos. Se recomienda aplicar en horas de la tarde para disminuir la mortandad de las esporas por radiación solar.

- *Peronospora destructor*: sus controladores biológicos son el *Trichoderma harzianum* aplicando la dosis de 0.75 l/Ha y el *Bacillus subtilis* aplicando una dosis de 2.5 l/Ha, esta bacteria es promotora de crecimiento vegetal, actúa produciendo compuestos antimicrobianos, coloniza el suelo y compite por espacio y nutrientes, induce a la resistencia sistémica de la planta, produce encimas líticas, como quitinasas, proteasas y lipasas que degradan la pared celular de los hongos, induce a la planta a la síntesis de fitohormonas. Se debe de aplicar 1 dosis cada 5 a 7 días, aplicar en horas de la tarde para disminuir la mortandad del microorganismo por radiación solar.

#### 4.2. Propuesta de Implementación

Se debe de implementar un mejor control de cultura que es el uso de buenas prácticas agrícolas comunes, tomando en cuenta la formulación de las medidas preventivas en los cultivos de cebolla. Se tiene también la tecnología de los controladores biológicos donde SENASA tiene convenios con ciertos laboratorios que producen y promueven el uso de controladores biológicos. Asimismo, tiene convenios con institutos y universidades del país con el fin de brindar la orientación y capacitación técnica sobre el uso de los controladores biológicos. Un laboratorio que produce controladores biológicos en Arequipa y lo recomienda SENASA es NOVAGRI, este laboratorio nos brinda toda la información del controlador biológico y como se debe de aplicar.

### 5. Monitoreo y Evaluación

#### 5.1. Monitoreo

Esta fase consiste en la observación sistemática y continua del cumplimiento de los objetivos planteados mediante indicadores. A través del monitoreo, se evalúa la efectividad de las acciones de adaptación implementadas para posteriormente definir la evaluación de las mismas.

La implementación de un sistema de monitoreo eficiente no solo permite evaluar el progreso hacia los objetivos, sino que también fortalece la capacidad de anticipación, transparencia y respuesta ante el cumplimiento apropiado del plan.

A continuación, se presentan los indicadores que permitirán evaluar el cumplimiento del proceso de monitoreo según los objetivos planteados:

**Tabla 16.**

*Indicadores de evaluación de cumplimiento por objetivo específico*

<b>Objetivo específico</b>	<b>Indicador</b>
<p>Formular estrategias efectivas para el incremento de resiliencia de los sistemas agrícolas y ecosistemas vulnerables frente al incremento de plagas asociado al cambio climático.</p>	<p>Porcentaje de reducción en la incidencia y severidad de plagas en los sistemas agrícolas de cultivos de cebolla, comparado con la línea base establecida antes de la implementación de las estrategias, considerando variables climáticas de la época de medición.</p>
<p>Proponer vías de implementación efectivas y escalables de las estrategias identificadas, considerando la viabilidad ambiental, económica y social; así como sus oportunidades y limitaciones.</p>	<p>Número de estrategias propuestas que han sido validadas y aplicadas a nivel distrital.</p>
<p>Establecer un sistema de monitoreo y evaluación integral para el cumplimiento y fortalecimiento de implementación de las estrategias propuestas.</p>	<p>Frecuencia y calidad del reporte de resultados generados por el sistema de monitoreo, incluyendo el porcentaje de cumplimiento de los objetivos de las estrategias y el grado de satisfacción de los actores clave con la transparencia y eficacia del proceso de evaluación.</p>

---

Identificar mecanismos de Cantidad de recursos financieros  
financiamiento que aseguren la movilizadas y asegurados a largo  
continuidad de las acciones de plazo para la implementación  
manera equitativa y justa para todas continua de las estrategias, ya sean  
las partes interesadas. de fuente pública, privada o  
comunitaria.

---

Comunicar a los actores clave, Cantidad de actores clave  
incluyendo agricultores, capacitados y sensibilizados sobre  
comunidades locales y autoridades, la adaptación a los cambios en los  
sobre la importancia de la adaptación patrones de plagas, medido por la  
a los cambios en los patrones de participación en talleres y  
plagas inducidos por el cambio programas educativos, el nivel de  
climático, promoviendo la adopción conocimiento adquirido, y el  
de prácticas sustentables. incremento en la adopción de  
prácticas sustentables como  
resultado directo.

