

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**FACTORES CLIMÁTICOS QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN
DEL CULTIVO DEL AJÍ (*Capsicum baccatum*) EN LA
IRRIGACIÓN DE ITE, 2015-2022**

TESIS

PRESENTADA POR:

PERCY GUILLERMO MARTINEZ ANTEZANA

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS (*Magister Scientiae*) CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TACNA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**Escuela de Posgrado**

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

**FACTORES CLIMÁTICOS QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DEL
CULTIVO DEL AJÍ (*Capsicum baccatum*) EN LA IRRIGACIÓN DE
ITE, 2015-2022**

Tesis sustentada y aprobada el 18 de setiembre del 2025; estando el jurado calificador
integrado por:

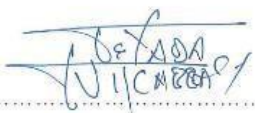
PRESIDENTE :


.....
Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez

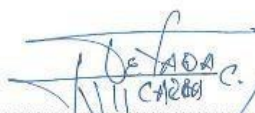
SECRETARIO :


.....
Dr. Martín Eloy Casilla García

MIEMBRO :


.....
Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra

ASESOR :


.....
Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Juan Carlos Tejada Vizcarra en mi condición de asesor acreditado con RESOLUCION ESCUELA DE POSGRADO N° 15322-2025-ESPG/UNJBG, del 19 de marzo del 2025, del trabajo de tesis titulado "FACTORES CLIMÁTICOS QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DEL AJÍ (*Capsicum baccatum*) , EN LA IRRIGACIÓN DE ITE, 2015 – 2022", presentado por don Percy Guillermo Martinez Antezana ,para optar el grado académico de maestro en ciencias (*Magister Scientiae*), con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud del trabajo de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido, cuyo porcentaje es de 8 %.

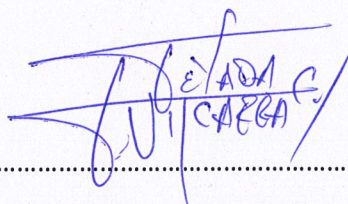
Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis y está de acuerdo al nivel permitido para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el siguiente certificado a solicitud del interesado con el fin de continuar con los trámites respectivos para la obtención del grado académico de maestro en ciencias (*Magister Scientiae*), con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible.

Tacna 04/04/2025

FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos



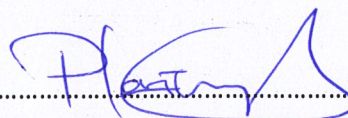
Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra

DNI N° 30820494



FIRMA DEL TESISTA

Nombres y Apellidos



Sr. Percy Guillermo Martinez Antezana

DNI N° 00796405



DEDICATORIA

A mis padres, cimientos inquebrantables de mi vida y mi carrera.

A la memoria de mi amada madre, Juana Nancy Antezana López, cuyo espíritu y enseñanzas son mi faro permanente. Aunque ya no esté a mi lado, su recuerdo me impulsa cada día a seguir adelante, a superarme y a proyectar mis metas más allá de lo imaginado.

A mi padre, Percy Fortunato Martinez Peralta, cuyo ejemplo de tenacidad y rigor me enseñó, con su singular terquedad, que las cosas se deben hacer bien desde el principio, con dedicación y un esfuerzo incansable. Su integridad es el modelo que guía mi camino.

A ambos, por ser el apoyo fundamental en mi formación como persona y como Ingeniero Agrónomo, y por brindarme las herramientas para luchar por lo que quiero.

A mis adorados hijos, Percy Alessandro Martinez Vega y Robert Guillermo Martinez Vega, quienes son mi motivación más pura y el reflejo más brillante de futuro. Su amor incondicional y sus sonrisas iluminaron cada momento de este camino, recordándome siempre el porqué de cada esfuerzo.

A la Vida, que a veces se presenta injusta, pero que aún así es un regalo maravilloso que debemos aprovechar con gratitud.

A todos los que, de una u otra forma, hicieron posible la concreción de este logro académico.

AGRADECIMIENTO

Con profunda gratitud, deseo reconocer a todas las personas e instituciones que han sido parte fundamental en la realización de esta investigación y en mi camino académico.

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, alma máter que no solo me acogió en mis estudios de maestría, sino que me brindó las herramientas y conocimientos para crecer como profesional y como persona.

De manera muy especial, expreso mi más sincero agradecimiento al Doctor Juan Carlos Tejada Vizcarra, cuya guía, sabiduría y dedicación fueron faros indispensables durante todo el proceso de elaboración de esta tesis. Igualmente, agradezco al Ingeniero Alberto Avelino García Lévano, por su invaluable apoyo en el análisis de datos estadísticos fueron determinantes para el éxito de este trabajo.

Deseo reconocer muy especialmente a las instituciones que brindaron los datos fundamentales para esta investigación: al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAHMI) - sede Tacna y a la Dirección de Agricultura Tacna, por facilitar generosamente la información meteorológica y agronómica que constituyó la base de este estudio.

A los docentes de la Maestría en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible, por compartir generosamente sus conocimientos y enriquecer mi perspectiva profesional. Cada enseñanza ha sido un valioso aporte en mi formación.

A mis familiares, amigos y colegas, cuyo apoyo incondicional, comprensión y palabras de aliento fueron mi sustento en los momentos más desafiantes de este recorrido.

A la vida, por mostrarme que incluso en la adversidad hay oportunidades de crecimiento, y por permitirme llegar hasta este significativo logro.

A todos aquellos que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a que este proyecto se hiciera realidad, mi eterno agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCION	1
 CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	 3
1.1. Identificación del problema.....	3
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Justificación e importancia de investigación.....	4
1.3.1. Justificación teórica	4
1.3.2. Justificación práctica	5
1.3.3. Justificación metodológica	5
1.3.4. Importancia del estudio	5
1.4. Objetivo.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis.....	6
1.5.1. Hipótesis general	6
1.5.2. Hipótesis específicas.....	6
1.6. Variables	7
1.6.2. Identificación de las variables	7

	vii
1.6.3. Caracterización de las variables.....	7
1.6.4. Definición operacional de las variables	8
1.7. Limitaciones de la investigación.....	8
1.7.1. Espacial.....	8
1.7.2. Teórica.....	8
1.7.3. Temporal.....	8
 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	 9
2.1. Antecedentes del estudio	9
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	10
2.1.3. Antecedentes locales	12
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Cultivo de ají	13
2.2.2. El cambio climático y sus impactos en la agricultura.....	16
2.3. Definición de términos	17
 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	 22
3.1. Descripción de las características de la investigación.....	22
3.1.1. Tipo de investigación.....	22
3.1.2. Nivel de investigación	22
3.2. Diseño de investigación	22
3.3. Población y/o muestra de estudio.....	22
3.4. Materiales y/o instrumentos	23
3.4.1. Equipos de medición	23
3.4.2. Técnicas	23
3.4.3. Instrumentos	23

3.5. Tratamiento de datos	viii 24
 CAPÍTULO IV: RESULTADOS	 25
4.1. Años y rendimiento (t/ha)	25
4.2. Factores climáticos y rendimientos	27
4.2.1. Temperatura máxima mensual (°C) vs rendimiento (t/ha).....	27
4.2.2. Temperatura mínima mensual (°C) vs rendimiento (t/ha)	29
4.2.3. Temperatura media mensual (°C) vs rendimiento (t/ha).....	31
4.2.4. Humedad relativa (°C) vs rendimiento (t/ha).....	33
4.2.5. Precipitación (°C) vs rendimiento (t/ha)	35
4.2.6. Velocidad del viento (m/s) vs rendimiento (t/ha)	37
4.2.7. Horas sol (h/s) vs rendimiento (t/ha)	39
4.3. Verificación de la hipótesis general	40
 DISCUSIÓN	 44
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Análisis de varianza de años de producción y rendimiento (t/ha) de ají.....	25
Tabla 2	Análisis de varianza de temperatura máxima mensual y rendimiento (t/ha)	27
Tabla 3	Análisis de varianza de temperatura (°C) mínima mensual y rendimiento (t/ha)	29
Tabla 4	Análisis de varianza de temperatura (°C) media mensual y rendimiento (t/ha)	31
Tabla 5	Análisis de varianza de la humedad relativa (%) y rendimiento (t/ha)	33
Tabla 6	Análisis de varianza de la precipitación (pp) y rendimiento (t/ha)	35
Tabla 7	Análisis de varianza de la velocidad del viento (m/s) y rendimiento (t/ha) .	37
Tabla 8	Análisis de varianza de las horas sol (h/s) y rendimiento (t/ha)	39
Tabla 9	Resumen del modelo.....	41
Tabla 10	Análisis de varianza Múltiple.....	42
Tabla 11	Coeficientes de regresión múltiple	43
Tabla 12	Años de producción, rendimiento y temperatura máxima	59
Tabla 13	Años de producción, rendimiento y temperatura mínima	60
Tabla 14	Años de producción, rendimiento y temperatura media	60
Tabla 15	Años de producción, rendimiento y humedad relativa.....	60
Tabla 16	Años de producción, rendimiento y precipitación pluvial.....	61
Tabla 17	Años de producción, rendimiento y horas sol	61
Tabla 18	Años de producción, rendimiento y velocidad del viento	61
Tabla 19	Análisis físico - químico de suelo	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de dispersión evolución del rendimiento respecto a los años cultivados	26
Figura 2	Evolución del rendimiento vs años	26
Figura 3	Diagrama de dispersión de temperatura máxima mensual en relación al rendimiento (t/ha).....	28
Figura 4	Evolución de la temperatura máxima mensual en relación a los años	28
Figura 5	Diagrama de dispersión de temperatura mínima mensual en relación al rendimiento (t/ha).....	30
Figura 6	Evolución de la temperatura mínima mensual en relación a los años	30
Figura 7	Diagrama de dispersión de temperatura media mensual en relación al rendimiento (t/ha).....	32
Figura 8	Evolución de la temperatura media en relación a los años	32
Figura 9	Diagrama de dispersión de humedad relativa (%) en relación al rendimiento (t/ha)	34
Figura 10	Evolución de la humedad relativa mensual en relación a los años	34
Figura 11	Diagrama de dispersión de precipitación mensual (mm) en relación al rendimiento (t/ha)	36
Figura 12	Evolución de la precipitación mensual (mm) relación a los años.....	36
Figura 13	Diagrama de dispersión de velocidad del viento (ms) en relación al rendimiento (t/ha)	38
Figura 14	Evolución de velocidad del viento relación a los años	38
Figura 15	Diagrama de dispersión de las horas sol (h/s) en relación al rendimiento (t/ha).....	39
Figura 16	Evolución de velocidad horas sol relación a los años	40
Figura 17	Campo de cultivo de ají en su etapa de crecimiento en la irrigación Ite ...	54
Figura 18	Campo de cultivo de ají en su etapa de floración en la irrigación Ite.....	54

Figura 19	Campo de cultivo de ají en su etapa de fructificación en la irrigación Ite.55
Figura 20	Campo de cultivo de ají en su etapa de secado en la irrigación Ite 55
Figura 21	Campo de cultivo de ají en su etapa de embalaje en la irrigación Ite..... 56
Figura 22	Anemómetro..... 56
Figura 23	Pluviómetro 57
Figura 24	Higrómetro 57
Figura 25	Termómetro..... 58
Figura 26	Heliógrafo 58
Figura 27	Anemómetro..... 59

RESUMEN

Determinar cómo el clima influye en el desarrollo del cultivo del ají fue el objetivo de este estudio, el diseño de la investigación fue no experimental de corte retrospectiva longitudinal se empleó datos de series de tiempo, para generar la población y muestra, que abarcó los años 2015-2022, se utilizaron datos de la Dirección Regional de Agricultura de Tacna y del Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional (SENAMHI), las variables evaluadas fueron: Rendimiento (t/ha), Temperaturas máxima (°C), media (°C), y mínima (°C), humedad relativa (%), precipitación pluvial (pp), velocidad del viento (m/s); y horas sol (watt/m²) para determinar la relación de variables X y Y se utilizó el análisis de regresión lineal mediante el modelo $\gamma_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$ y para medir el grado de intensidad de asociación se utilizó el coeficiente de correlación R de Pearson y el coeficiente de determinación R² con el gráfico de dispersión.

Los resultados indican que existe una relación significativa entre la temperatura máxima promedio y el rendimiento, con un R Pearson = 0,78 su R² indica que el 61,29 % de la producción se atribuye a la temperatura máxima mensual. Existe una relación significativa entre la temperatura mínima promedio y el rendimiento, el R Pearson 0,63 su R² indica que el 40,24 % de la producción se atribuye a la temperatura mínima mensual. En lo relacionado a la temperatura promedio y el rendimiento hubo relación significativa, el Pearson fue 0,79 y su R² de 53,99 % del rendimiento se atribuye a la temperatura media. También se halló una relación significativa entre humedad relativa y el rendimiento, el R de Pearson fue -0,72 y R² indica que 52,07 % del rendimiento se atribuye a la humedad relativa. Existe una relación significativa entre las horas sol y el rendimiento, el R Pearson fue de R = 0,71 y su R² indica que el 50,20 % de la producción se atribuye a la horas sol. Sin embargo, no existió relación entre precipitación y el rendimiento, el R de Pearson fue 0,59 y su R² = 35,14 % del rendimiento se atribuye a la precipitación. Asimismo, no se halló relación entre la velocidad del viento y el rendimiento, el R de Pearson de 0,19 y su R² indica que 3,16 % del rendimiento se atribuye a la velocidad del viento.

