

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES BIOESTIMULANTES EN
EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE REPOLLO (*Brassica oleracea*
var. capitata) BAJO RIEGO POR MICROASPERSIÓN DURANTE
LA ÉPOCA DE HELADAS EN EL CENTRO AGRONÓMICO
K'AYRA - CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. ELSA BERTHA DURAN GUILLEN

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AGRONOMO**

ASESOR:

DR. CARLOS JESUS BACA GARCIA

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "Evaluación del efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de repollo (Brassica oleracea var. capitata) bajo riego por microaspersión durante la época de heladas en el Centro Agronómico Kayra - Cusco"

Presentado por: Elsa Bertha Duran Guillen DNI N° 72667055

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Agronomo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 7 de Mayo de 2025

Firma

Post firma Dr. Carlos Jesus Baca Garcia

Nro. de DNI 23952035

ORCID del Asesor 0000-0002-8284-0614

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:456809523

ELSA BERTHA DURAN GUILLEN

EVALUACION DEL EFECTO DE TRES BIOESTIMULANTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE REPOLLO BAJO FINAL.pd

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:456809523

129 Páginas

Fecha de entrega

7 may 2025, 9:24 p.m. GMT-5

23.848 Palabras

Fecha de descarga

7 may 2025, 9:35 p.m. GMT-5

132.172 Caracteres

Nombre de archivo

EVALUACION DEL EFECTO DE TRES BIOESTIMULANTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE REP....pdf

Tamaño de archivo

6.8 MB

4% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Small Matches (less than 25 words)

Top Sources

- 4%  Internet sources
- 3%  Publications
- 4%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Hidden Text**
10260 suspect characters on 6 pages
Text is altered to blend into the white background of the document.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

DEDICATORIA

A mi querida madre Rosana Guillen no hay suficientes palabras para expresar todo el amor y gratitud que siento por ti, tu apoyo inquebrantable, tus cuidados y sacrificios, todo eso me ha moldeado y ha hecho de mí lo que soy hoy. Eres mi ejemplo de superación, valentía y esfuerzo. Eres la persona que más admiro en esta vida. Este logro no solo es mío, sino también tuyo. Te quiero mami.

A mi hermana Qorichaska Alicia por sus palabras de aliento y motivación durante el desarrollo de mi trabajo de investigación. Siempre has estado allí para escuchar, comprender y brindar consejos de oro que me han orientado a seguir el camino correcto, recuerda que tienes una hermana que te admira y te quiere mucho

A mi padrino Carlos Basombrio por haberme apoyado incondicionalmente desde niña, me has cuidado con el amor de un padre, eres una de mis fuentes de inspiración, gracias por creer siempre en mí.

Killari, mi pequeña cómplice de aventuras. ¡Cuántas risas hemos compartido! Eres una niña con un futuro brillante por delante. Sigue siendo tú misma y nunca dejes de soñar.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, fuente de toda sabiduría, por iluminar mi mente y fortalecer mi espíritu durante la realización de este trabajo y por permitirme alcanzar esta meta.

A la Tricentaria Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, la Facultad de Agronomía y Zootecnia, y Escuela Profesional de Agronomía quiero expresar mi agradecimiento por haber sido mi hogar académico durante estos años. Los momentos compartidos con mis docentes y compañeros han sido inolvidables

Mi más profundo agradecimiento a mi querida madre Rosana, una mujer extraordinaria que me ha inspirado a ser mejor cada día. Admiro tu fuerza, tu sabiduría y tu capacidad para superar cualquier obstáculo. Tu amor incondicional y tu apoyo constante me han permitido alcanzar este logro. Espero te sientas orgullosa de la mujer en la que me he convertido, gracias a ti.

A mi hermana Alicia gracias por tu paciencia infinita y por enseñarme el valor de la responsabilidad, gracias por aguantar mis locuras ¡Te quiero un montón!

A mi padrino Carlos Basombrio y su esposa Bertha Hilares quienes me vieron crecer desde niña y me apoyaron incondicionalmente en cada paso. Gracias por su cariño, sus consejos y por ser mi segunda familia. Los llevo siempre en mi corazón.

Agradezco profundamente al Dr. Carlos Jesús Baca García por su confianza en mí y por permitirme aprender de su experiencia en este campo. Su orientación detallada y su disposición a responder todas mis dudas fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos, compañeros que me brindaron su apoyo en todo momento.