---

*Nota. Elaboración propia.*

## 5.2. Evaluación

La evaluación es el proceso en el cual se analizan los datos recolectados durante el monitoreo para determinar la eficacia de la implementación de las estrategias frente al incremento de plagas asociado al cambio climático. Desde un enfoque financiero, la evaluación se centra en comparar los costos asociados con la implementación de las estrategias con los beneficios obtenidos, tales como la reducción de pérdidas en los cultivos y la disminución de costos de manejo de plagas. Esto incluye la evaluación del retorno de inversión de cada estrategia, el análisis de la asignación y uso de recursos, y la identificación de áreas en las que se podrían optimizar los gastos. Además, se considera la equidad en la distribución de los recursos y el impacto económico en las comunidades más vulnerables, garantizando que las intervenciones sean justas y sostenibles en el largo plazo.

Se plantean cuatro ejes principales para la evaluación de la propuesta de adaptación a la influencia del cambio climático en el incremento de plagas:

- **Resiliencia de los sistemas agrícolas:** Análisis comparativo de la incidencia y severidad de las plagas en los ecosistemas intervenidos, antes y después de la implementación de las estrategias propuestas. A través de encuestas y registros de campo, se recopilarán datos que permitirán valorar el impacto de las intervenciones en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, asegurando que se logren los objetivos de resiliencia establecidos.
- **Evaluación financiera y socioambiental:** Evaluación del costo-beneficio de las estrategias implementadas, comparando los recursos invertidos con los beneficios obtenidos, como la reducción de pérdidas en cultivos de cebolla y los ahorros en costos de manejo de plagas. Se examinará también la eficiencia en el uso de los recursos y la sostenibilidad económica de las acciones, considerando el impacto social en las comunidades involucradas, garantizando que los recursos se destinen de manera justa y que las intervenciones contribuyan al desarrollo social y ambiental.
- **Oportunidades de mejora y retroalimentación:** Ajustar las estrategias y metodologías en función de los resultados obtenidos en el monitoreo. Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de las lecciones aprendidas durante la implementación, buscando áreas específicas donde se puedan optimizar recursos y mejorar la efectividad de las intervenciones. Los informes de evaluación se compartirán con todos los actores involucrados, facilitando un espacio de diálogo y colaboración para discutir las recomendaciones y asegurar que las adaptaciones propuestas se alineen con las necesidades de cada distrito.

## 6. Financiamiento

La importancia de un financiamiento adecuado radica en su capacidad para garantizar la continuidad y sostenibilidad de las acciones, así como en la posibilidad de escalar las intervenciones beneficiando a un mayor número de comunidades en la provincia de Arequipa.

En este sentido, es fundamental que el plan de financiamiento esté alineado con el marco del Plan Nacional de Adaptación, ya que este proporciona directrices y mecanismos establecidos

que pueden facilitar el acceso a recursos económicos a través de fuentes de financiamiento público, privado, doméstico e internacional. Al incorporar estas estrategias, se busca optimizar la movilización de fondos, aprovechando sinergias y recursos disponibles que han sido identificados en el contexto más amplio de la adaptación al cambio climático.

### **6.1. Fuentes de financiamiento:**

Dentro del financiamiento público internacional se encuentran las determinadas en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC):

- Sociedad Alemana de Cooperación Internacional GIZ
- Fondo Verde del Clima (GFC)
- Fondo de Adaptación (AF)
- Fondo Mundial para el Medio Ambiente Mundial (GEF)

Por otro lado, fuera del contexto de CMNUCC existen opciones de financiamiento por parte de:

- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)
- Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo del Sur (DESCOSUR)
- Banco Mundial
- Banco Interamericano de Desarrollo
- Banco de Desarrollo de América Latina

Además, se incorporan los programas presupuestarios del Sistema Nacional de Presupuesto Público que están alineados con los objetivos del plan de adaptación, lo que garantiza un enfoque integral y coordinado en la movilización de recursos. Entre estos programas se encuentran:

- Gerencia Regional Ambiental del Gobierno Regional de Arequipa
- PP 0144, que se centra en la conservación y uso sostenible de los ecosistemas.
- PP 0068, enfocado en la reducción de la vulnerabilidad y la atención de emergencias.
- PP 0042, que promueve el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos para uso agrario.