Palabras clave: factores climáticos, rendimiento, variables y ají. .

ABSTRACT

Determining how the climate influences the development of chili cultivation was the objective of this study. The research design was non-experimental, longitudinal, retrospective, and time series data were used to generate the population and sample, which covered the years 2015-2022. Data from the Tacna Regional Directorate of Agriculture and the National Meteorological and Hydrological Service (SENAMHI) were used... and Regional Directorate of Agriculture of Tacna, the variables evaluated were: Yield (t/ha), Maximum ($^{\circ}\text{C}$), average ($^{\circ}\text{C}$), and minimum ($^{\circ}\text{C}$) temperatures, relative humidity (%), rainfall (pp), wind speed (m/s); and sun hours (watt/m²) to ascertain how variables relate to one another.

The findings show a strong correlation between yield and the average maximum temperature, with a Pearson $R = 0,78$, its R^2 indicates that 61,29 % of the production is attributed to the monthly maximum temperature. There is a significant relationship between the average minimum temperature and yield, the Pearson R 0,63 and its R^2 indicate that 40,24 % of the production is attributed to the monthly minimum temperature. Regarding the average temperature and the performance, there was a significant relationship, the Pearson was 0,79 and its R^2 of 53,99 % of the performance is attributed to the average temperature. A significant relationship was also found between relative humidity and yield, Pearson's R was -0,72 and R^2 indicates that 52,07 % of the yield is attributed to relative humidity. There is a significant relationship between sunshine hours and yield, the Pearson R was $R = 0,71$ and its R^2 indicates that 50,20 % of production is attributed to sunshine hours. However, there was no relationship between precipitation and yield, Pearson's R was 0,59 and $R^2 = 35,14$ % of the yield is attributed to precipitation. Likewise, no relationship was found between wind speed and performance, Pearson's R of 0,19 and its R^2 indicates that 3,16 % of the performance is attributed to wind speed.

Keywords: climatic factors, yield, variables and chili pepper.

INTRODUCCION

Tacna es considerada una de las principales regiones productoras de ají del país. Con más del 35 % de la superficie cultivada, en la irrigación de Ite, en la provincia de Jorge Basadre, es la mayor productora. En comparación con otros cultivos importados, el ají negro (panca) y el ají amarillo (paca) son los cultivos hortícolas más comunes en este distrito. Han demostrado buena tolerancia a las condiciones edafoclimáticas.

Según los productores de ají, el clima impredecible ha provocado una disminución en la producción de ají. El rendimiento de los cultivos ha disminuido debido a las altas temperaturas que afectan el desarrollo de las plantas. Además, los problemas de plagas y enfermedades provocados por las lluvias irregulares han debilitado las plantas de ají e impedido que alcancen su máximo potencial (Perú Sabroso, 2024).

Numerosos estudios científicos han examinado cómo el cambio climático afecta la producción de ají peruano y han generado preocupantes pronósticos para el futuro. Estudios recientes predicen que las temperaturas seguirán aumentando durante las próximas décadas, lo que podría agravar los efectos en los cultivos de ají.

La agricultura es una parte vital de nuestra vida y sustento, pero su éxito está ligado a las voluntades de la madre naturaleza. Los factores climáticos desempeñan un papel determinante en la producción agrícola, influyendo en rendimientos, cosechas y la seguridad alimentaria a nivel mundial. Esta investigación permite cómo los factores climáticos afectan a la producción de ají, comprendiendo sus causas, las variables climáticas involucradas y cómo su monitoreo puede mejorar su producción.

Es por ello que la producción agrícola y el clima están intrínsecamente ligados, y comprender cómo los factores climáticos afectan la producción de ají, es esencial para la seguridad alimentaria. El clima tiene un impacto bien establecido en las funciones fisiológicas de las plantas, influyendo en su crecimiento, desarrollo y rendimiento. La temperatura y la precipitación son los factores que más influyen en la fisiología vegetal,

seguidos por el viento, la luz solar y la humedad relativa en segundo y tercer lugar, respectivamente.

Es importante precisar que la variabilidad climática, que incluye cambios en patrones de temperatura y precipitación, es una de las principales influencias en la agricultura. Las variaciones estacionales y anuales pueden afectar la selección de cultivos y la planificación de siembras de los diferentes cultivos.

A medida que disminuyen las precipitaciones y empeoran las sequías, se prevé que las zonas productoras de ají del Perú experimenten mayores dificultades para obtener agua. Para superar las dificultades causadas por el cambio climático en la producción de ají peruano y mantener la variedad y calidad de este componente crucial de la gastronomía peruana, se requiere investigación que apoye la adopción de técnicas agrícolas sostenibles.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

Dado que la producción agrícola se ve directamente influenciada por diversos factores climáticos, como la temperatura, las precipitaciones, las horas de sol, la velocidad del viento, la humedad relativa y la eventual ocurrencia de eventos climáticos desfavorables típicos de la zona altoandina, como heladas, granizo, sequías, inundaciones por lluvias torrenciales y nevadas, es bien sabido que el clima tiene un impacto significativo en la agricultura. Estos eventos causan daños físicos que pueden afectar gravemente los rendimientos y, en ciertos casos, provocar pérdidas de producción de hasta el 100 %, perjudicando gravemente las campañas agrícolas.

De igual manera, los cultivos cuentan con rangos adecuados de precipitación y temperatura para su crecimiento y desarrollo. Por esta razón, los productos agrícolas presentan temperaturas superiores o inferiores a las ideales para su desarrollo durante la floración debido a la variabilidad climática, resultado de diversos fenómenos naturales y, en ocasiones, antropogénicos. Los cambios en el suministro de agua, en particular los provocados por las lluvias estacionales, también afectan la producción agrícola. Por consiguiente, uno de los factores más importantes que influyen en la agricultura es el clima.

Se cree que Perú es uno de los países con mayor variedad genética de ajíes, y la zona de Tacna alberga instalaciones de producción de pimentón, panca y ajíes encurtidos, entre otros productos.

En la irrigación Ite estudiada, los agricultores dependen de la producción agrícola como parte de sus ingresos, y los ajíes son uno de sus cultivos principales. Se ganan la vida dedicando todo su esfuerzo a este trabajo, lo que les ayuda a pagar sus cuentas y a mantener su economía. La productividad y la producción agrícola se han visto directamente afectadas por el cambio climático en los últimos años. Los pequeños

agricultores enfrentan los mayores obstáculos para la adaptación y son los más vulnerables.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera los factores climáticos influyen en la producción del cultivo de ají (*Capsicum baccatum*) en la irrigación Ite 2015 - 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la relación entre la producción (kg/ha) del cultivo de ají y la temperatura promedio en la irrigación Ite?
- ¿Cuál es la relación entre la producción (kg/ha) del cultivo de ají y la temperatura máxima en la irrigación Ite?
- ¿Cuál es la relación entre la producción (kg/ha) del cultivo de ají y la humedad relativa en la irrigación Ite?
- ¿Cuál es la relación entre la producción (kg/ha) del cultivo de ají y la heliofanía en la irrigación Ite?
- ¿Cuál es la relación entre la producción (kg/ha) del cultivo de ají y la precipitación pluvial en la irrigación Ite?
- ¿Cuál es la relación entre la producción (kg/ha) del cultivo de ají y el viento en la irrigación Ite?

1.3. Justificación e importancia de investigación

1.3.1. Justificación teórica

La investigación propuesta asegura elevar la comprensión de los factores climáticos y su relación con la producción de ají en la irrigación Ite. Asimismo, se

justifica, también, por la relevancia de desarrollar sugerencias o recomendaciones al problema planteado.

1.3.2. Justificación práctica

Los resultados de la investigación permitirán encontrar soluciones a los problemas que se suscitan con la producción del cultivo de ají y los factores climáticos, con ello deben alcanzar los objetivos del proyecto.

1.3.3. Justificación metodológica

El desarrollo del presente trabajo de investigación coadyuvará a medir las variables de estudio, como la producción de ají y los factores climáticos, para ello, se generarán los instrumentos correspondientes para la presente investigación.

1.3.4. Importancia del estudio

El presente proyecto es esencial debido a que permite la evaluación de la producción de ají y relación con los factores climáticos y; de esta forma, interés de los resultados de la investigación determinar cuál de los factores climáticos influye en mayor intensidad la producción de este importante producto en la irrigación Ite.

1.4. Objetivo

1.4.1 Objetivo general

Determinar la influencia de los factores climáticos influye en la producción del cultivo de ají (*Capsicum baccatum*) en la irrigación Ite, 2015 – 2022.

Objetivos específicos

- Determinar la relación entre la producción (t/ha) del cultivo de ají y la temperatura promedio en la irrigación Ite.
- Establecer la relación entre la producción (t/ha) del cultivo de ají y la temperatura máxima en la irrigación Ite.

- Determinar la relación entre la producción (t/ha) del cultivo de ají y la humedad relativa en la irrigación Ite.
- Analizar relación entre la producción (t/ha) del cultivo de ají y la heliofanía en la irrigación Ite.
- Establecer la relación entre la producción (t/ha) del cultivo de ají y la precipitación pluvial en la irrigación Ite.
- Determinar la relación entre la producción (t/ha) del cultivo de ají y el viento en la irrigación Ite.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Los factores climáticos influyen significativamente en la producción del cultivo de ají (*Capsicum baccatum*) en la irrigación Ite, 2015-2022.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La temperatura promedio influye significativamente en la producción (t/ha) del cultivo de ají en la irrigación Ite.
- La temperatura máxima influye en la producción (t/ha) del cultivo de ají en la irrigación Ite.
- La humedad relativa influye significativamente en la producción (t/ha) del cultivo de ají en la irrigación Ite.
- La heliofanía influye significativamente en la producción (t/ha) del cultivo de ají en la irrigación Ite.
- La precipitación pluvial influye significativamente en la producción (t/ha) del cultivo de ají en la irrigación Ite.

- El viento influye significativamente en la producción (t/ha) del cultivo de ají en la irrigación Ite.

1.6. Variables

1.6.2. Identificación de las variables

Variable independiente: Factores climáticos

Variable dependiente: Producción de ají producción (kg/ha)

1.6.3. Caracterización de las variables

Factores climáticos Los agentes que alteran, enfatizan o restringen los elementos del clima y dan origen a varios tipos climáticos incluyen la latitud, los vientos predominantes, las corrientes oceánicas, la distancia al mar, la altura y el terreno.

Producción Esto es bastante importante en términos de la producción de un país y se refiere a la explotación de la tierra para obtener bienes, generalmente cereales y variedad de hortalizas, lo que no significa otra cosa que la producción agrícola es el fruto de la siembra y la cosecha en el campo.

1.6.4. Definición operacional de las variables

Operacionalización de variables

Clasificación	Variables	Indicadores	Nivel de medición
Producción	Rendimiento	Kilogramos por ha	Razón
	Temperatura máxima, media y mínima	° C	intervalo
	Humedad relativa	Porcentaje	intervalo
	Precipitación	mm	intervalo
	Viento	m/s; km/h.	intervalo
Factores climáticos	Heliofanía	Horas	intervalo

1.7. Limitaciones de la investigación

No existe una base de datos central, ya que el monitoreo de datos atmosféricos es una actividad muy especializada. El acceso a datos secundarios del SENAEMI fue limitado y complejo. Las extensas conversaciones necesarias con la organización que proporcionó acceso a los datos no se consideraron en el proceso del estudio. Esto generó limitaciones de tiempo y recursos.

1.7.1. Espacial

La investigación solamente abarcó el ámbito de la irrigación Ite, Provincia Jorge Basadre durante el período 2015 a 2022

1.7.2. Teórica

La base teórica se fundamentará en los principales factores climáticos como la temperatura, humedad relativa, horas sol y viento que inciden en la producción de ají.

1.7.3. Temporal

La presente investigación se limitó a recopilar, procesar y analizar información obtenida durante el período 2015 – 2022.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Tigmasa (2020), investigó en su estudio “Evaluación del efecto del cambio climático como amenaza para el sector agrícola de la parroquia Izamba, Cantón Ambato”, su resultado se pudo determinar que se ha percibido un incremento en la temperatura, con lo que el 96 % de la población. La resistencia a las enfermedades de los cultivos se ha destacado como una de las consecuencias del cambio climático, y el 94,6 % de los agricultores coincide. Además, la cantidad de insecticidas ha aumentado por la misma razón.

Noya (2016), “Efectos del cambio climático en la producción del durazno en Villa Serrano, provincia Belisario Boeto del departamento de Chuquisaca-Bolivia”. El trabajo fue no experimental y se obtuvo una muestra 30 productores. Los resultados de proyecciones futuras, según los Modelos climáticos ECHAM5, para el escenario A1B nos muestra una proyección por meses para el año 2030 y 2060, donde se observa un incremento de temperatura para el mes de julio de 2,08°C a 3,34°C, que ocasionará un adelanto de la floración en el durazno, así mismo proyecta un déficit de precipitación para el mes de noviembre entre -7 % a -15 %, fase fenológica de crecimiento del fruto, los resultados de manera general que nos muestra el Modelo ECHAM5 para los años 2030 y 2060, un incremento en la temperatura de 1,79°C a 2,98°C y un déficit de precipitación de -1,16 % a -4,62 %, comparado con el modelo MAGICC de Circulación General (GCM) para el escenario A1B proyectado para los años 2030 y 2060, los resultados muestran un incremento en la temperatura de 1,22°C a 2,77°C y un déficit en la precipitación de -1,7 % a -3,7 %, se puede observar una ligera diferencia en los resultados de los dos modelos, que demuestra incertidumbre para la producción del durazno, según los efectos que pueda ocasionar en las diferentes fases fenológicas del cultivo.