La autora

INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	VII
INTRODUCCIÓN	IX
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Identificación del problema	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.2.1. Problema general:	1
1.2.2. Problemas específicos:	1
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	2
2.1. Objetivos	2
2.1.1. Objetivo general	2
2.1.2. Objetivos específicos	2
2.2. Justificación	2
III. HIPOTESIS	4
3.1. Hipótesis general	4
3.2. Hipótesis específicas	4
IV. MARCO TEORICO	5
4.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	5
4.2. CULTIVO DE REPOLLO	6
4.2.1. Origen y distribución del repollo:	6
4.2.2. Taxonomía y botánica	6
4.2.3. Fases fenológicas del cultivo de repollo	8
4.2.4. Variedades de repollo:	9
4.2.5. Manejo agronómico del cultivo de repollo	10
4.2.5.1. Preparación del suelo	10
4.2.5.2. Trasplante	11
4.2.5.3. Distancia de siembra	11
4.2.5.4. Riego	11
4.2.5.5. Fertilización	11
4.2.5.6. Control de malezas	12
4.2.6. Requerimientos climáticos y edáficos	12

4.2.6.1.	Altitud	12
4.2.6.2.	Temperatura.....	13
4.2.6.3.	Humedad relativa.....	13
4.2.6.4.	Precipitación	14
4.2.6.5.	Suelo y pH.....	14
4.2.7.	Rendimiento del cultivo de repollo	15
4.3.	HELADAS	16
4.3.1.	Definición de heladas	16
4.3.2.	Clasificación de las heladas	16
4.3.2.1.	Según el origen	16
4.3.2.2.	Según la época que ocurren.....	18
4.3.2.3.	Según el aspecto visual.....	19
4.3.2.4.	Según su severidad	20
4.3.3.	Heladas en el Perú.....	20
4.3.4.	Heladas en la región Cusco	21
4.3.5.	Efecto de las heladas sobre cultivos.....	22
4.4.	BIOESTIMULANTES	23
4.4.1.	Modo de acción de los bioestimulantes.....	24
4.4.2.	Tipos de bioestimulantes	24
4.5.	RIEGO POR MICROASPERSIÓN.....	27
4.5.1.	Características de un sistema de riego por microaspersión	27
4.5.2.	Componentes de un sistema de riego por microaspersión.....	28
4.5.3.	Microaspersores	30
4.5.4.	Ventajas de un sistema de microaspersión:	32
4.5.5.	Limitaciones de un sistema de microaspersión:	33
4.5.6.	Eficiencia de aplicación de riego (Ea).....	34
4.5.7.	Coefficiente de uniformidad	34
4.6.	Diseño agronómico.....	36
4.6.1.	Lamina neta (Ln)	36
4.6.2.	Lamina bruta (Lb)	37
4.6.3.	Frecuencia de riego (Fr)	37
4.6.4.	Tiempo de riego (Tr).....	38
4.6.5.	Factor de secamiento o agotamiento (<i>f</i>)	38

4.6.6.	Profundidad radicular (Pr)	39
4.6.7.	Evapotranspiración del cultivo (ET)	39
4.6.8.	Evapotranspiración de referencia (ETo)	39
4.6.9.	Coefficiente del cultivo es el coeficiente (Kc)	40
V.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	42
5.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
5.2.	UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL	42
5.2.1.	Ubicación espacial	42
5.2.3.	Ubicación ecológica	43
5.2.4.	Ubicación temporal	43
5.3.	MATERIALES Y METODOLOGIA	44
5.3.1.	Materiales de campo, herramientas y equipos	44
5.3.2.	Material biológico	45
5.3.3.	Insumos:	45
5.4.	METODOLOGIA	48
5.4.1.	Diseño experimental	48
5.4.2.	Análisis estadístico:	48
5.4.3.	Características del campo experimental	49
5.5.	Diagrama de flujo del trabajo de investigación	53
5.6.1.	Labores culturales:	66
5.7.	EVALUACION DE VARIABLES:	70
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
6.1.	Efecto de aplicación de tres Bioestimulantes en las características agronómicas y rendimiento de repollo	74
6.1.1.	Altura de la planta	74
6.1.2.	Diámetro de tallo	77
6.1.3.	Diámetro polar de cabeza de repollo	80
6.1.4.	Diámetro ecuatorial de cabeza de repollo	82
6.1.5.	Longitud de raíz	85
6.1.6.	Peso de cabeza de repollo	87
6.1.7.	Rendimiento de repollo por unidad experimental	90
VII.	CONCLUSIONES	93
VIII.	RECOMENDACIONES	94

IX. BIBLIOGRAFÍA.....	95
ANEXOS.....	101

RESUMEN

El presente trabajo de investigación intitulado “Evaluación del efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de repollo (*brassica oleracea var. capitata*) bajo riego por microaspersión durante la época de heladas en el Centro Agronómico K’ayra – Cusco”. Se desarrolló en el periodo de los meses de marzo a julio del 2023.

El presente trabajo se instaló en una altitud de 3214 msnm, así mismo se tuvo como objetivo general evaluar el efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento de cultivo de repollo (*brassica oleracea var. capitata*) así mismo se midieron diversas variables agronómicas como altura de la planta, longitud de tallo, diámetro polar de cabeza, diámetro ecuatorial, largo de raíz y peso por cabeza de repollo. En el trabajo se empleó un diseño por bloques completamente al azar (DBCA) con 4 bloques, cada bloque con 4 unidades experimentales al azar.

Los bioestimulantes utilizados fueron Algater (bioestimulante a base de algas marinas) con una dosis de 80gr/15L, Bayfolan activador (bioestimulantes a base de aminoácidos) con una dosis de 75ml/15L, Antihelada-antifreezer (bioestimulante a base de oligoelementos) con una dosis de 75ml/15L y un testigo. Dichos bioestimulantes fueron aplicados con un intervalo de 15 días y mediante un sistema de ferti riego por microaspersión en época de heladas donde la temperatura llegó por debajo de los 0°C lo cual afectó considerablemente al desarrollo, crecimiento y rendimiento del cultivo.