- PP 0130, orientado hacia la competitividad y el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales y de fauna silvestre.
- PP 094, que busca asegurar un adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos e hidrobiológicos para la producción acuícola.

Finalmente, las fuentes de financiamiento privadas que se encuentran acorde a los actores involucrados y las directrices del Plan Nacional de Adaptación son:

- Bancos comerciales y proveedores de servicios financieros
- Inversión responsable o ESG
- Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos
- Fondos de agua
- Financiamiento combinado
- Inversiones de impacto
- Fundaciones y filantropía
- Bonos Verdes
- Microfinanzas

## 6.2. Costos de implementación

Para la implementación de los controladores biológicos se calculó su costo según la dosis recomendada. La Tabla 17 resume los principales controladores biológicos considerados en la propuesta de manejo, evidenciando la diversidad de alternativas disponibles y sus variaciones en dosis y costos. Se observa que los productos microbianos—*Trichoderma*, *Bacillus subtilis* y *Purpureocillium lilacinum*— presentan rangos de aplicación distintos según su formulación y concentración, con precios que oscilan entre S/. 153.4 y S/. 3115 por hectárea, lo que refleja diferencias tanto en su disponibilidad como en su nivel de especialización. Por otro lado, el controlador entomológico *Orius insidiosus*, ofrecido en unidades biológicas (millares/Ha), muestra un costo superior, asociado a la producción y manejo de organismos vivos.

**Tabla 17.***Costos de controladores biológicos*

Nombre de controlador biológico	Laboratorio	Dosis	Precio
<i>Trichoderma</i>	NOVAGRI - Arequipa	0.75 L/Ha	S/. 265.5
<i>Bacillus subtilis</i>	NOVAGRI - Arequipa	2.5 L/Ha	S/. 153.4
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	NOVAGRI - Arequipa	8 k/Ha	S/. 3115
<i>Orius insidiosus</i>	BioAlío	10 millares/Ha	S/. 3162

## 7. Acciones de comunicación

### 7.1. Propuesta de actividades de comunicación

La comunicación es un componente esencial para el éxito del plan de adaptación al cambio climático y la gestión de plagas, ya que facilita la sensibilización, el involucramiento y la colaboración de todos los actores clave, incluyendo agricultores, comunidades locales, autoridades y organizaciones no gubernamentales. La propuesta de actividades de comunicación se centra en tres ejes fundamentales:

- **Educación, Sensibilización y Capacitación:** Incluye talleres y capacitaciones dirigidos a agricultores y líderes comunitarios a nivel distrital, donde se abordarán temas relacionados con el cambio climático, la identificación de plagas de la cebolla, y las estrategias de adaptación y manejo sostenible. Además de fortalecer el conocimiento sobre los desafíos ambientales, se busca fomentar la adopción de las prácticas sostenibles propuestas que fortalezcan la resiliencia de los sistemas agrícolas. Dichas actividades deben ser anunciadas a través de medios digitales y tradicionales, como redes sociales, radio y medios impresos; todos mediante el apoyo de la Municipalidad Provincial de Arequipa, así como la entidad encargada de cada taller.
- **Fomento de la Participación Comunitaria:** Se establecerán espacios de diálogo y consulta con los agricultores para discutir las estrategias de adaptación y recoger sus opiniones y sugerencias. La creación de comités de vigilancia comunitaria

permitirá la colaboración activa en el monitoreo de plagas y la implementación de medidas de control. Además, se promoverá el intercambio de conocimientos donde los agricultores puedan compartir sus experiencias y mejores prácticas en el manejo de plagas y adaptación al cambio climático.

- **Participación de la academia y comunidad científica:** Se establecerán alianzas con instituciones académicas para fomentar la investigación y el desarrollo de nuevas técnicas de adaptación y manejo de plagas. A través de conferencias, seminarios y publicaciones conjuntas, se buscará integrar los hallazgos científicos en las prácticas agrícolas locales. Además, se incentivará la formación de pasantías y programas de voluntariado donde estudiantes y académicos puedan trabajar directamente con comunidades, promoviendo un intercambio de conocimientos que beneficie a ambas partes.