Quesada (2017). En su investigación titulada Efecto del cambio climático y variabilidad climática en la distribución de áreas aptas para la producción de arroz en secano para Costa Rica. La variabilidad climática ha hecho estragos en los cultivos de Costa Rica durante muchos años, en el período que se analiza (1980-2006) se ve claramente como en 1982, 1987 y 1997 se da una reducción en la producción en distintas regiones de Costa Rica, principalmente en la región Chorotega. Al ser la región Chorotega la principal productora de arroz en Costa Rica y también la que más se afecta por el fenómeno El Niño, es evidente que esta no es una región apta para producir arroz. Cualquier variación en la precipitación puede traer consigo pérdidas de las cosechas. Por lo que esta región requiere ayuda Estatal para ampliar el distrito de riego y dejar de producir en secano. Pese a lo anterior, si esta región no sufre el efecto de la variabilidad climática, se convierte en la región que tiene la mayor cantidad de áreas aptas y muy aptas para producir en la actualidad. Lo contrario ocurre bajo el efecto del cambio climático, ya que prácticamente toda la región cambia su aptitud a baja.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Lecarnaque (2022), elaboró su estudio *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la Musa acuminata-AAA piurana, 2000 - 2019*. Investigó los efectos de los factores climáticos (temperatura, precipitación) utilizando análisis documental, investigación aplicada y cuantitativa, de corte transversal, nivel descriptivo-explicativo-correlacional y diseño no experimental. Aplicando técnicas estadísticas-econométricas se estudió series temporales relacionadas al cultivo investigado, permitió evidenciar que la dimensión climática más incidente en el nivel productivo y rendimiento propio a la Musa acuminata-AAA piurana fue la precipitación, arrojando estadísticos significativos, sin descuidar los umbrales permisibles establecidos para dicho cultivo. Sin embargo, las dimensiones climáticas de temperaturas mínima, máxima; así como, humedad relativa también tienen incidencia sobre las funciones de producción y rendimiento, pero a menor escala; siendo de igual forma, complementos necesarios para fortalecer el sistema planteado que explica en un 80,6 % y 52,6 % a la producción y rendimiento respectivamente. Finalmente, las temperaturas umbrales óptimas determinadas para la producción son similares a las indicadas por SENAMHI; óptima

máx. y mín. de 49,42 °C y 18,69 °C respectivamente; la precipitación óptima fue 278,86 mm y la humedad relativa media óptima de 71,54 %.

Benique (2019), Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la Región – Puno, el objetivo de la investigación fue cuantificar el impacto del cambio climático (temperatura, precipitación y humedad promedios) sobre el rendimiento de la producción de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017. Para ello, se trabajó con información estadística de la Dirección Regional Agraria Puno y, las variables agroclimáticas proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Puno. El estudio empleó el método de la función de regresión lineal múltiple basado en mínimos cuadrados ordinarios para explicar el rendimiento de la producción de la cañihua. Los resultados, evidenciaron que por cada variación en una unidad de la temperatura máxima el rendimiento de la cañihua aumenta en 3 %, y por cada variación en una unidad de la precipitación máxima el rendimiento aumenta 0,34 %, por cada variación en una unidad de la precipitación mínima el rendimiento se cae en -2,16 %. en tanto a la humedad máxima por cada variación en una unidad influyó en el rendimiento en 0,70 %, y la humedad mínima en 0,93 % respectivamente.

Arrieta y Arpi (2021), estudiaron el efecto del cambio climático sobre el rendimiento de los principales productos agrícolas en la región Puno: Período 1964-2019. El estudio utilizó el enfoque ricardiano para determinar el efecto del cambio climático en el rendimiento de los principales cultivos del altiplano de Puno-Perú, durante el período 1964-2019. Se utilizaron datos de series de tiempo, temperaturas y precipitaciones del SENAMHI, se consideró también, el rendimiento de los principales cultivos de la región del MINAGRI, para estimar modelos de función de producción cuadráticas de cada cultivo y el comportamiento climático a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios. Los impactos marginales son concordantes con el modelo ricardiano, dado que el aumento marginal de las precipitaciones durante la temporada de lluvias, aumentarían los ingresos agrícolas netos, pero se reducirían en términos cuadrados de esta temporada. Concluyo que el impacto del cambio climático en la agricultura parece variar con la temperatura y la precipitación en las diferentes estaciones. Los impactos del cambio climático son

impulsados por la disminución de las precipitaciones, lo que implica que los esfuerzos de adaptación deben apuntar a variedades.

2.1.3. Antecedentes locales

Casilla (2011), "Análisis de los factores que influyen en la vecería del olivo (*Olea europea* L.) en la Región Tacna", cuyo objetivo fue analizar los factores ambientales y factores humanos que influyen en la vecería olivícola, en términos de: temperatura ambiental representada en horas de frío, humedad relativa, horas sol y la dotación de recursos hídricos expresados en agua de riego al olivo y el efecto de la inducción floral, fertilización, poda y recolección. El trabajo descriptivo fue no experimental convencional expostfacto, corresponde a un análisis del comportamiento histórico de variables en la producción, con énfasis en los años veceros y realizado en los valles Tacna y Sama; tomando una serie histórica de 30 años SENAMHI - TACNA, para el caso de los factores ambientales y la data de superficie, rendimientos y producción derivadas del Ministerio de Agricultura. Para recopilar información a nivel de campo, se efectuó una encuesta con un tamaño de muestra de 80 agricultores representativos. En el trabajo de gabinete se realizó el análisis de regresión para los factores ambientales, y para los factores humanos se hicieron con la estadística descriptiva. Los principales resultados a los que se arribaron es que, en toda la serie, 18 años arrojaron rendimientos altos, mientras que en la de 12 años rendimientos bajos. Por otro lado, se identificaron 7 ciclos de alternancia, calificándoseles como cíclico y coyuntural. Realizando el respectivo análisis de regresión, se ha encontrado que solo la humedad relativa y la heliofanía tienen responsabilidad en los rendimientos productivos, al menos para el espacio temporal y geográfico estudiados. En cuanto a los factores humanos que inciden en contrarrestar al fenómeno de la vecería por intermedio de la variable educación y conocimiento, se halló que solo el 13,26 % contribuye a este fin y en lo que respecta a la variable del uso de la tecnología en el manejo agronómico se concluyó que el 42,72 % contribuye a contrarrestar al fenómeno de la vecería.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cultivo de ají

2.2.1.1. Origen

El género *Capsicum*, incluye más o menos 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, correspondiendo a las áreas de Bolivia-Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7000 años, y se habría diseminado a toda América. (Nuez, 1996).

2.2.1.2. Ubicación taxonómica

Reino: Vegetal

División: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Orden: Tubiflorales

Familia: Solanáceas

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum baccatum* L. (INIA, 2005).

2.2.1.3. Características morfológicas

Planta anual, herbácea, sistema radicular pivotante provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias. (León, 2000)

Tallo de crecimiento limitado y erecto, con un porte que en término medio puede variar entre 0,5 – 1,5 m. Cuando la planta alcanza cierta edad, los tallos se lignifican ligeramente. (Eshbaugh, 2012)

Las hojas son glabras (sin pelos), enteras, ovales o lanceoladas, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo o poco aparente. (Nuez, 1996).

Las flores son de corola blanquecina, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar. Su fecundación es claramente autógama, la alogamia no superando el 10 %. (Nuez, 1996).

El fruto es una baya semicartilaginosa y deprimida, de color rojo cuando está maduro, insertado pendularmente, de forma y tamaño muy variable. (Eshbaugh, 2012)

Las semillas, redondeadas y ligeramente reniformes, suelen tener 3-5 mm de longitud. Se insertan sobre una placenta cónica de disposición central, y son de un color amarillo pálido. Un gramo puede contener entre 150 y 200 semillas y su poder germinativo es de tres a cuatro años. (Valderrama y Úgas, 2009).

2.2.1.4. Suelos

El cultivo prefiere suelos sueltos (arenosos), con baja conductividad eléctrica, bien aireados y sobre todo con buen drenaje. El pH óptimo varía 6,5 a 7. Excelente respuesta de incorporación de materia orgánica al suelo (30 TM como mínimo). Es muy importante el subsolado previo (si fuese necesario), para facilitar el drenaje y lavado de sales. (Nuez, 1996).

El ají no tolera alta salinidad del suelo, por lo que la calidad del agua a usarse por el sistema de riego deberá permitir mantener libre de sales el bulbo de riego, asegurando un desarrollo normal del cultivo. (Nuez, 1996).

Zúñiga (2006). Menciona que el pH óptimo varía entre 6,5 y 7. Presenta una excelente respuesta a la incorporación de materia orgánica al suelo (30 TM/ha como mínimo). Además, menciona que es de suma importancia el subsolado previo del suelo si fuese necesario para facilitar el drenaje y el lavado de las sales. Se indica 10 que el máximo valor de salinidad del suelo, bajo el cual, no existe disminución en el rendimiento, es de 1,5 dS/m, conforme este valor se incrementa en una unidad, existe una disminución del orden del 14 % respectivamente.

2.2.1.5. Temperaturas

Se desarrolla favorablemente en climas tropicales y semitropicales a templados. Si durante la floración-fructificación se presentan temperaturas no adecuadas, se producen pocos frutos por planta y los frutos son de mala calidad, chicos, deformes y con manchas causadas por quemaduras del sol. En cuanto a la humedad relativa óptima, oscila

entre el 50 % y el 70 %, la humedad relativa muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades. (INIA, 2005).

Úgas et al., (2000), señalan que los capsicum se producen a temperaturas que van de 16 – 20 °C, por otra parte, Maroto (2002), indica que los capsicum se producen a temperaturas diurnas entre 20 – 25 °C y temperaturas nocturnas entre 16 – 18 °C, En tanto que Nicho (2004), menciona que en la germinación la temperatura mínima es de 13 °C, en la etapa de desarrollo vegetativo y floración, siendo que la temperatura no puede ser menor de 15 °C, porque disminuye la floración, afectando directamente el rendimiento de fruto de ají; además, concluye que la temperatura optima, durante la diferenciación floral y cuajado de frutos es de 25 °C.

2.2.1.6. Luminosidad

En la etapa de almácigo, la iluminación debe ser difusa, evitando en lo posible la luz directa de los rayos del sol (Nicho, 2004). Durante toda la temporada de producción este factor es importante, las plantas necesitan suficiente luz para mantener un crecimiento saludable y formación de frutos (Bosland y Votava, 2012), siendo especialmente exigentes durante la floración, reduciendo el porcentaje de esta y produciendo flores débiles en situaciones de escasa luminosidad, dado que al reducirse la cantidad de fotosintatos la planta difícilmente dará lugar a yemas reproductivas, generando, en cambio, 15 yemas vegetativas (Zapata et al., 1992). Para el cultivo de pimiento, la radiación mínima recomendada en el día es 150 W/m² (INTAGRI, 2017).

Por otra parte, Zapata (1992), menciona que el ají escabeche es exigente en luminosidad en todo su ciclo vegetativo, especialmente en floración, ya que esta se ve reducida y las flores son más débiles en situaciones de escasa luminosidad. La falta de luz provoca etiolación en la planta; alargamiento de los entrenudos y de los tallos, que quedarán débiles y no podrás soportar el peso de una cosecha abundante de frutos

2.2.1.7. Humedad relativa

Jaramillo (2005), Menciona que los Capsicum se desarrollan bien con baja humedad relativa, encontrándose el óptimo entre 50 y 70 por ciento. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados.

2.2.2. El cambio climático y sus impactos en la agricultura

Según el IPCC (2014), “los impactos de los recientes fenómenos extremos conexos al clima, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales, ponen de relieve una importante vulnerabilidad y exposición de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos a la actual variabilidad climática”.

Esta variabilidad climática también amenaza elementos básicos para la vida, como manifiesta Ocampo (2011), se encuentran amenazados el acceso al agua, la salud, la producción de alimentos, el uso de tierras y ecosistemas.

Altieri y Nicholls (2008), señalan que en respecto al impacto en la agricultura, la preocupación se tiene debido a que las variables climáticas claves para el crecimiento de los cultivos (por ejemplo: precipitación, temperatura, humedad, horas sol, viento, etc.) podrían ser severamente afectadas y así impactar la producción agrícola.

De acuerdo a lo señalado, con Altieri y Nicholls (2008) “a medida que el cambio climático reduzca los rendimientos de los cultivos, los efectos sobre el bienestar de las familias dedicadas a la agricultura de subsistencia pueden ser muy severos, especialmente si el componente de productividad es reducido”.