Se obtuvo datos proporcionados por SENAMHI de las temperaturas mínimas de los meses de marzo a julio teniendo como resultado la presencia de heladas suaves, moderadas y fuertes. El mes que presentó la temperatura mas baja fue en junio con -5°C. Por otra parte, en el resultado del peso de cabeza de repollo si se vio la diferencia donde el mejor resultado fue el tratamiento 4 con

la aplicación del bioestimulante Bayfolan activador con un promedio de 1.575 kg, en tanto el tratamiento que ocupó el mínimo promedio fue el testigo con 1.097 kg. Por último en rendimiento se obtuvo como mayor rendimiento de 63 tn/ha perteneciente al tratamiento 4 con la aplicación de aminoácidos, finalmente está el tratamiento 1 (testigo) quien obtuvo un rendimiento menor de 43.88 tn/ ha.

Palabras clave: Bioestimulante, repollo, heladas, microaspersión

INTRODUCCIÓN

En el Perú existe una gran demanda alimenticia, que se ve agravado por la escasez de productos agrícolas en los meses donde es afectado por la presencia de eventos climáticos extremos, que limitan la actividad agropecuaria como las heladas, granizadas, sequías, entre otros. En las zonas altoandinas del Perú, las heladas representan un serio obstáculo para la actividad agrícola. Las bajas temperaturas dañan los cultivos, disminuyen la producción y acarrear consecuencias socioeconómicas negativas para las comunidades rurales y productores.

La actividad agrícola es esencial e importante para el desarrollo de todos nosotros debido que esta actividad aporta alimentos a toda la población, dentro de estos alimentos se encuentra la extensión de cultivos de hortalizas que proveen al ser humano un gran valor nutricional ricos en nutrientes y vitaminas. El repollo, cuyo nombre científico es (*Brassica oleracea var.*), es una hortaliza común en todo el Perú, especialmente en la costa central y las áreas andinas. Esta planta forma parte del género *Brassica* y de la familia de las Crucíferas, ha sido aceptada en los distintos sectores de la población cusqueña, por sus múltiples propiedades nutricionales y por qué se encuentra al alcance de su economía. En base al descenso de temperaturas muchos investigadores han dedicado su esfuerzo a estudiar y comprender los efectos que trae este fenómeno en el proceso de desarrollo de las plantas, por lo que al ver que esta influye se ha propuesto varios métodos de protección para disminuir el daño lo cual se propone el uso de bioestimulantes. Estos productos que se utilizan con el fin de potenciar el crecimiento y desarrollo de las plantas así mismo llega crear una resistencia en las plantas frente a condiciones de estrés abiótico. Actúan sobre la fisiología de la planta aportando nutrición para mejorar el rendimiento y calidad de los cultivos.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

Las heladas, caracterizadas por temperaturas inferiores a 0°C, son eventos climáticos inevitables que afectan significativamente a la región Cusco, especialmente entre abril y septiembre. Los meses de mayo, junio y julio suelen presentar las heladas más intensas. Este fenómeno climático limita el crecimiento de los cultivos, afectando considerablemente el rendimiento y provocando escasez de alimentos en los mercados, ha existido situaciones donde las heladas causaron pérdidas totales de los cultivos. Como consecuencia, se eleva el precio de los productos y se generan grandes pérdidas económicas para los agricultores. Actualmente todos nosotros estamos pasando por un cambio climático que además del calentamiento global, conlleva a un aumento de eventos climáticos que afecta considerablemente al sector ganadero y agrícola. Lamentablemente, aún existe un conocimiento limitado sobre métodos efectivos para mitigar los efectos de las heladas en la agricultura.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general:

- ¿Cuál será el efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oleracea var. capitata*) durante la época de heladas en el Centro Agronómico K'ayra - Cusco?

1.2.2. Problemas específicos:

- ¿Cuál será el efecto de aplicación de tres bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de repollo?
- ¿Cuál será el efecto de aplicación de tres bioestimulantes en las características agronómicas del cultivo de repollo?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN:

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oleracea var. capitata*) bajo riego por microaspersión durante la época de heladas en el Centro Agronómico K'ayra – Cusco.

2.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de los bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de repollo.
- Determinar el efecto de los bioestimulantes en las características agronómicas del cultivo de repollo.

2.2. Justificación

En los últimos años estamos presenciando eventos climáticos que afectan considerablemente al sector agrícola perjudicando parcelas de diferentes cultivos, uno de los más comercializados y cultivados son las hortalizas, dentro de este grupo se encuentra el cultivo de repollo, gracias a sus componentes nutricionales que aportan al ser humano. En los meses de mayo a julio las temperaturas son muy extremas que llegan por debajo de los 0°C en la región Cusco que afecta considerablemente al desarrollo, crecimiento y rendimiento de los cultivos, lo que trae problemas tanto al agricultor como a la población, algunos de los agricultores al verse perjudicados por estos eventos climáticos dejan de cultivar y se dedican a otras actividades, algunas de ellas cultivan pero con el miedo de que en cualquier momento puedan perder sus cultivos y producción.