## 8. Limitaciones y Oportunidades

### 8.1. Limitaciones

- **Acceso a controladores biológicos:** No todos los agricultores tienen fácil acceso a los controladores biológicos certificados, debido a su costo relativamente alto frente a los productos químicos convencionales.
- **Conocimiento técnico insuficiente:** La aplicación correcta de controladores biológicos requiere capacitación técnica, ya sea en dosis, condiciones ambientales y momento de uso. La falta de asistencia técnica o capacitación puede reducir la efectividad de los tratamientos.

### 8.2. Oportunidades

- **Fomento de programas de producción a universidades** teniendo un menor costo facilitando su acceso a los agricultores locales.
- **Fortalecimiento del conocimiento técnico:** Brindar capacitaciones continuas a los agricultores y fomentar la creación de programas locales orientados al buen manejo de plagas en los cultivos de cebolla.

## 9. Conclusiones del plan de adaptación

- Las estrategias desarrolladas, la combinación de medidas preventivas junto con la aplicación de controladores biológicos permitiría reducir significativamente la incidencia de plagas sin comprometer los cultivos. Estas acciones, además de fomentar prácticas agrícolas sostenibles, fortalecen la resiliencia de los productores ante las variaciones climáticas y garantizan la continuidad de los cultivos bajo condiciones adversas.
- La estrategia comunicacional planteada resalta la necesidad de involucrar activamente a los agricultores y comunidades locales en la implementación del plan mediante programas de capacitación, talleres y alianzas con instituciones académicas. La educación ambiental y la participación ciudadana fortalecen el compromiso colectivo, promueven el intercambio de experiencias locales y aseguran la adopción de prácticas adecuadas de manejo de plagas en toda la provincia.



## ANEXO 2. Información meteorológica ofrecida por el SENAMHI para las estaciones convencionales de la provincia de Arequipa

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS**

ESTACION : HUASACACHE / 000799 / DZ-06 LAT. : 16° 27' "S" DPTO. : AREQUIPA  
 PARAMETRO : HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%) LONG. : 71° 33' "W" PROV. : AREQUIPA  
 ALT. : 2200 msnm DIST. : JACOBHO HUNTER

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	79.6	73.5	66.3	57.0	39.6	39.4	35.3	34.2	32.7	36.4	45.5	53.6
2013	61.6	72.0	64.5	49.5	54.4	43.3	42.7	37.1	39.0	S/D	S/D	S/D
2018	61.4	73.1	64.2	63.0	49.0	42.3	42.1	35.4	34.4	S/D	S/D	S/D
2023	64.1	73.9	73.5	64.0	45.1	36.8	38.3	36.5	S/D	S/D	S/D	S/D

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

Firma Digital  
**Senamhi**  
 Firmado digitalmente por CORREA FALCÓN, JACOBHO HUNTER  
 2013.11.26 09:22 hora  
 Modelo: CDA 1.0  
 Fecha: 18.03.2025 10:16:23 -05:00

INFORMACION PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025

N° PRES / SOLIC. PROC: 202503000016/202503000018  
 EXP: 891 N° IMPRESION: 1320

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS**

ESTACION : HUASACACHE / 000799 / DZ-06 LAT. : 16° 27' "S" DPTO. : AREQUIPA  
 PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) LONG. : 71° 33' "W" PROV. : AREQUIPA  
 ALT. : 2200 msnm DIST. : JACOBHO HUNTER

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	86.5	13.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	2.3
2013	18.4	43.3	16.6	0.0	2.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
2018	15.0	12.3	4.2	0.0	0.0	0.3	0.9	0.0	S/D	S/D	S/D	0.0
2023	54.7	35.6	19.5	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	5.0

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

Firma Digital  
**Senamhi**  
 Firmado digitalmente por CORREA FALCÓN, JACOBHO HUNTER  
 2013.11.26 09:22 hora  
 Modelo: CDA 1.0  
 Fecha: 18.03.2025 10:16:23 -05:00