Vulnerabilidad de la agricultura a la variación de la temperatura y precipitaciones: Los impactos de Cambios Ambientales Globales de precipitaciones y temperatura, como las heladas, son difíciles de prevenir y causan más daño cuando suceden en momentos críticos del crecimiento de los cultivos. Las consecuencias serán la disminución del agua de riego, la granizada y las heladas que también impactan considerablemente en la vulnerabilidad de los productores (Mussetta et al., 2015). Los cambios en los patrones

actuales de la temperatura podrían ocasionar grandes efectos en la demanda hídrica de los cultivos, en el manejo de los cultivos y en la planeación de los recursos hídricos de las zonas de riego (Ojeda et al., 2011).

Con el aumento de las temperaturas medias globales, los cultivos están siendo cada vez más expuestos a calor extremo en el período reproductivo, aumentando el riesgo de daño o falla en el rendimiento (Gourdijl et al., 2013). Las proyecciones climáticas del Altiplano para finales de siglo incluyen aumentos de temperatura, frecuencia de eventos extremos, cambio en el tiempo de lluvia y reducción de la humedad del suelo (Valdivia et al., 2013). La disponibilidad de agua aumentará en algunas partes del mundo y tendrá su propio efecto sobre la eficiencia del uso y la asignación de agua. El aumento en la precipitación beneficiará el rendimiento de los cultivos por su sensibilidad a la precipitación que a la temperatura (Yinhong Kang et al., 2009).

Con el aumento de la temperatura y las fluctuaciones de la precipitación, es posible que disminuyan la disponibilidad de agua y la producción de 14 cultivos (Yinhong Kang et al., 2009). También los bajos niveles de productividad y competitividad de los sistemas ganaderos tropicales se dan como consecuencia de la pérdida de los recursos naturales, que a su vez es recrudecido por el cambio climático (Murgueitio et al., 2009; Acosta, 2012).

2.3. Definición de términos

Clima

El conjunto promedio de los estados de la atmósfera (temperatura, viento, precipitación, radiación solar, humedad, etc.) en un cierto período de tiempo (más de treinta años) en un lugar dado o en todo el globo”. (Acot, 2005, citado por Sánchez et al., 2011:9).

Cambio Climático

Es la variación del estado del clima identificable mediante pruebas estadísticas, en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo. Son la consecuencia

de la contaminación ambiental y se evidencian en las alteraciones de precipitación, temperatura y eventos como la granizada, sequía que se van repitiendo año tras año (IPCC, 2014).

La precipitación

Agua que cae de las nubes en forma líquida o congelada, como la lluvia y la nieve. El clima y la temperatura son los factores que más influyen en la precipitación, que es errática (IPCC, 2007).

La precipitación varía en cantidad, intensidad, frecuencia y tipo en respuesta al cambio climático. Las sequías, que se han presentado en muchas partes del mundo, son más probables como resultado del calentamiento global. Sin embargo, según una conocida regla científica, conocida como la conexión de Clausius-Clapeyron, la capacidad de la atmósfera para almacenar agua aumenta un 7 % por cada grado Celsius que aumenta la temperatura (IPCC, 2007).

Producción

Es un componente del ciclo completo de la actividad económica y puede fomentar la adición de valor a productos y/o servicios, especialmente cuando se introducen nuevas variables determinantes para mejorar la actividad según sea necesario.

Productividad

La cantidad de bienes y/o servicios producidos por cada elemento utilizado (trabajador, capital, tiempo, tierra, etc.) durante un período específico y para una actividad económica particular se determina mediante esta métrica económica.

Producción agrícola

El trabajo de la tierra para producir bienes, en concreto, alimentos como cereales, legumbres, frutas y otras verduras, se conoce como producción agrícola. El resultado de la siembra y la cosecha en el campo con la intención de producir

alimentos aptos para el consumo humano se conoce como producción agrícola. Para obtener un valor añadido, ocasionalmente pueden terminar en la agroindustria (Ojeda, 2020).

Productividad agrícola

Se estima con el cociente dado entre la producción y los factores productivos. La productividad está relacionada directamente con la eficiencia y eficacia en la que se hacen uso de los recursos y es expresada en porcentaje de la producción entre los factores (Ojeda, 2020).

Rendimiento

Es una medida de la cantidad de un cultivo o producto (en este ejemplo, trigo, carne de res o leche) producida por unidad de superficie terrestre. También se puede aplicar a otras actividades económicas cuando la tierra no siempre es la unidad de medida. Asimismo, puede emplearse en ciertos campos como la manufactura, la gastronomía y el turismo, entre otros.

Temperatura

Medida con un instrumento especializado y establecido, es una magnitud puramente física que muestra o especifica la energía interna de un cuerpo, un objeto o el medio ambiente en general.

Temperatura base

La temperatura a la que el frío detiene el desarrollo de las plantas se conoce como temperatura base. El desarrollo de las plantas se acelera cuando la temperatura supera la temperatura base y finalmente alcanza el nivel ideal.

Temperatura óptima

La temperatura ideal es aquella que promueve el crecimiento más rápido posible de las plantas. Las temperaturas superiores a las ideales ralentizan el crecimiento,

mientras que las temperaturas extremadamente altas o bajas pueden interrumpir el desarrollo de una planta e incluso matarla.

Temperatura media

Aquí se hace referencia a los promedios estadísticos de las temperaturas máximas y mínimas observadas durante el mismo período.

Temperatura máxima

Puede ser un día, un mes o un año, y es la temperatura más alta jamás registrada durante ese período.

Temperatura mínima

La temperatura más baja registrada durante un período específico (día, mes o año) se conoce como temperatura mínima.

Precipitación

El agua cae de la atmósfera a la tierra durante esta fase del ciclo hidrológico natural.

Humedad relativa:

La relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura específica se conoce como humedad relativa.

Variación del clima

Además de la variabilidad climática natural observada en períodos comparables, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define el cambio climático como un cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana y que modifica la composición de la atmósfera global.

Variabilidad Climática

Se atribuye a factores naturales, como fluctuaciones climáticas, mediciones estadísticas de la condición promedio y otras características como la desviación estándar de fenómenos graves que ocurren anualmente, como El Niño o La Niña, entre otros. Los procesos internos naturales o los eventos externos violentos, ya sean provocados por el hombre o naturales, podrían ser la fuente de la variabilidad (IPCC, 2013).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción de las características de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Dependiendo del tipo de investigación, el estudio es una investigación aplicada sobre los elementos del clima que tiene como objetivo resolver un problema presente y actual en el campo.

Asimismo, la investigación es de nivel explicativa, puesto que se busca determinar los efectos de los factores climáticos (variable independiente) sobre la de la producción de ají (variable dependiente) (Hernández, et al 2013).

3.1.2. Nivel de investigación

Dado que busca determinar el grado de interacción entre dos o más variables con respecto al factor climático, el nivel es comparativo según el alcance del objetivo general y los objetivos particulares. Para comparar las variables con un caso verificado, se realizan aproximaciones (Hernández et al., 2013).

3.2. Diseño de investigación

De acuerdo a Carrasco (2019), el diseño de la investigación es no experimental debido a que se evalúa el fenómeno de manera retrospectiva. El estudio es longitudinal debido a que se evalúa el fenómeno, que se recolectan datos en varios momentos.

3.3. Población y/o muestra de estudio

La producción de ají de la irrigación Ite está relacionada con las personas estudiadas en este estudio. Además, se presume que la muestra de los informes estadísticos es representativa de la realidad estudiada.

En el caso de una investigación que emplea datos de series de tiempo, la población y muestra están compuestas por el número de años del período; en consecuencia, en este caso son en número de 8 años.

3.4. Materiales y/o instrumentos

3.4.1. Equipos de medición

Los equipos para medir factores climáticos incluyeron los siguientes equipos:

- Termómetro (Temperatura)
- Higrómetro (Humedad)
- Anemómetro (Viento)
- Pluviómetro (Precipitación)
- Heliógrafo (Horas sol)

3.4.2. Técnicas

La investigación tendría como técnica la documental para la recolección de datos sobre sus experiencias previas con eventos de los factores climáticos y cómo han afectado el rendimiento del cultivo del ají en la irrigación Ite.

3.4.3. Instrumentos

Para esta investigación, el instrumento de medición que se usó serán los análisis de contenido, que en este caso los análisis de datos históricos, para recopilar datos sobre la ocurrencia de eventos climáticos en el distrito de Ite, así como los registros de rendimiento de ají en diferentes años. Se utilizan estos datos para analizar patrones y tendencias a lo largo del tiempo y evaluar la posible influencia de los factores climáticos en el rendimiento del ají.

El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú (MIDAGRI) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) también recopilaron datos de series previamente documentadas. Se recopilaron datos mensuales y/o anuales relacionados con el clima entre 2015 y 2022.

3.5. Tratamiento de datos

Mediante análisis de regresión lineal, se estimó el impacto de las condiciones climáticas. Para determinar la relación entre las variables que podrían explicar el comportamiento de una variable dependiente a través de otra independiente, este estudio se vincula con el coeficiente R de Pearson. La cantidad de varianza en la variable dependiente Y que puede atribuirse a la variable independiente X se mide mediante el coeficiente de determinación, o R^2 .

El modelo de regresión lineal es el siguiente:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$$

Donde:

- y_i representa el valor de la variable respuesta para la observación i-ésima
- X_i representa el valor de la variable explicativa para la observación i-ésima
- β_0 y β_1 son los coeficientes de regresión
- β_0 Intercepto β_1 Pendiente

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Años y rendimiento (t/ha)

Se ha utilizado el análisis de varianza para comparar los parámetros climáticos con la producción de ají, con el fin de comprender mejor cómo ha evolucionado la producción de ají en la irrigación Ite. En vista de ello, se planteó la siguiente hipótesis estadística:

Ho: No existe una regresión lineal entre X e Y

Ha: Existe regresión lineal de Y en función de X

α : 0,05

Tabla 1

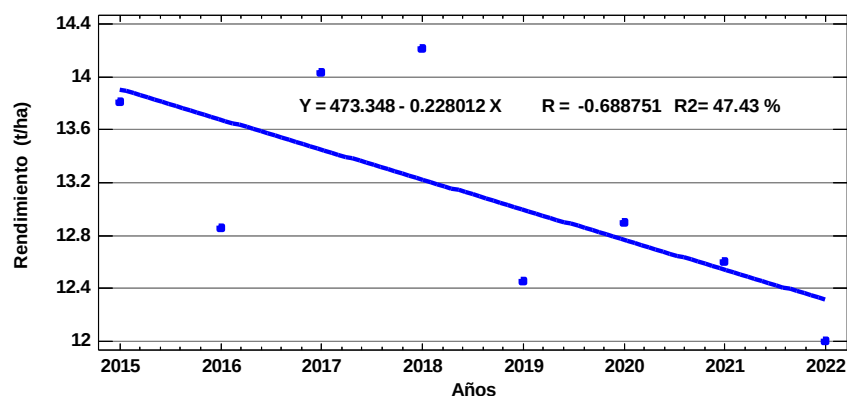
Análisis de varianza de años de producción y rendimiento (t/ha) de ají.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	2,183		2,1835	5,42	0,05
Residuo	2,419		0,0403		
Total	4,602				

La Tabla 1 del análisis de varianza de la regresión simple lleva a concluir que, con un nivel de confianza del 95,0 %, existe una relación estadísticamente significativa entre el desempeño y los años, y la hipótesis nula debe rechazarse porque 0,05 es mayor que el nivel de significancia de 0,05 e considera que el resultado es marginalmente significativo.

Figura 1

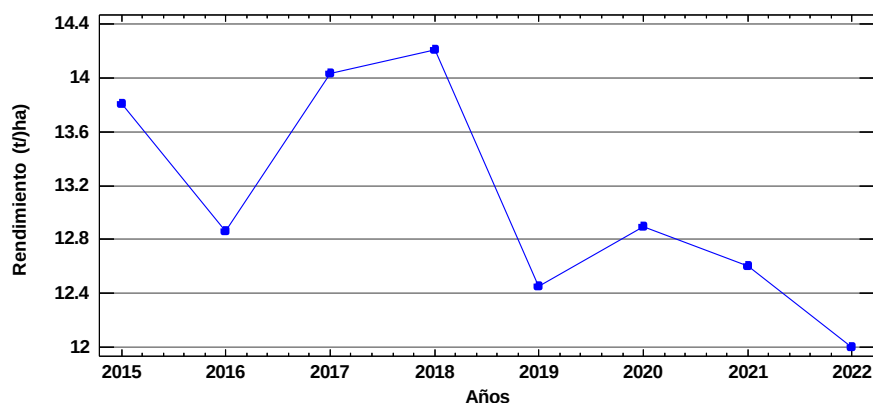
Diagrama de dispersión evolución del rendimiento respecto a los años cultivados.



La figura 1, nos demuestra una tendencia lineal entre las variables de estudio, siendo la ecuación de $Y = 473,48 - 0,228012 X$, indica que por cada año de producción ha disminuido el rendimiento en 0,228012 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = -0,68$ por lo que indicamos que existe una: mediana correlación negativa a entre los años y el rendimiento del cultivo; el coeficiente de determinación indica $R^2 = 47,43 \%$ de la producción, se atribuye a los años que se viene cultivando ahí. +

Figura 2

Evolución del rendimiento vs años



La figura 2 muestra la evolución de los rendimientos obtenidos, apreciándose que el mayor rendimiento se obtuvo durante el período del 2018 con 14,034, seguido del año

2017 con un rendimiento de 14 212 t/ha y los años de menores rendimiento se obtuvieron los años 2019 y 2022 con 12 447 y 12,000 t/ha respectivamente.