- Se plantea el presente trabajo de investigación basada en uno de los métodos de protección contra heladas para evaluar el comportamiento de bioestimulantes en el cultivo de repollo ante las heladas, y así poder dar alternativas para la producción y rendimientos y evitar pérdidas económicas en el sector agrícola.
- En esta investigación se evaluará el efecto de los bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de repollo con la presencia de heladas, ya que los bioestimulantes ayudarían a las plantas a tolerar los cambios abióticos como sequía, descenso de temperaturas, salinidad siendo así que la producción, cosecha y rendimiento no se vería afectado
- Se evaluará el efecto de los bioestimulantes en las características agronómicas del cultivo de repollo ya que el descenso de temperaturas (heladas) afecta considerablemente al desarrollo, crecimiento de la planta, con esa evaluación se verá si la aplicación de los bioestimulantes sería una buena alternativa para la protección de heladas.

III. HIPOTESIS

3.1. Hipótesis general

- Existe diferencias en el efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oleracea var. capitata*) bajo riego por microaspersión durante la época de heladas en el centro agronómico K'ayra – Cusco.

3.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de los bioestimulantes tendrá efectos significativos en el rendimiento del cultivo de repollo.
- Existe variabilidad en las características agronómicas frente a la aplicación de los bioestimulantes al cultivo de repollo.

IV. MARCO TEORICO

4.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Masloff (2014) realizó un trabajo de investigación sobre la aplicación de bioestimulantes para reducir la caída de hojas en Yerba Mate realizada en la localidad de Bonanza; Paraguay. El problema objeto de investigación fue que en la zona de Itupúa se tuvo una disminución en la productividad de Yerba Mate debido a la caída de hojas por fenómenos climáticos. El diseño metodológico que se realizó fue (DBCA) con siete tratamientos y tres repeticiones. Al aplicar estos productos comerciales de bioestimulantes se demostró eficacia en la disminución de caída de hojas de Yerba Mate, se observó mayor brotación.

En su investigación de 2014 titulada "Efecto de la aplicación del bioestimulante Fito Mas-En tres etapas de desarrollo del cultivo de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L)", López exploró los resultados de aplicar dicho bioestimulante en tres momentos distintos del crecimiento del frijol en Cuba. Realizó su diseño (DCA) en sus resultados se observó que aplicando el bioestimulante denominado Fito Mas-E se obtuvo mejores resultados en la presencia de hojas primarias al igual que se observó mejores rendimientos agrícolas.

Lara (2016) evaluó el efecto del uso de bioestimulantes en el rendimiento de Pallar baby (*Phaseolus lunatus* L.) – Lambayeque de acuerdo a sus resultados obtenidos conlleva que la aplicación de estos mismo fue efectiva en días floración, altura de planta, número de hojas, número de vainas por planta y peso de 1000 granos todo esto en comparación del testigo. Concluyendo que el uso de bioestimulantes es una alternativa para incrementar los rendimientos de Pallar Baby.

4.2. CULTIVO DE REPOLLO

4.2.1. Origen y distribución del repollo:

La palabra "col" tiene raíces latinas ("caulis") y se ha extendido a diversas lenguas europeas. Los tipos silvestres de *Brassica oleracea* Var. *silvestris* fueron encontrados creciendo a lo largo de la costa del mar mediterráneo, lo que sugiere un origen en Europa occidental. (Carrillo E. , 1996)

La (*Brassica oleracea* var. *Capitata*), conocida como repollo, surgió en la Europa occidental y, posteriormente, se dispersó por territorios asiáticos, los Estados Unidos y la totalidad del continente sudamericano. El repollo, una especie versátil, se ha adaptado a una amplia variedad de climas y suelos, desde las costas europeas hasta las alturas andinas del Perú. (Valencia, 1995)

4.2.2. Taxonomía y botánica

4.2.2.1. Taxonomía

(Merma, 1980) refiere que el sistema filogenético de las plantas propuesta por A. Cronquist en 1979, el repollo corresponde a la siguiente clasificación taxonómica:

Reyno: Vegetal

División: Magnoliophita

Clase: Magnoliopsida

Orden: Capparales

Familia: Brassicaceae

Género: Brassica

Especie: Brassica oleracea L. var. Capitata

Nombre común: Repollo, col

4.2.2.2. Botánica:

(Jaramillo, 2006) indica las siguientes características que presenta el repollo:

- **Raíz:** El sistema radicular del repollo presenta una morfología pivotante, con una raíz principal que se adentra en el suelo y un sistema secundario ramificado. La mayor parte de la absorción de agua y minerales se realiza en los primeros 30 centímetros del perfil del suelo.
- **Tallo:** El tallo del repollo es herbáceo, erecto y de porte bajo, con un crecimiento determinado que se detiene al alcanzar los 30 centímetros de altura aproximadamente. La mayor parte del crecimiento vegetativo se concentra en la formación de la cabeza.
- **Hojas:** Las hojas del repollo son simples, alternas y exstípuladas, con limbo generalmente lobulado y margen crenado. La lámina foliar presenta una coloración verde glauca o rojiza, y en algunas variedades, como la savoy, presenta una superficie rugosa y bullosa
- **Cabeza:** Gracias a un crecimiento acelerado y superpuesto de las hojas superiores, la yema apical se transforma en una estructura compacta y densa. Esta cabeza, que constituye la parte comestible de la planta, es el resultado de la acumulación de reservas nutritivas en las hojas internas."
- **Flores:** Las flores del repollo, de color amarillo, se agrupan en racimos al final del tallo. Tienen cuatro pétalos dispuestos en cruz, seis estambres y un ovario superior dividido en dos cavidades. Cada flor puede producir entre 20 y 30 semillas. Las flores del repollo son esenciales para la producción de semillas, que garantizarán la continuidad de la especie.

- **Frutos:** La silicua, fruto característico de las Brassicaceae, actúa como mecanismo de dispersión de semillas. Al abrirse, libera las semillas, permitiendo que sean transportadas por el viento o por otros agentes a nuevos lugares.

Figura 1 Características agro botánicas del repollo



Fuente: (Maocho, 2012)

4.2.3. Fases fenológicas del cultivo de repollo

Según los autores (Fuentes & Pérez, 2003) las plantas de repollo son bianuales, tardan un año en crecer y otro para producir sus flores y semillas. Dentro de su fase vegetativa el primer ciclo de la vida del repollo es el más importante para todos los productores y se divide en las siguientes cuatro etapas:

- **Primera etapa:** El periodo inicial, que se sitúa entre los ocho y diez días posteriores a la siembra, se distingue por el proceso de germinación y concluye cuando la joven planta ha producido de cuatro a cinco hojas verdaderas.
- **Segunda etapa:** Una vez realizado el trasplante, se da inicio a la segunda etapa, la cual culmina cuando la planta presenta entre seis y ocho hojas. Tras la recuperación del estrés

asociado al cambio, se evidencia un crecimiento rápido de la superficie de las hojas, el sistema radicular y el tallo.

- **Tercera etapa:** Durante la tercera etapa, o fase de preformación de la cabeza, la planta prosigue con la formación de hojas que presentan peciolo alargados y limbos foliares extendidos, deteniéndose este proceso al alcanzar la planta una cantidad aproximada de doce hojas.
- **Cuarta etapa:** La característica principal de la cuarta etapa es la producción de hojas carentes de peciolo, las cuales se imbrican para formar una cabeza o "pella". Estas hojas presentan un crecimiento rápido, lo que promueve la formación de nuevas hojas. Al término de esta fase, las hojas constituyen una pella apretada que ofrece una sensación firme y dura al tacto.
- **Fase reproductiva:** En la etapa reproductiva, que marca la culminación del ciclo, se produce el crecimiento de uno o más tallos florales, los cuales dan origen a la inflorescencia.

4.2.4. Variedades de repollo:

El Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria (INITA, 2002) establece que hay una gran cantidad de variedades de repollo, las cuales se clasifican en grupos tomando en cuenta la forma y la consistencia de su cabeza, así como las características de las hojas que la componen:

- **Repollos de hoja lisa:** Las variedades denominadas de hoja lisa producen cabezas compactas integradas por hojas lisas y de figura orbicular. Siendo el tipo de repollo más habitual, se identifican por sus cabezas densas y sus hojas lisas de coloración verde. Existen numerosas variedades como: Golden Acre, Quintal, Corazón de buey, Charleston Wakefield, Green Express, etc.

- **Repollo de hoja rizada:** A diferencia de los repollos de hoja lisa, los repollos de hoja rizada forman cabezas menos compactas y sus hojas presentan una textura ondulada o rizada. Estas variedades suelen ser menos resistentes a las condiciones adversas y más propensas a florecer prematuramente. Entre los tipos más conocidos se encuentra el Savoy, con variedades como Savoy Chieftain y Savoy Perfection."
- **Repollo de hoja morada:** Caracterizados por una pigmentación antociánica intensa, los repollos morados presentan una morfología capitada similar a los repollos blancos, aunque con una coloración violácea. Las variedades más conocidas son: Red Acre, Red Rock, Mammoth Red Rock.

Características del repollo variedad corazón de buey

- **Forma y Tamaño:** Como su nombre lo indica, su forma se asemeja a un corazón invertido o un cono. Su tamaño es considerable, alcanzando pesos de 1.5 a 2 kg.
- **Color:** El color de sus hojas es verde claro, uniforme y brillante.
- **Textura:** La textura de sus hojas es firme y crujiente, lo que lo hace ideal para diversas preparaciones culinarias.
- **Sabor:** Su sabor es dulce y suave, con un ligero toque amargo característico de los repollos.