INFORMACION PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025

N° PRES / SOLIC. PROC: 202503000016/202503000018  
 EXP: 891 N° IMPRESION: 1321

**Senamhi** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

### DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS

**ESTACION :** HUASACACHE / 000799 / DZ-06  
**PARAMETRO :** TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

**LAT. :** 16° 27' 52" S  
**LONG. :** 71° 33' 33" W  
**ALT. :** 2200 msnm

**DPTO. :** AREQUIPA  
**PROV. :** AREQUIPA  
**DIST. :** JACOBA HUNTER

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	15.7	15.8	15.8	14.7	13.4	13.2	13.2	14.2	15.3	16.1	17.4	16.5
2013	17.8	16.7	16.8	15.6	14.4	14.5	14.4	14.2	15.8	S/D	S/D	S/D
2018	17.2	16.2	17.1	15.7	14.4	14.7	14.5	15.3	16.1	S/D	S/D	S/D
2023	16.8	17.2	16.8	16.4	16.1	14.3	14.6	15.6	S/D	18.6	S/D	S/D

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
**INFORMACIÓN PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO**  
**LIMA, 18 de Marzo de 2025**  
**N° PRES / SOLIC. PROC. 202503000016/202503000018**  
**EXP: 891** **N° IMPRESION: 1322**

**Senamhi** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

### DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS

**ESTACION :** LA JUYA / 000804 / DZ-06  
**PARAMETRO :** HEMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)

**LAT. :** 16° 35' 52" S  
**LONG. :** 71° 55' 52" W  
**ALT. :** 1278 msnm

**DPTO. :** AREQUIPA  
**PROV. :** AREQUIPA  
**DIST. :** VITOR

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	79.6	70.8	67.0	67.7	48.7	58.4	62.7	50.1	S/D	S/D	S/D	S/D
2013	67.3	70.3	65.2	63.1	64.5	56.2	56.0	60.4	S/D	S/D	S/D	64.8
2018	64.6	73.5	75.9	77.3	66.6	58.6	57.2	52.8	55.8	55.7	59.2	66.1
2023	71.2	77.5	72.7	75.2	71.5	58.7	60.4	58.3	54.9	58.3	55.3	59.3

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
**INFORMACIÓN PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO**  
**LIMA, 18 de Marzo de 2025**  
**N° PRES / SOLIC. PROC. 202503000016/202503000018**  
**EXP: 891** **N° IMPRESION: 1323**

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS**

ESTACION : LA JOYA / 000804 / DZ-06  
 PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

LAT. : 16° 35' "S  
 LONG. : 71° 55' "W  
 ALT. : 1278 msnm

DPTO. : AREQUIPA  
 PROV. : AREQUIPA  
 DIST. : VITOR

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	0.0	0.6	1.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	1.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2023	0.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D

S/D= Sin Datos

INFORMACION PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025

N° PRES / SOLIC. PROC: 20250300016/20250300018  
 EXP: 891  
 N° IMPRESION: 1324

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS**

ESTACION : LA JOYA / 000804 / DZ-06  
 PARAMETRO : TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT. : 16° 35' "S  
 LONG. : 71° 55' "W  
 ALT. : 1278 msnm

DPTO. : AREQUIPA  
 PROV. : AREQUIPA  
 DIST. : VITOR

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	19.6	20.3	20.2	18.7	17.4	15.1	15.5	17.3	S/D	S/D	S/D	S/D
2013	21.2	21.0	21.4	19.1	17.9	17.4	16.5	16.2	S/D	S/D	S/D	20.3
2018	20.7	20.2	20.3	19.5	17.8	17.8	18.0	18.0	19.3	20.2	20.7	20.6
2023	20.7	21.3	21.4	20.0	17.6	17.7	17.3	19.0	19.7	21.5	21.4	22.0