4.2. Factores climáticos y rendimientos

A continuación, analizaremos la influencia de los factores climáticos y los rendimientos de la serie cronológica de 8 años, descritos anteriormente.

4.2.1. Temperatura máxima mensual (°C) vs rendimiento (t/ha)

Ho: No existe una regresión lineal entre X e Y

Ha: Existe regresión lineal de Y en función de X

α : 0,05

Tabla 2

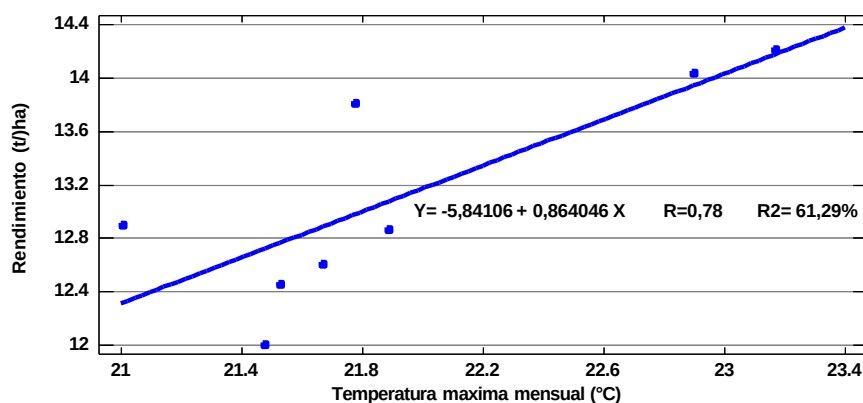
Análisis de varianza de temperatura máxima mensual y rendimiento (t/ha)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	2,8513		2,8513	9,77	0,0205
Residuo	1,7551		0,291		
Total	4,60299				

Según la tabla 2 del análisis de varianza de la regresión simple entre la temperatura máxima mensual y rendimiento se concluye: rechazar la hipótesis nula, puesto que 0,05 es superior a la significación 0,0205, infiriéndose que existe una relación estadísticamente significativa máxima con un nivel de confianza del 95,0 %.

Figura 3

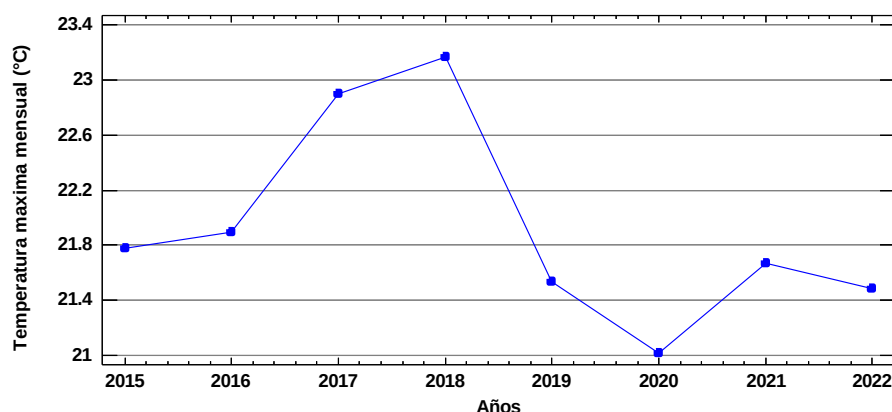
Diagrama de dispersión de temperatura máxima mensual en relación al rendimiento (t/ha)



La figura 3 nos demuestra una tendencia lineal positiva entre las variables de estudio, siendo la ecuación resultante $Y = -5,84106 + 0,864046 X$, indica que por cada unidad de °C se ha elevado el rendimiento en 0,86404 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = 0,78$, indica un grado de intensidad moderadamente entre la temperatura máxima mensual y el rendimiento del cultivo; el coeficiente de determinación R^2 indica que el 61,29 % de la producción se atribuye a la temperatura máxima mensual.

Figura 4

Evolución de la temperatura máxima mensual en relación a los años.



La figura 4 muestra las temperaturas promedio de cada año, donde se aprecia que la mayor temperatura anual se registró durante año 2018 con 23.4°C seguidos de los años

2017 y 2016 con 22.89 °C y 21.78°C respectivamente los años que registraron los menores fueron los años 2020 y 2022 con 21.27°C y 21.4°C respectivamente.

4.2.2. Temperatura mínima mensual (°C) vs rendimiento (t/ha)

Ho: No existe una regresión lineal entre X e Y

Ha: Existe regresión lineal de Y en función de X

α : 0,05

Tabla 3

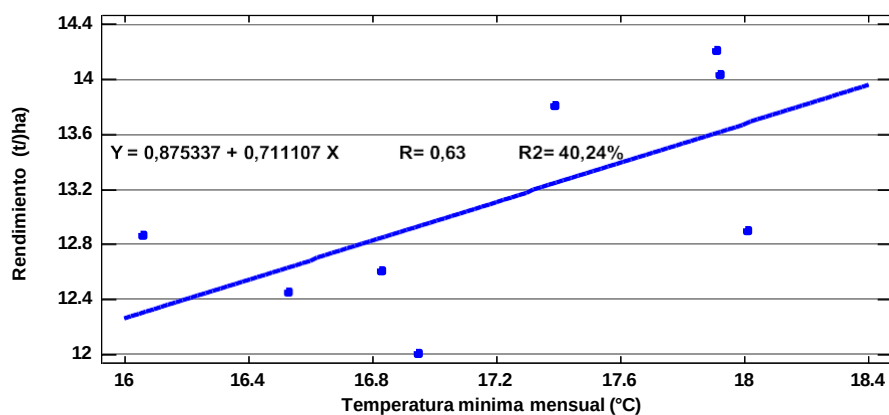
Análisis de varianza de temperatura (°C) mínima mensual y rendimiento (t/ha)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	1,85208		1,85208	4,04	0,0912
Residuo	2,75091		0,458485		
Total	4,60299				

Según la tabla 3 del análisis de varianza de la regresión simple de temperatura (°C) mínima mensual y rendimiento (t/ha) se concluye: rechazar la hipótesis planteada, puesto que a 0,05 es inferior a la significación 0,0912, infiriéndose no hay una relación estadísticamente significativa entre rendimiento y la temperatura mínima mensual con un nivel de confianza del 95,0 %.

Figura 5

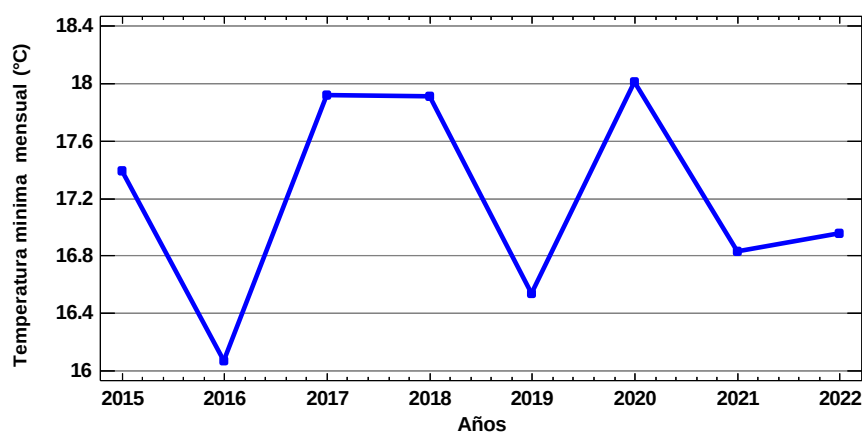
Diagrama de dispersión de temperatura mínima mensual en relación al rendimiento (t/ha)



Con la ecuación $Y = 0,875337 + 0,711107 X$, la Figura 5 muestra una tendencia lineal positiva entre las variables de estudio. Esto significa que el rendimiento ha aumentado en 0,711107 t/ha por cada unidad de temperatura (°C). Existe una correlación positiva media entre las variables, según el valor de correlación de Pearson de $R = 0,63$. El coeficiente de determinación R^2 muestra que la temperatura mínima mensual representa el 40,24 % de la producción.

Figura 6

Evolución de la temperatura mínima mensual en relación a los años.



La figura 6 muestra la evolución de la temperatura mínima mensual de cada año, donde se aprecia que la mayor temperatura anual se registró durante año 2018 con 14,3

°C seguidos de los años 2017 y 2015 con 14,10 °C y 13,80 °C respectivamente los años que registraron los menores fueron los años 2022 y 2021 con 12,15 °C y 12,10 °C respectivamente.

4.2.3. Temperatura media mensual (°C) vs rendimiento (t/ha)

Ho: No existe una regresión lineal entre X e Y

Ha: Existe regresión lineal de Y en función de X

α : 0,05

Tabla 4

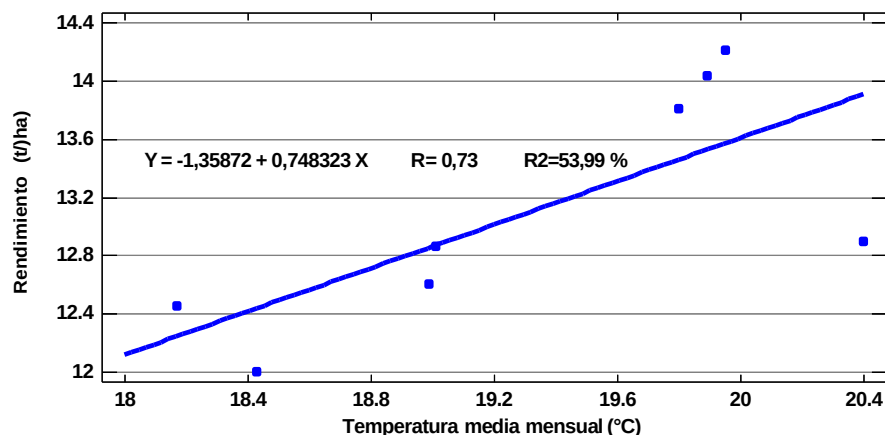
Análisis de varianza de temperatura (°C) media mensual y rendimiento (t/ha)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	2,48489		2,48489	7,04	0,0379
Residuo	2,1181		0,353016		
Total	4,60299				

Según la tabla 4 del análisis de varianza de la regresión simple de la temperatura (°C) promedio mensual y rendimiento (t/ha) se concluye: aceptar la hipótesis planteada, puesto que 0,05 es superior a la significación 0,0379 infiriéndose que hay una relación estadísticamente significativa entre rendimiento y la temperatura promedio mensual con un nivel de confianza del 95,0 %.

Figura 7

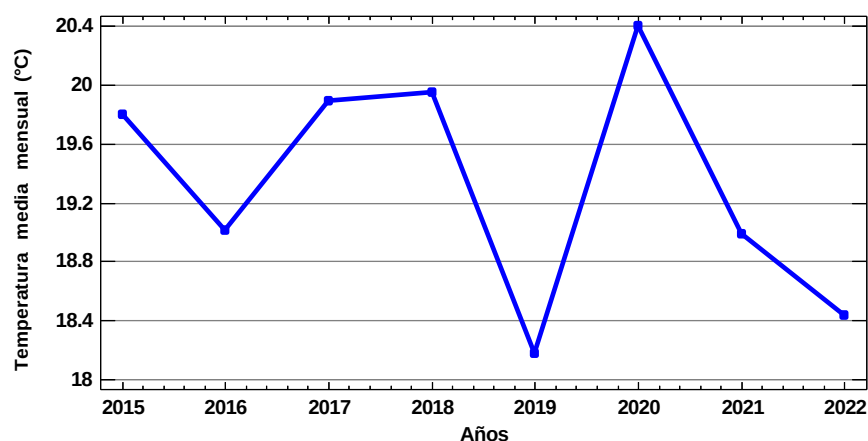
Diagrama de dispersión de temperatura media mensual en relación al rendimiento (t/ha)



Con la ecuación $Y = -135672 + 0,748323 X$, la Figura 7 ilustra una tendencia lineal entre las variables de investigación e indica que el rendimiento aumenta en 0,748623 t/ha por cada unidad de temperatura. Existe una asociación considerable entre la temperatura y el rendimiento del cultivo, como lo indica el coeficiente de correlación de Pearson de $R = 0,73$; el coeficiente de determinación muestra que la temperatura promedio representa $R^2 = 53,99 \%$ de la producción.

Figura 8

Evolución de la temperatura media en relación a los años.



La figura 8 muestra la temperatura registrada de cada año, donde se aprecia que la mayor temperatura anual se registró durante año 2020 con 20,40°C seguidos de los

años 2018 y 2017 con 19,90 °C y 19, 75°C respectivamente los años que registraron los menores fueron los años 2019 y 2022 con y 18,3°C y 18,45°C respectivamente.