4.2.5. Manejo agronómico del cultivo de repollo

4.2.5.1. Preparación del suelo

La preparación de suelo o terreno puede hacerse mediante el sistema tradicional o mecanizado con esta práctica agrícola se busca promover el crecimiento y desarrollo óptimo de las raíces de repollo así se desarrollarán dentro de un volumen mayor de suelo, por lo que podrán extraer con más

facilidad el agua y los nutrientes requeridos para su mejor desarrollo. Además, mediante la preparación de suelo se elimina residuos vegetales y mejora la aireación del suelo. (Rivera , 2014)

4.2.5.2. Trasplante

El trasplante consiste en el traslado de plántulas de una almaciguera a campo definitivo, se realiza cuando la plántula tiene entre 2 a 3 hojas verdaderas lo cual ocurre regularmente de 30 días a 40 días. Se debe evitar dañar las raíces y no enterrar demasiado las plántulas de tal manera que el cuello quede sobre el suelo, es recomendable mojar la tierra antes de colocar la planta. (Cásseres, 1984)

4.2.5.3. Distancia de siembra

(Zeledon et al., 2014) indica que en cuanto a las distancias de siembras más recomendadas varían de 50 a 80 cm entre hilera y de 30 a 50 cm entre plantas.

4.2.5.4. Riego

Si bien el repollo requiere una cantidad considerable de agua para lograr una producción máxima, su robustez le facilita la adaptación a entornos con disponibilidad hídrica reducida. El riego diario dependerá de las condiciones ambientales como del tipo de suelo de la parcela y del estado de desarrollo vegetativo del cultivo. (INATEC, 2018)

4.2.5.5. Fertilización

(Portillo, 2015) recomienda para un plan de nutrición del cultivo de repollo las siguientes cantidades de NPK:

- Nitrógeno (N): se recomienda una dosis de 150 kg/ha, el fertilizante se distribuye en una a tres aplicaciones, antes del inicio de la formación de las cabezas.

- Fósforo (P): en suelos que muestren deficiencias de este nutriente (menos de 15 ppm), se recomiendan de 280 kg/ha. En suelos medios (15-30 ppm) de 200 kg/ha aplicados de la misma manera.
- Potasio (K): en suelos que necesiten de este nutriente, es conveniente utilizar dosis de 225 kg/ha.

4.2.5.6. Control de malezas

El crecimiento de las malezas dentro de una parcela es uno de los problemas que limita el desarrollo y producción del cultivo de repollo ya que compiten por los recursos disponibles en el suelo como el agua y nutrientes. Esta labor se puede realizar en forma manual con azadón o en forma mecánica las veces que sean necesarios. (Lugo Torres & Semidey, 2002)

4.2.6. Requerimientos climáticos y edáficos

4.2.6.1. Altitud

(Carrillo M. , 2022) El cultivo de repollo (*Brassica oleracea*) demuestra una notable adaptabilidad a un amplio rango altitudinal, prosperando exitosamente desde los 100 hasta los 3200 metros sobre el nivel del mar. Esta versatilidad altitudinal subraya su potencial para ser cultivado en diversas regiones geográficas con diferentes condiciones climáticas y topográficas..

(Benacchio, S, 1982) establece un rango altitudinal para el cultivo del repollo (*Brassica oleracea*) que se extiende desde los 800 hasta los 2800 metros sobre el nivel del mar (msnm). Dentro de este amplio espectro, Benacchio identifica un rango óptimo para el desarrollo y la productividad de este vegetal, situado entre los 1500 y los 2000 msnm.

4.2.6.2. Temperatura

El Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA, 1995) afirma que el repollo tiene la capacidad de prosperar en los diferentes climas presentes en el Perú, lo que se traduce en buenas cosechas tanto en los valles de la costa como en la sierra. A pesar de esta adaptabilidad, los climas templados son los más recomendados para su cultivo, siendo una temperatura de 15 a 20°C y una humedad relativa elevada las condiciones más favorable.

(Cásseres, 1984) afirma que el repollo es una hortaliza propia de climas frescos o templados, con requerimientos de humedad elevados, aunque puede cultivarse en climas más cálidos bajo ciertas condiciones. El autor también especifica que la temperatura mensual promedio ideal para esta *Brassica* se encuentra entre 15°C y 18°C, con temperaturas máximas medias de 23°C y mínimas promedio de 5°C para favorecer un crecimiento y una calidad superiores.

(Santibáñez, 1994) El desarrollo del repollo tiene lugar en un intervalo de temperaturas que oscila desde un poco más de 0°C hasta los 25°C, siendo el rango ideal entre 15°C y 24°C. Aunque la planta puede resistir temperaturas frías de hasta -3°C, temperaturas considerablemente inferiores impiden esperar una cosecha favorable .

(Yuste P, 1997) El crecimiento del repollo se detiene a temperaturas de 3 a 5°C, y alcanza su punto óptimo entre los 13 y 18°C. Los límites de temperatura para su desarrollo son 6°C como mínimo y 30°C como máximo. Respecto a la germinación, las temperaturas mínima, ideal y máxima son de 5 a 8°C, 20 a 25°C y 30 a 35°C, respectivamente.