S/D= Sin Datos

INFORMACION PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025

N° PRES / SOLIC. PROC: 20250300016/20250300018  
 EXP: 891  
 N° IMPRESION: 1325

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS**

ESTACION : LA PAMPILLA / 000839 / DZ-06 LAT. : 16° 24' "S DPTO. : AREQUIPA  
 PARAMETRO : HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%) LONG. : 71° 32' "W PROV. : AREQUIPA  
 ALT. : 2326 msnm DIST. : AREQUIPA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	84.4	77.9	70.3	58.7	38.5	37.2	34.8	36.5	34.6	38.8	51.1	58.0
2013	63.9	75.8	56.7	50.0	53.4	44.8	45.5	38.0	39.0	39.8	43.2	48.1
2018	60.4	69.1	62.8	59.9	46.6	43.1	41.1	36.2	35.7	36.1	42.5	46.9
2023	66.5	73.9	73.1	63.6	45.5	35.1	36.4	35.8	36.8	48.4	39.8	48.4

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE. DEL CARPIO  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025

N° PRES / SOLIC. PROC. 202503000016/202503000016  
 EXP: 891 IMPRESION: 1326

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS**

ESTACION : LA PAMPILLA / 000839 / DZ-06 LAT. : 16° 24' "S DPTO. : AREQUIPA  
 PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) LONG. : 71° 32' "W PROV. : AREQUIPA  
 ALT. : 2326 msnm DIST. : AREQUIPA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	106.4	23.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3
2013	32.8	190.2	26.7	0.0	2.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
2023	48.3	49.0	21.7	5.2	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.6	2.7

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

S/D= Sin Dato

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE. DEL CARPIO  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025

N° PRES / SOLIC. PROC. 202503000016/202503000016  
 EXP: 891 IMPRESION: 1327



**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS**

ESTACION : LA PAMPILLA / 000839 / DZ-06 LAT. : 16° 24' "S DPTO. : AREQUIPA  
 PARAMETRO : TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C) LONG. : 71° 32' "W PROV. : AREQUIPA  
 ALT. : 2326 msnm DIST. : AREQUIPA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	15.3	15.3	15.4	15.5	14.9	14.3	14.1	15.4	16.5	17.3	17.7	16.7
2013	17.3	16.1	16.1	15.5	14.2	14.5	14.1	14.3	15.7	16.5	16.0	16.7
2018	16.9	16.5	17.2	16.4	15.9	15.7	15.5	15.9	16.6	17.7	17.6	17.8
2023	16.4	17.0	16.7	16.7	17.0	16.1	16.3	17.1	18.0	18.6	19.0	19.5

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**INFORMACION PREPARADA PARA JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO**  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025

N° PRES / SOLIC. PROC.: 202503000016/202503000018  
 EXP.: 891 IMPRESION: 1328

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS**

ESTACION : EL FRAYLE / 000849 / DZ-06 LAT. : 16° 9' "S DPTO. : AREQUIPA  
 PARAMETRO : HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%) LONG. : 71° 11' "W PROV. : AREQUIPA  
 ALT. : 4131 msnm DIST. : SAN JUAN DE TARUCANI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	80.5	77.4	76.0	63.3	52.8	54.6	51.5	53.7	51.7	53.1	57.6	68.6

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**INFORMACION PREPARADA PARA JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO**  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025

N° PRES / SOLIC. PROC.: 202503000016/202503000018  
 EXP.: 891 IMPRESION: 1329



**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS**

ESTACION : EL FRAYLE / 000849 / DZ-06  
 PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

LAT. : 16° 9' "S  
 LONG. : 71° 11' "W  
 ALT. : 4131 msnm

DPTO. : AREQUIPA  
 PROV. : AREQUIPA  
 DIST. : SAN JUAN DE TARUCANI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	135.1	80.6	69.7	0.0	0.0	0.8	0.0	1.4	0.0	0.4	0.0	47.6

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**INFORMACION PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO**  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025

N° PRES / SOLIC. PROC. 202503000016/202503000018  
 EXP: 891 IMPRESION: 1330

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS**

ESTACION : EL FRAYLE / 000849 / DZ-06  
 PARAMETRO : TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT. : 16° 9' "S  
 LONG. : 71° 11' "W  
 ALT. : 4131 msnm

DPTO. : AREQUIPA  
 PROV. : AREQUIPA  
 DIST. : SAN JUAN DE TARUCANI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	6.2	6.6	6.7	5.1	3.5	3.0	3.0	3.0	4.1	6.0	6.5	6.5

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

**INFORMACION PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO**  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025