4.2.4. Humedad relativa (°C) vs rendimiento (t/ha)

Ho: No existe una regresión lineal entre X e Y

Ha: Existe regresión lineal de Y en función de X

α : 0,05

Tabla 5

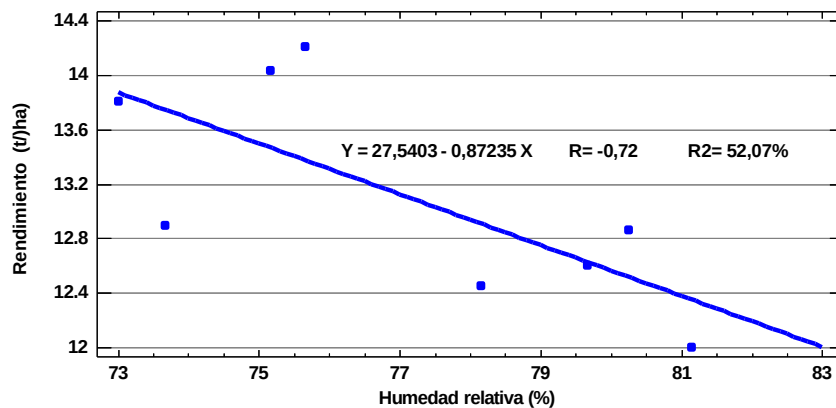
Análisis de varianza de la humedad relativa (%) y rendimiento (t/ha)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	2,397		2,397	6,52	0,0433
Residuo	2,20598		0,368		
Total	4,60299				

Dado que 0,05 es mayor que el nivel de significancia de 0,0433, lo que indica que existe una relación estadísticamente significativa entre el rendimiento y la humedad relativa con un nivel de confianza del 95,0 %, la tabla 5 del análisis de varianza de la regresión simple de humedad relativa (%), y rendimiento (t/ha) concluye que la hipótesis es aceptada.

Figura 9

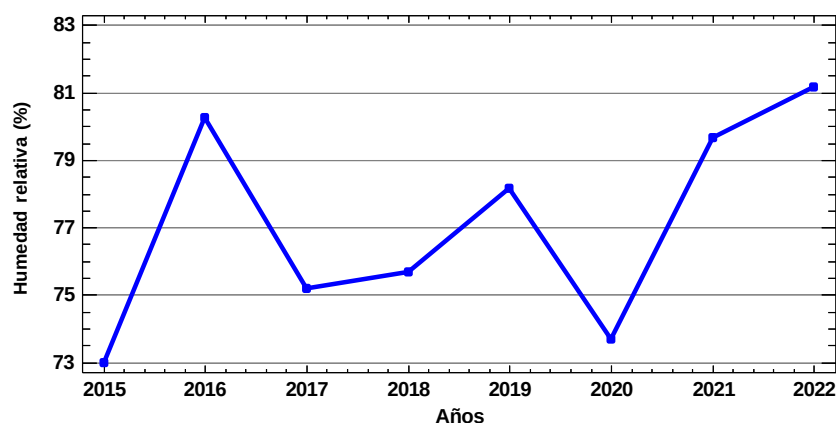
Diagrama de dispersión de humedad relativa (%) en relación al rendimiento (t/ha)



Con la ecuación $Y = 27,5403 - 0,87235 X$, que muestra que el rendimiento disminuye en 0,87235 t/ha por cada unidad de humedad relativa (%), la Figura 9 ilustra una tendencia lineal negativa entre las variables de estudio. La humedad relativa y el rendimiento del cultivo presentan una correlación débilmente negativa, según el coeficiente de correlación de Pearson de $R = -0,72$. El coeficiente de determinación R^2 muestra que la humedad relativa representa el 52,07 % de la producción.

Figura 10

Evolución de la humedad relativa mensual en relación a los años.



La figura 10 muestra los registros de humedad relativa donde se aprecia que la mayor humedad relativa se registró durante año 2022 con 81,18 % seguidos de los años

2016 y 2021 con 80,08 % y 79,25 % respectivamente los años que registraron los menores fueron los años 2020 y 2017 con 74,16 % y 75,67 % respectivamente.

4.2.5. Precipitación (°C) vs rendimiento (t/ha)

Ho: No existe una regresión lineal entre X e Y

Ha: Existe regresión lineal de Y en función de X

α : 0,05

Tabla 6

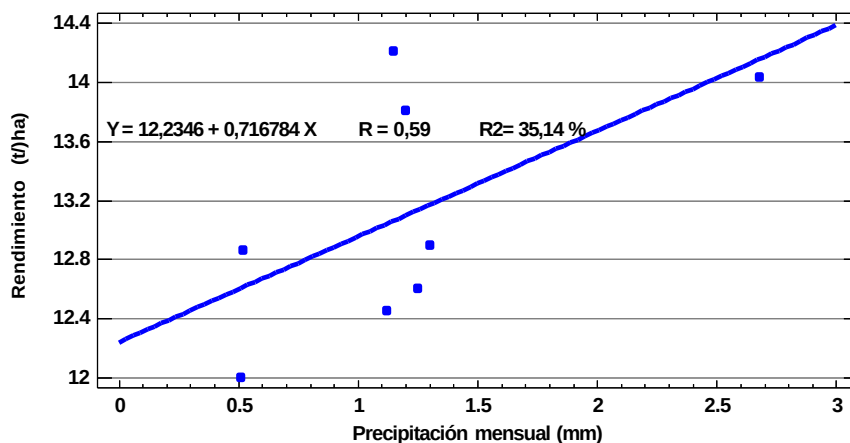
Análisis de varianza de la precipitación (pp) y rendimiento (t/ha)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	1,61747		1,61747	3,25	0,1215
Residuo	2,98551		0,497585		
Total	4,60299				

Según la tabla 6 del análisis de varianza de la regresión simple de precipitación (pp) y rendimiento (t/ha), se concluye: rechazar la hipótesis planteada, puesto que a 0,05 es inferior a la significación 0,1215, infiriéndose que no hay una relación estadísticamente significativa entre rendimiento y la humedad relativa con un nivel de confianza del 95,0%.

Figura 11

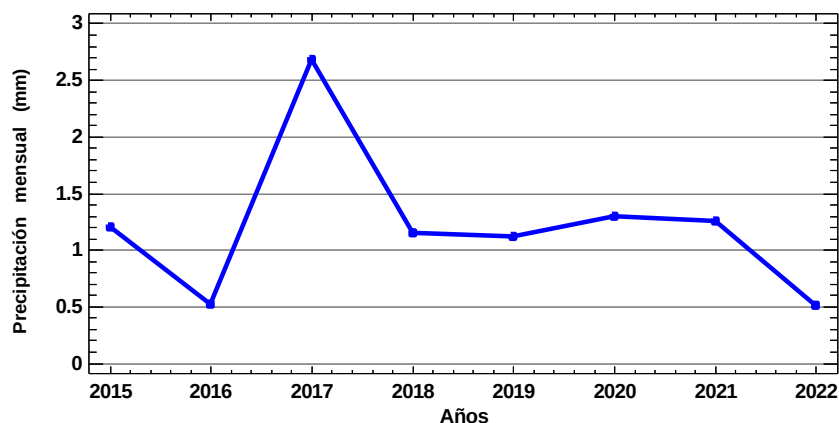
Diagrama de dispersión de precipitación mensual (mm) en relación al rendimiento (t/ha)



La figura 11, nos demuestra una tendencia lineal entre las variables de estudio, siendo la ecuación de $Y = 12,2346 + 0,716784 X$, indica que por unidad de precipitación el rendimiento disminuye con 0,716784 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = 0,59$, por lo que indicamos que existe una: mediana correlación negativa entre la precipitación y el rendimiento del cultivo; el coeficiente de determinación indica $R^2 = 35,14 \%$ de la producción, se atribuye a la precipitación.

Figura 12

Evolución de la precipitación mensual (mm) relación a los años.



La figura 12 muestra los registros de la precipitación anual, se aprecia que la mayor precipitación se registró los años 2017 y 2020 con 2,68 y 1,25 mm y los años que

registraron los menores promedios se registraron los años 2016 y 2021 con 0,52 y 0,51 mm respectivamente.

4.2.6. Velocidad del viento (m/s) vs rendimiento (t/ha)

Ho: No existe una regresión lineal entre X e Y

Ha: Existe regresión lineal de Y en función de X

α : 0,05

Tabla 7

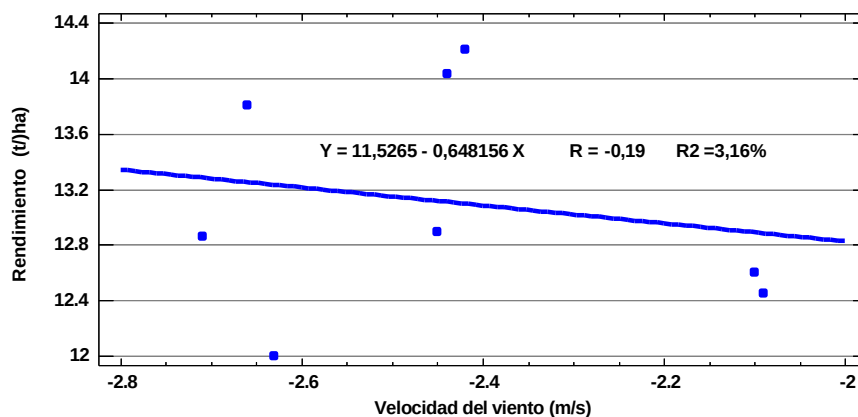
Análisis de varianza de la velocidad del viento (m/s) y rendimiento (t/ha)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,216227	1	0,216227	0,30	0,6062
Residuo	4,38676	6	0,731127		
Total	4,60299	7			

Según la tabla 7 del análisis de varianza de la regresión simple entre la velocidad del viento (m/s) y rendimiento (t/ha) se concluye: rechazar la hipótesis planteada, puesto que a 0,05 es inferior a la significación 0,6062, infiriéndose que no hay una relación estadísticamente significativa entre rendimiento y la velocidad del viento con un nivel de confianza del 95,0 %.

Figura 13

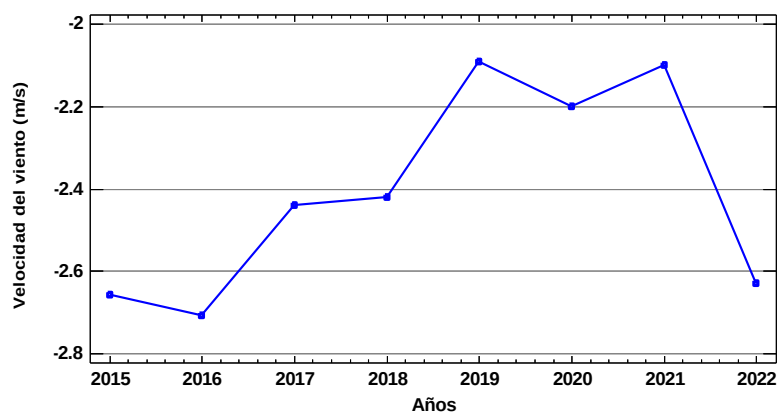
Diagrama de dispersión de velocidad del viento (ms) en relación al rendimiento (t/ha)



La figura 13, nos demuestra una tendencia lineal entre las variables de estudio, siendo la ecuación de $Y = 11,4279 - 0,697547 X$, indica que por unidad de velocidad del viento ha disminuido el rendimiento en 0,697547 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = 0,19$, por lo que indicamos que existe una: correlación negativa débil entre la precipitación y el rendimiento del cultivo; el coeficiente de determinación R^2 indica que 3,16 % de la producción se atribuye a la velocidad del viento.

Figura 14

Evolución de velocidad del viento relación a los años.



La figura 14 muestra los registros de la velocidad del viento, se aprecia que la mayor precipitación se registró los años 2016 y 2022 con -2,71 (h/s) y -2,63 (h/s) y los

años que registraron los menores promedios fueron los años 2019 y 2021 con $-2,09$ (h/s) y $-2,10$ (h/s) respectivamente.

4.2.7. Horas sol (h/s) vs rendimiento (t/ha)

Ho: No existe una regresión lineal entre X e Y

Ha: Existe regresión lineal de Y en función de X

Tabla 8

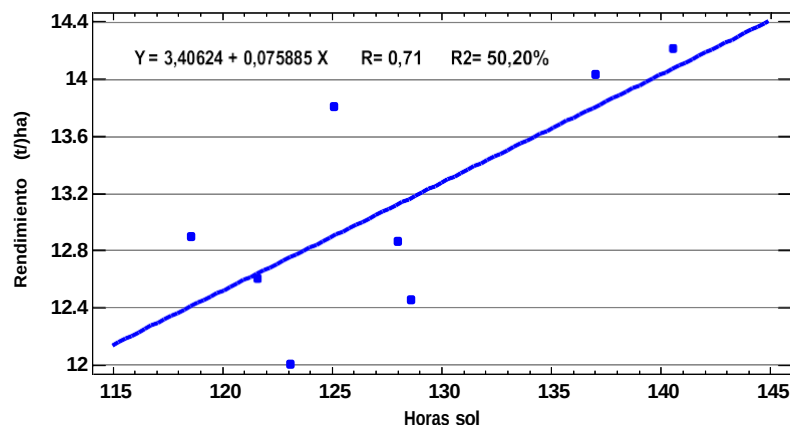
Análisis de varianza de las horas sol (h/s) y rendimiento (t/ha)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2,31084	1	2,31084	6,05	0,0492
Residuo	2,29215	6	0,382025		
Total	4,60299	7			

La tabla 8 del análisis de varianza de la regresión simple de horas sol y rendimiento (t/ha) se concluye: aceptar la hipótesis planteada, puesto que a 0,05 es superior a la significación 0,0492, infiriéndose que hay una relación estadísticamente significativa entre rendimiento y las horas sol con un nivel de confianza del 95,0 %.