4.2.6.3. Humedad relativa

Dada la magnitud de su follaje, el repollo demanda una considerable humedad ambiental. En este sentido, el riego por aspersión es preferible, pues genera un efecto refrescante en las hojas, lo que

disminuye la pérdida de agua por transpiración (Huerres & Caraballo, 1988). Un rango de humedad relativa ideal para su crecimiento se encuentra entre el 60% y el 80%. (Rizo, 2019)

4.2.6.4. Precipitación

(Doorenbos & Kassam, 1979) indican que el repollo requiere un aporte de agua de entre 380 y 500 mm por cada ciclo vegetativo. En situaciones donde la evapotranspiración diaria oscila entre 5 y 6 mm, la tasa de absorción de agua por el cultivo comienza a decrecer cuando el agua aprovechable en el suelo se ha consumido en torno al 35%. Sin embargo, debido a su elevada exigencia de agua, se recomienda el cultivo bajo riego. La etapa más sensible a la disponibilidad de agua es la de formación y elongación de la cabeza (Benacchio, 1982)

4.2.6.5. Suelo y pH

El cultivo de repollo se adapta a una amplia variedad de suelos, es preferible para una mejor producción y desarrollo en los suelos de textura franca, ricos en materia orgánica. A comparación de suelos arcillosos es necesario tener un buen drenaje para evitar así encharcamientos especialmente desde la formación de cabeza hasta la cosecha. Para un desarrollo óptimo, el repollo prefiere suelos ligeramente ácidos, con un rango de pH de 5.5 a 6.5. Sin embargo, un pH ácido puede favorecer la diseminación de algunas enfermedades en el cultivo, por lo que se recomienda al productores mantener un promedio de pH cercano a 7. (Fuentes & Pérez, 2003)

El Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA, 1995) señala que el repollo puede crecer en diferentes tipos de suelo; sin embargo, como ocurre con la mayoría de los cultivos, se desarrolla mejor en suelos francos, fértiles y con una buena cantidad de materia orgánica, la cual puede obtenerse a través de la aplicación de estiércol, la incorporación de abono verde, o ambos métodos. También presenta tolerancia a la salinidad (entre 2,4 y 4,8 mmhos/cm), lo que facilita su adaptación

a suelos salinos. Si bien su pH ideal es de 6,5, puede crecer adecuadamente en suelos con un pH que oscila entre 6,1 y 8,1.

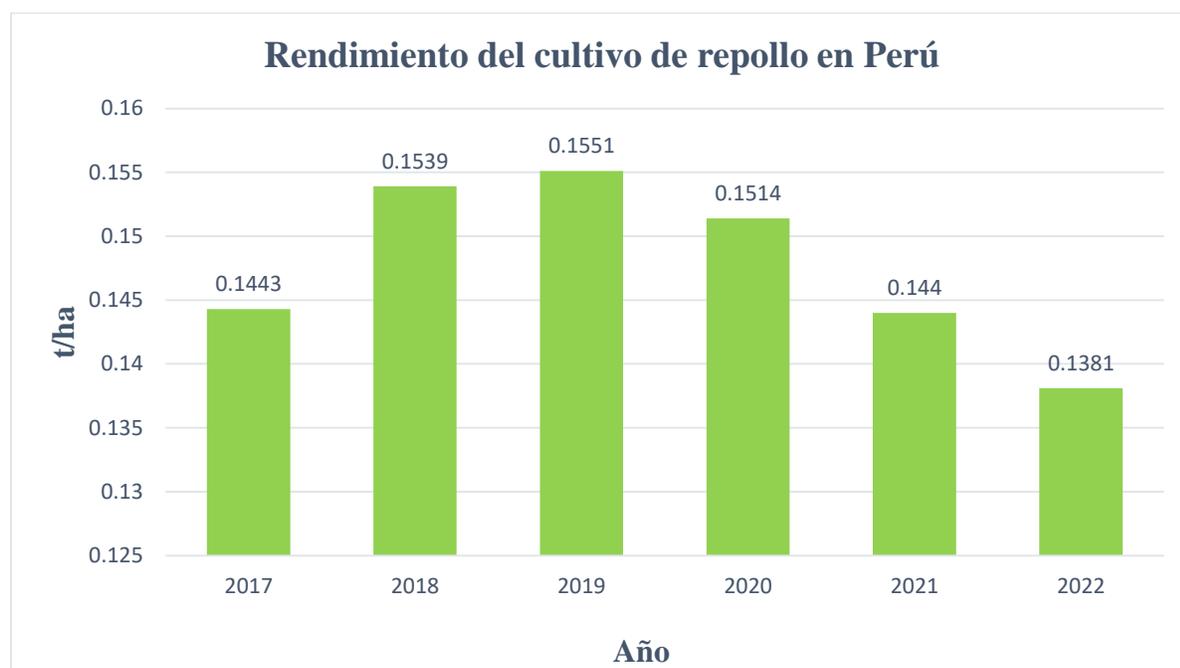
4.2.7. Rendimiento del cultivo de repollo

Rendimiento: El rendimiento de los cultivos se refiere a la producción por unidad de tierra o área cultivada, ya sea medida en cantidad o peso, se conoce como rendimiento del cultivo. Este resultado se encuentra estrechamente ligado a la interacción de factores ambientales como el clima y las condiciones del suelo. (Rodrigo, 2020)

Nueva Zelanda lidera la producción mundial de repollo por hectárea, con un rendimiento de 0.7384 t/ha. Jordania y la República de Corea le siguen de cerca, con 0.6301 t/ha y 0.6200 t/ha.