N° PRES / SOLIC. PROC. 202503000016/202503000018  
 EXP: 891 IMPRESION: 1331



**Senamhi** DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS

ESTACION : LAS SALINAS / 158209 / DZ-06  
 PARAMETRO : TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT. : 16° 19' "S" DPTO. : AREQUIPA  
 LONG. : 71° 9' "W" PROV. : AREQUIPA  
 ALT. : 4349 msnm DIST. : SAN JUAN DE TARUCANI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	6.4	6.2	6.5	5.4	3.7	2.3	3.3	3.7	4.1	5.1	6.5	6.1
2013	5.6	6.1	6.6	6.0	5.1	3.2	4.1	4.1	5.2	5.6	6.8	S/D
2018	5.7	S/D	5.6	5.4	4.2	3.1	3.4	3.5	4.3	4.8	5.5	5.9
2023	6.6	6.4	6.3	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	7.3	8.2

**Senamhi** SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: JORGE ALONSO MAYHUIRE DEL CARPIO  
 LIMA, 18 de Marzo de 2025  
 N° PRES / SOLIC: 20250300016/20250300016  
 EXP: 891 N° IMPRESION: 1334

### ANEXO 3. Principales plagas de cultivos de cebolla en Arequipa por reportes al SENASA



Firmado digitalmente por MEZA CORNEJO Denys Paul FAU  
2025.127.3273 hard  
Cargo:  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 14.01.2025 15:09:40 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

La Molina, 14 de Enero del 2025

#### CARTA N° D00010-2025-MIDAGRI-SENASA-DSV

Señora  
Mag. Andrea Chanove Manrique  
Directora  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental  
Universidad Católica de Santa María (UCSM)  
Arequipa.-

Asunto: Plagas de cebolla en la Provincia de Arequipa.

Referencia CARTA N° 083-EPIA-2024

Es grato dirigirme a usted, y en atención al documento de la referencia, mediante el cual solicita información de la distribución de las plagas y porcentaje de cultivo, afectado por plagas de la cebolla (*Allium cepa L.*) en la Provincia de Arequipa del departamento de Arequipa, en el periodo 2000-2022, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA, mediante acciones realizadas de **vigilancia fitosanitaria general** en la Provincia de Arequipa, cuenta con las principales plagas detectadas en el cultivo de cebolla, durante periodo 2008 – 2022 (según cuadro)

Departamento	Provincia	Nombre científico de la plaga	Nombre común de la plaga
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Aphelenchus sp.</i>	Nemátodo
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Cladosporium allii</i>	Cladosporium
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Nemátodo del ajo
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Erwinia carotovora</i>	Pudrición blanda
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Frankliniella auripes</i>	Trips
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Fusarium oxysporum</i>	Marchitez
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Oidium sp.</i>	Oidiosis
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Peronospora destructor</i>	Mildiu
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Pratylenchus sp.</i>	Nemátodo de las lesiones
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Rhizoctonia solani</i>	Chupadera fungosa / Rhizoctoniasis
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	Nemátodo reniforme
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Sclerotium cepivorum</i>	Podredumbre blanca
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Stemphylium vesicarium</i>	Mancha del peral
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Thrips tabaci</i>	Thrips
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Tylenchorhynchus sp.</i>	Nematodo depresor de raíces
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Tylenchus sp.</i>	Nemátodo
AREQUIPA	AREQUIPA	<i>Urocystis cepulae</i>	Carbón de la cebolla



Firmado digitalmente por NACCHA  
OYOLA Johnny Fernando FIR  
08353070 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 14.01.2025 09:58:31 -05:00  
Sanidad Agraria, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://mpv.senasa.gob.pe/ConsultaTuTramite/Register/Verifica> e ingresando la siguiente clave: 0P8KIOH





"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Con relación, al porcentaje de cultivo afectado por plagas de la cebolla, el SENASA no realiza estas evaluaciones

Es propicia la ocasión, para expresarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente,

Firmado digitalmente por:  
**DENYS PAUL MEZA CORNEJO**  
DIRECTOR GENERAL (e)  
DIRECCION DE SANIDAD VEGETAL

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Nacional de Sanidad Agraria, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://mpv.senasa.gob.pe/ConsultaTuTramite/Register/Verifica> e ingresando la siguiente clave: **0P8K10H**