Figura 15

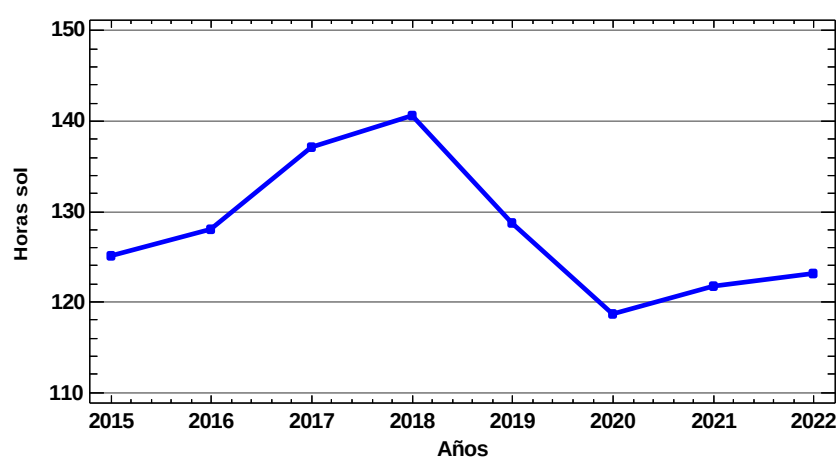
Diagrama de dispersión de las horas sol (h/s) en relación al rendimiento (t/ha)



La figura 15, nos demuestra una tendencia lineal positiva entre las variables de estudio, siendo la ecuación de $Y = 3,40624 + 0,075885 X$, indica que por unidad de las horas sol ha aumentado el rendimiento en 0,0758856 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = 0,71$, por lo que indicamos que existe correlación positiva entre las horas sol y el rendimiento del cultivo; el coeficiente de determinación R^2 indica que el 50,20 % de la producción se atribuye a las horas sol.

Figura 16

Evolución de velocidad horas sol relación a los años



La figura 16 muestra los registros de horas de sol, se aprecia que el mayor promedio se registró el año 2018 con 140.217 y los años que registraron los menores promedios fueron los años 2020 y 2021 con 119,20 y 121,440 respectivamente.

4.3. Verificación de la hipótesis general

Ho: Los factores climáticos no influyen en la producción del cultivo de ají (*Capsicum baccatum*) en la irrigación Ite, 2015-2022.

Ha: Los factores climáticos influyen significativamente en la producción del cultivo de ají (*Capsicum baccatum*) en la irrigación Ite, 2015-2022.

α : 0,05

Elección de la prueba estadística:

Prueba de regresión múltiple

Regla de decisión

Rechazar H_0 si el valor-p es menor a 0,05 No

rechazar H_0 si el valor-p es mayor a 0,05

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 9, se observa una correlación elevada entre las variables explicativas y el rendimiento agrícola ($R = 0,99$). Además, el coeficiente de determinación ($R^2 = 99,96$) muestra que el 99,96 % de la variación en el rendimiento del ají es atribuible a la acción conjunta de los factores: Temperatura (Mínima, media y máxima), humedad relativa, precipitación pluvial (mm) y las horas sol.

Tabla 9

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,99 ^a	0,996	0,997	0,0041

a. Predictores: (Constante), Temperatura (Mínima, Media y Máxima), humedad relativa, precipitación pluvial (mm) y las horas sol

Este resultado se respalda en la Tabla 10, donde el análisis de varianza (ANOVA) arroja un valor F de 442,40 y un nivel de significancia de 0,0359, claramente por debajo del umbral crítico $\alpha = 0,05$. Tal evidencia permite rechazar la hipótesis nula y confirmar la hipótesis alterna, que plantea una relación estadísticamente significativa entre las variables analizadas.

Tabla 10*Análisis de varianza Múltiple*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	4,60125	6	0,766875	442,40	0,0359
Residuo	0,00173346	1	0,00173346		
Total (Corr.)	4,60299	7			

La tabla de 10 de los coeficientes

$$Y = 9,24832 + 1,20248 \text{ Temperatura máxima mensual (}^{\circ}\text{C)} - 0,347128 \text{ Temperatura mínima mensual (}^{\circ}\text{C)} + 0,147109 \text{ Temperatura media mensual (}^{\circ}\text{C)} - 0,187304 \text{ Humedad relativa (\%)} - 0,0614193 \text{ Precipitación mensual (mm)} - 0,0381333 \text{ Horas sol.}$$

La variable Y representa el rendimiento del cultivo de ají en toneladas por hectárea (t/ha). La constante del modelo (9,24832) carece de interpretación agronómica directa, ya que representa el rendimiento estimado cuando todos los factores son nulos, lo cual es únicamente una referencia estadística. Los coeficientes no estandarizados muestran que cada uno de los factores climáticos incide positivamente en el rendimiento, bajo el supuesto de que los demás factores permanecen constantes: Por cada hectárea adicional de temperatura media, el rendimiento promedio se incrementa en 0,147 t/ha., por cada unidad relativa el rendimiento disminuye en - 0,081 t/ha adicionales por unidad. Por cada unidad de horas que eleva, se espera una disminución de 0,338 t/ha. Finalmente, cada unidad precipitación genera una disminución promedio de 0,061 t/ha.

Tabla 11*Coefficientes de regresión múltiple*

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
		<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	9,24832	1,4026	6,5937	0,0958
Temperatura máxima mensual (°C)	1,20248	0,10075	11,9353	0,0532
Temperatura mínima mensual (°C)	-0,347128	0,0430451	-8,06428	0,0785
Temperatura media mensual (°C)	0,147109	0,0516308	2,84924	0,2149
Humedad relativa (%)	-0,187304	0,0118931	-15,749	0,0404
Precipitación mensual (mm)	-0,0614193	0,0337687	-1,81883	0,3200
Horas sol	-0,0381333	0,00902103	-4,22716	0,1479

Los coeficientes obtenidos evidencian tanto la intensidad como la orientación positiva y negativa del efecto de cada factor, lo cual indica que, a medida que se aumenta o disminuye, ellos tienen efecto en el rendimiento del cultivo del ají. Asimismo, el modelo logra explicar el 99,96 % de la variabilidad total ($R^2 = 0,996$), lo que demuestra una fuerte capacidad explicativa. Estos resultados confirman que el rendimiento agrícola está influenciado de manera significativa por los factores Temperatura (Mínima, Media y Máxima), humedad relativa, precipitación pluvial (mm) y las horas sol. En consecuencia, la evidencia estadística permite aceptar la hipótesis alterna, estableciendo que los factores climáticos inciden de forma significativa en el rendimiento del cultivo de ají en la irrigación Ite.

DISCUSIÓN

Dado que la producción y el rendimiento del ají aumenta y disminuyen dependiendo de cada factor en relación al factor temperaturas superan el umbral ideal requerido por el cultivo, el comportamiento de los factores climáticos muestra una tendencia ascendente con un impacto positivo en la producción y el rendimiento. En este sentido, la producción y el rendimiento de ajíes presentan una tendencia ascendente con la temperatura máxima y media, lo contrario se evidenció con la temperatura mínima, como lo indican los resultados obtenidos para el período 2015-2022. Además, se demostró que existía una correlación sustancial entre las variables meteorológicas de horas de luz, humedad relativa y temperatura mínima y media, pero no entra la velocidad del viento y la precipitación.

En su investigación Sanz (2023), evaluó la producción de ají en relación con la variación climática, mostrando un ligero aumento en el período de abril a septiembre, con un rendimiento promedio de 6,608 t/ha, y un aumento moderado en el período de octubre a marzo, con una producción promedio de 6,537 t/ha. Esto sugiere que los cambios climáticos no afectan significativamente la producción del cultivo en estudio, lo cual concuerda con los hallazgos de la investigación, que indican que los factores climáticos tienen una relación moderada con el rendimiento del cultivo de ají durante los años de investigación. Los mayores rendimientos se obtuvieron en 2017 y 2018, con 14,034 y 14,021 kg/ha, respectivamente, Datos de la Dirección Agraria de Tacna indican que los cambios en los parámetros meteorológicos más significativos: temperatura, precipitaciones y humedad relativa, inciden en la productividad de los cultivos.

La relación existente entre la temperatura máxima mensual y el rendimiento, es positiva y directa; es decir que, ante un incremento de temperatura tienden aumentar el rendimiento, el cual es corroborado por el diagrama de dispersión de estas variables (Figura 3), donde se muestra que existe una relación positiva entre dichas variables, además que muestran un r de Pearson igual 0,78 y, correspondiente a una correlación alta.

Consecuentemente, la relación existente entre la temperatura media con el rendimiento de ají al igual que en el caso anterior es directa; es decir que, ante un incremento de la temperatura media, el rendimiento tienden a incrementar, el cual es corroborado por el diagrama de dispersión de estas variables (Figura 7), donde se muestra que existe una relación positiva o directa entre dichas variables, además que se evidencia un ρ de Pearson igual a 0,73 correspondientes a una correlación alta entre las variables. Al respecto el INIA (1995) menciona si las temperaturas son insuficientes a lo largo de la época de floración-fructificación, se producen poco número de frutos por planta, y estos frutos son de mala calidad, diminutos y deformes, y presentan manchas por quemaduras solares y que la temperatura óptima para su desarrollo varía 18°C a 25 °C los datos registrados en la presente investigación rangos de temperatura se encuentran dentro de los rangos normales para el desarrollo del cultivo.

En lo relacionado al rango ideal de humedad relativa para un buen desarrollo del cultivo, varía entre el 50 % y el 70 % lo indicado por INIA (1995). Sin embargo, los rangos de humedad relativa registrados en el presente estudio variaron entre 73 a 80 % superiores a los que requeridos por el cultivo los resultados señalaron que a mayor humedad relativa el rendimiento del cultivo disminuyó en 0,87 t/ha, por lo tanto, tuvo efecto negativo sobre su producción. Cabe mencionar que una de las variables más complejas es la humedad relativa. Los niveles de humedad relativa entre el 50 % y el 60 % promueven la actividad fotosintética y, en consecuencia, el desarrollo de las plantas. Es más probable que se presenten enfermedades y plagas cuando la humedad relativa supera el 70 %.

Al analizar las estimaciones del rendimiento de la producción de ají, se observa que la variable que más influye o mejor explica es la temperatura máxima, seguida de las temperaturas media y mínima, y las horas de sol. Esto demuestra que los factores climáticos que influyen en el rendimiento de la producción de ají son factores ambientales. Dado que en la irrigación Ite es una zona agroecológica dedicada a la producción de este producto en sus diferentes variedades, las condiciones del entorno natural cobran importancia.

CONCLUSIONES

1. Los resultados confirman que el rendimiento agrícola está influenciado de manera significativa por los factores Temperatura (mínima, media y máxima), humedad relativa, precipitación pluvial (mm) y las horas sol. En consecuencia, la evidencia estadística permite aceptar la hipótesis alterna, estableciendo que los factores climáticos inciden de forma significativa en el rendimiento del cultivo de ají en la irrigación Ite.
2. Existe una relación significativa entre la temperatura máxima promedio y el rendimiento, la ecuación resultante fue $Y = -5,84106 + 0,864046 X$, es decir que por cada unidad de °C de temperatura el rendimiento aumenta en 0,86404 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = 0,78$, indica un grado de intensidad alto entre las variables; el coeficiente de determinación R^2 indica que el 61,29 % de la producción se atribuye a la temperatura máxima mensual.
3. Existe una relación significativa entre la temperatura mínima promedio y el rendimiento, la ecuación resultante $Y = 0,875337 + 0,711107 X$ indica que por unidad de temperatura (°C) el rendimiento se incrementa en 0,71 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = 0,63$, por lo que indicamos que existe una: mediana correlación positiva; el coeficiente de determinación R^2 indica que el 40,24 % de la producción se atribuye a la temperatura mínima mensual.
4. Existe una relación significativa entre la temperatura promedio y el rendimiento, la ecuación lineal $Y = -135672 + 0,748323 X$, indica que por unidad de temperatura (°C) el rendimiento se incrementa 0,75 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = 0,79$, es decir, una correlación positiva entre las variables, el coeficiente de determinación indica R^2 señala que el 53,99 % de la producción se atribuye a la temperatura media.
5. Existe una relación significativa entre las variables, la ecuación resultante $Y = 27,5403 - 0,87235$ indica que, por cada unidad de humedad relativa (%), disminuye el rendimiento en 0,87 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = -0,72$,

- por lo que indicamos que existe una: correlación negativa entre las variables; el coeficiente de determinación R^2 indica que 52,07 % del rendimiento se atribuye a la humedad relativa.
6. No existe relación significativa entre las variables precipitación y el rendimiento, la ecuación resultante $Y = 12,2346 - 0,716784 X$ indica que por unidad de precipitación el rendimiento disminuye con 0,72 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = 0,59$, por lo que indicamos que existe una: mediana correlación negativa entre la precipitación y el rendimiento del cultivo; el coeficiente de determinación indica $R^2 = 35,14$ % del rendimiento se atribuye a la precipitación.
 7. No se halló relación entre la velocidad del viento y el rendimiento, la ecuación resultante $Y = 11,4279 - 0,697547 X$ indica que por unidad de velocidad del viento ha disminuido el rendimiento en 0,72 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue débil $R = 0,19$, el coeficiente de determinación R^2 indica que 3,16 % del rendimiento se atribuye a la velocidad del viento.
 8. Existe correlación positiva entre las horas sol y el rendimiento, la ecuación resultante $Y = 3,40624 + 0,075885 X$, indica que por unidad de las horas sol ha aumentado el rendimiento en 0.08 t/ha. El coeficiente de correlación de Pearson fue de $R = 0,71$, por lo que indicamos que existe correlación positiva entre las variables; el coeficiente de determinación R^2 indica que el 50,20 % de la producción se atribuye a las horas sol.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la actual investigación se use como punto de referencia para tomar decisiones sobre políticas para mitigar los cambios bruscos de clima en el sector agrícola, para así disminuir los impactos negativos de este fenómeno en los niveles productivos del cultivo de ají.
2. Para obtener datos más precisos sobre temperatura, precipitación, humedad relativa y otras variables, realicé estudios en regiones distritales específicas o zonas de estaciones agro meteorológicas.
3. Dado que la agricultura es una actividad muy sensible al clima, se recomienda analizar cómo la está afectando el cambio climático.
4. El Gobierno Regional de Tacna debe llevar a cabo estudios periódicos para monitorear el cultivo del ají, con la finalidad de informar los resultados a los productores locales y adoptar las acciones correspondientes más adelante para alcanzar la competitividad con otras zonas productoras en Perú.
5. Es aconsejable para el sector empresarial que considere la importante relación entre los factores climáticos y la producción de ají. Por lo tanto, se sugiere enfocar esfuerzos en impulsar inversiones y empresas con el objetivo de fortalecer las áreas agrícolas y comercial en la irrigación Ite.
6. Se aconseja al Ministerio de Medio Ambiente y de Agricultura y Riego que implementen las medidas necesarias para que se agoten todas las opciones y tomen decisiones relevantes que ayuden a mitigar y superar el impacto de los aspectos climáticos sobre la producción del ají en la irrigación Ite.
7. Se sugiere utilizar esta investigación como referencia para futuros estudios; sin embargo, sabemos que el cambio climático es un asunto muy extenso. Por lo tanto, se sugiere a ampliar esta investigación a otros cultivos empleando modelos de proyección y elaboración de escenarios prospectivos.

8. Implementar techos o mallas para control de humedad y lluvias inesperadas durante el fenómeno del niño. Optimizando el riego para aprovechar las condiciones soleadas durante el fenómeno de la niña.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrieta y Arpi (2021) Efecto del cambio climático sobre el rendimiento de los principales productos agrícolas en la región Puno: Período 1964-2019 Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú. 13 pp.
- Altieri, Miguel a., y Víctor Manuel Toledo. (2010). «La revolución agroecológica en América Latina», no 42.
- Benique (2019) Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la Región – Puno. Revista Scielo 11 pp.
- Bosland, P.; Votava, E. 2012. Peppers: vegetable and spice Capsicums. 2nd edition. London, United Kingdom, CABI.
- Casilla, E. (2011): "Análisis de los factores que influyen en la vecería del olivo (*Olea europea* L.) en la Región Tacna" Tesis Posgrado UNJBG 188 pp.
- Eshbaugh, H.K. 2012. The taxonomy of de genus Capsicum. Miami University, Oxford, Ohio, USA.P. 14, 21, 22. En: RUSSO M, Vicent. 2012. Peppers: botany, production and uses. CABI
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria) (1995) Cultivo del Paprika Capsicum annum en el Valle Chancay - Huaral Folleto Huaral – Perú.
- INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura), 2017. Importancia de la radiación solar en la producción bajo invernadero (en línea, sitio web). Consultado 06 agosto. 2023. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-laradiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero>.
- IPCC. (2014). Cambio climático «CAMBIO CLIMÁTICO 2014 Mitigación del cambio climático». CAMBIO CLIMÁTICO 2014 Mitigación del cambio climático, 7-10. doi:10.1256/004316502320517344.

- Quesada L. (2017) Efecto del cambio climático y variabilidad climática en la distribución de áreas aptas para la producción de arroz en secano para Costa Rica. Tesis Universidad Nacional Costa Rica 104 pp.
- Lecarnaque, C. (2022) Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la Musa acuminata-AAA piurana, 2000- 2019 Tesis Universidad La Frontera 90 pp.
- León, J. (2000) Botánica de los cultivos tropicales. Tercera edición. Ed. Agroamérica. P 207-211 (Consulta 9 julio del 2023). Disponible en: <http://books.google.com.mx/books?id=NBtu79LJ4h4C&pg=botánica+capsicum&source=gbsnavlinks>.
- Nicho, P. (2004) Cultivo de ají Escabeche. Programa Nacional de Investigación en Hortalizas (INIA), Perú
- Nuez, F. (1996). El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes. España. Edit. Mundi-prensa
- Noya, M. (2016) “Efectos del cambio climático en la producción del durazno en Villa Serrano provincia Belisario Boeto del departamento de Chuquisaca-Bolivia, Tesis Universidad Simón Bolívar 149 pp.
- Ojeda W. (2022) La simulación del desarrollo de cultivos con el modelo AquaCrop: Conceptos y Métodos. México: Recuperado el 02/11/2022, de <https://www.riego.mx/files/webinars/webinar23.pdf>; 2020.
- Hernández S, Fernández C, Baptista L. (2003). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw-Hill;
- Peru sabroso (2024). El impacto del cambio climático en la producción de Ají en Perú <https://perusabroso.net/ingredientes/impacto-cambio-climatico-produccion-aji-peru/>
- Sánchez L. et al. (2011) Elementos para entender el cambio climático y sus impactos. México: s.n.;

- Tigmasa L. (2020). Evaluación del efecto del cambio climático como amenaza para el sector agrícola de la parroquia Izamba, Cantón Ambato, Universidad de Ambato Tesis. 77 pp.
- Úgas, R.; Siura, S.; Delgado de la Flor; F.; Casas, A. y Toledo, J. (2000) Datos Básicos de Hortalizas. Programa de Hortalizas, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. 202p.
- Zapata, M. y Bañón, V. (1992). El pimiento para pimentón. Editorial Mundi Prensa. España. pp 237.

ANEXOS

Figura 17

Campo de cultivo de ají en su etapa de crecimiento en la irrigación Ite.



Figura 18

Campo de cultivo de ají en su etapa de floración en la irrigación Ite.



Figura 19

Campo de cultivo de ají en su etapa de fructificación en la irrigación Ite.

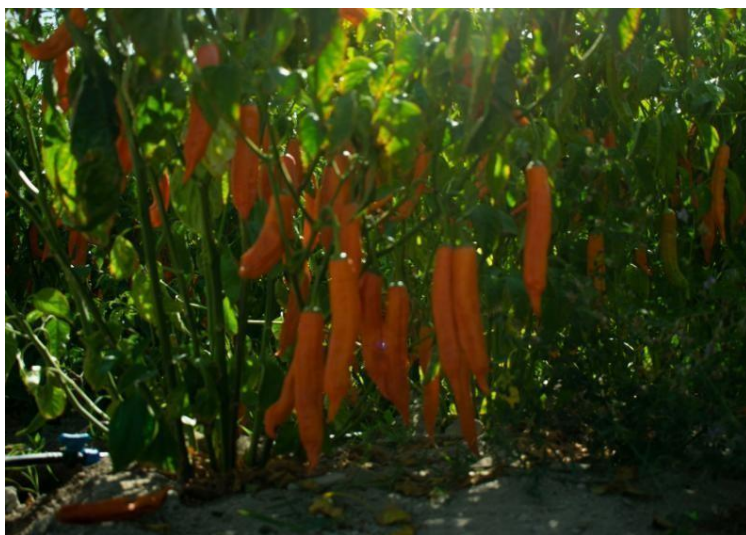


Figura 20

Campo de cultivo de ají en su etapa de secado en la irrigación Ite.



Figura 21

Campo de cultivo de ají en su etapa de embalaje en la irrigación Ite.

**Figura 22**

Anemómetro



Figura 23

Pluviómetro



Figura 24

Higrómetro



Figura 25

Termómetro

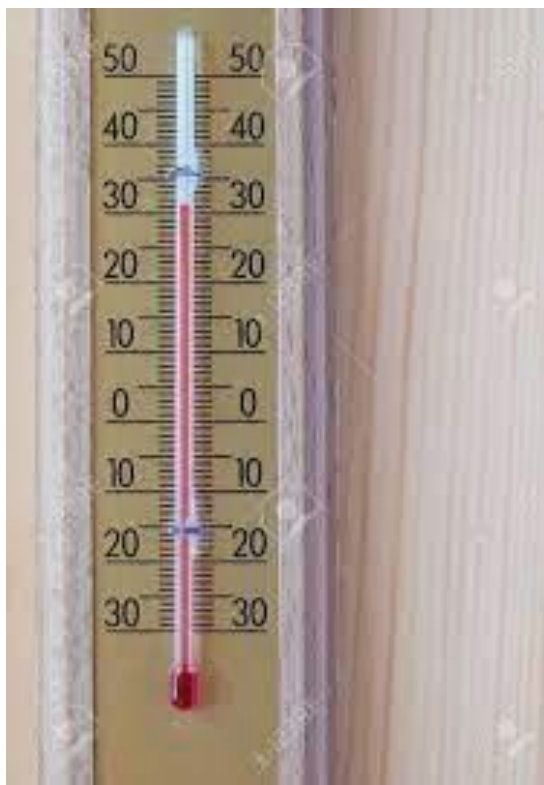


Figura 26

Heliógrafo



Figura 27*Anemómetro***Tabla 12***Años de producción, rendimiento y temperatura máxima*

Año de producción	Rendimiento (t/ha)	Temperatura máxima (°C)
2015	13,810	21,78
2016	12,857	21,89
2017	14,034	22,90
2018	14,212	23,17
2019	12,447	21,53
2020	12,893	21,04
2021	12,598	21,67
2022	12,000	21,48

Nota: Fuente Senamhi (2023)

Tabla 13*Años de producción, rendimiento y temperatura mínima*

Año de producción	Rendimiento(t/ha)	Temperatura mínima (°C)
2015	13,810	17,39
2016	12,857	16,06
2017	14,034	17,92
2018	14,212	17,91
2019	12,447	16,53
2020	12,893	18,01
2021	12,598	16,83
2022	12,000	16,95

Nota: Fuente Senamhi (2023)

Tabla 14*Años de producción, rendimiento y temperatura media*

Año de producción	Rendimiento(t/ha)	Temperatura media (°C)
2015	13,810	19,80
2016	12,857	19,01
2017	14,034	19,89
2018	14,212	19,95
2019	12,447	18,17
2020	12,893	20,40
2021	12,598	18,99
2022	12,000	18,43

Nota: Fuente Senamhi (2023)

Tabla 15*Años de producción, rendimiento y humedad relativa*

Año de producción	Rendimiento (t/ha)	Humedad relativa (%)
2015	13,810	73,00
2016	12,857	80,25
2017	14,034	75,17
2018	14,212	75,66
2019	12,447	78,16
2020	12,893	73,67
2021	12,598	79,66
2022	12,000	81,15

Nota: Fuente Senamhi (2023)

Tabla 16*Años de producción, rendimiento y precipitación pluvial*

Año de producción	Rendimiento(t/ha)	Precipitación pluvial (pp)
2015	13,810	1,20
2016	12,857	0,52
2017	14,034	2,68
2018	14,212	1,15
2019	12,447	1,12
2020	12,893	1,30
2021	12,598	1,25
2022	12,000	0,51

Nota: Fuente Senamhi (2023)

Tabla 17*Años de producción, rendimiento y horas sol*

Año de producción	Rendimiento(t/ha)	Horas sol (h/s)
2015	13,810	125,08
2016	12,857	127,99
2017	14,034	137,04
2018	14,212	140,55
2019	12,447	128,63
2020	12,893	118,56
2021	12,598	121,65
2022	12,000	123,11

Nota: Fuente Senamhi (2023)

Tabla 18*Años de producción, rendimiento y velocidad del viento*

Año de producción	Rendimiento (t/ha)	Velocidad del viento (m/s)
2015	13,810	-2,66
2016	12,857	-2,71
2017	14,034	-2,44
2018	14,212	-2,42
2019	12,447	-2,09
2020	12,893	-2,2
2021	12,598	-2,1
2022	12,000	-2,63

Nota: Fuente Senamhi (2023)

Tabla 19*Análisis físico - químico de suelo*

Cualidades generales		
Textura	F	Franco
Arena	59,2	%
Lima	11,8	%
Arcillo	29,0	%
Calcáreos		
CACO ₃	0	%
pH	4,95	
CE (Sales)	0,73	Ms/cm
Nutrición principal		
Materia orgánica	0.78	%
N (total)	0,04	%
P	172,9	ppm
K	750	ppm
CIC	10,6	meq/100
Ca ⁺⁺	4.83	meq/100
Mg ⁺⁺	0,97	meq/100
K ⁺	1,83	meq/100
Na ⁺	0,25	meq/100

Nota: Laboratorio de análisis químicos y Servicios E.I.R.L Arequipa (2023).