Según los datos de (FAOSTAT, 2023) a nivel nacional en Perú entre los años 2017 – 2022 se obtuvieron los siguientes datos de rendimiento del cultivo de repollo:

Gráfico 1 Rendimiento del cultivo de repollo en Perú en los años 2017 - 2022



Fuente: (FAOSTAT , 2023)

4.3. HELADAS

4.3.1. Definición de heladas

Una helada, desde la perspectiva meteorológica, es una disminución de la temperatura ambiente que desciende a 0°C o menos. Sin embargo, en agricultura, una helada ocurre cuando la temperatura baja lo suficiente como para dañar los cultivos, considerando factores como la especie, su etapa de desarrollo y su salud general. (Campos, 2005) establece que esta definición involucra dos tipos de condicionantes: por un lado, las condiciones meteorológicas, y por otro, los aspectos biológicos propios del cultivo o variedad, incluyendo su tolerancia específica, la fase de desarrollo, y sus condiciones fisiológicas y sanitarias.

Se considera "helada" cuando la temperatura del aire alcanza los 0 °C o menos, medida a una altura de entre 1,25 y 2,0 metros del suelo en una garita meteorológica estándar. La congelación del agua dentro de las plantas durante una helada es variable y depende de factores de evitación. Una helada evoluciona a un evento de congelación con la formación de hielo extracelular en los tejidos vegetales. El daño por congelación se produce cuando la temperatura interna de la planta desciende por debajo de un punto crítico, causando alteraciones fisiológicas permanentes que resultan en la muerte o en un funcionamiento celular deficiente. (Snyder et al., 2010)

4.3.2. Clasificación de las heladas

4.3.2.1. Según el origen

❖ Helada de advección

La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1992) describe la advección como el transporte de las propiedades de una masa de aire debido al movimiento del aire en la atmósfera. El movimiento de grandes masas de aire frío desde las regiones polares, conocido como advección,

provoca un descenso drástico de la temperatura en áreas como valles y zonas montañosas, dando lugar a heladas que pueden afectar seriamente la agricultura. **(Pereyra et al., 1990)**

La helada por advección puede ocurrir a cualquier hora, sin importar las condiciones del cielo. Generalmente, impacta grandes extensiones de terreno y, debido a la intensidad de los vientos y la magnitud del enfriamiento, los métodos de protección suelen ser inefectivos contra este tipo de helada. Este fenómeno se observa en regiones tropicales y es típico de latitudes medias. (Lasso, 1987)

❖ **Helada de radiación**

(Snyder et al., 2010) describen las heladas de radiación como sucesos habituales que presentan cielos despejados, calma o poco viento, inversión térmica, temperaturas del punto de rocío bajas y temperaturas del aire que normalmente descienden a menos de 0 °C durante la noche, pero que superan este valor durante el día.

(Matías et al., 2007) explican que las heladas de viento seco se originan cuando el aire cercano al suelo tiene una escasa humedad relativa, condición que se agrava con la llegada de vientos que transportan aire seco. Este aire seco causa la evaporación del agua presente en las plantas, lo que conlleva a su enfriamiento. Aunque no son habituales, estas heladas afectan especialmente a las plantas con flores, siendo las hortalizas particularmente susceptibles.

Las heladas por radiación son un tipo de helada que se produce cuando el suelo, previamente calentado por el sol, irradia calor hacia el espacio durante la noche. Este enfriamiento del suelo provoca una disminución de la temperatura del aire en contacto con él, llegando a alcanzar el punto de congelación, la magnitud de las heladas de viento seco depende de tres factores principales: el

volumen de agua evaporada, la temperatura del aire y la humedad relativa del ambiente. (Elías & Castellvi, 2001)

4.3.2.2. Según la época que ocurren

❖ Heladas primaverales

Conocidas como heladas tardías, son especialmente perjudiciales para las plantas, afectándolas en su período de máximo crecimiento y desarrollo. (Pereyra et al., 1999). Pueden afectar a las plántulas o cultivos en sus brotes iniciales (Campos, 2005) , causando pérdidas económicas significativas en cultivos de ciclo anual, como el maíz, al dañar sus brotes tiernos. Se presentan cuando en el ambiente se genera un descenso de temperatura.

❖ Heladas otoñales

Llamadas también heladas tempranales, se producen por la llegada de masas de aire polar en marzo y abril, dañan los cultivos al interrumpir bruscamente el desarrollo de flores y frutos, lo que resulta en menores rendimientos agrícolas. (Matías et al., 2007). Para cultivos perennes o arbustos, las heladas de primavera u otoño son muy peligrosas porque sus efectos pueden dañar varias cosechas. (Pereyra et al., 1990)

❖ Heladas invernales

Las heladas invernales, que se producen cuando las temperaturas descienden por debajo de cero grados, afectan principalmente a árboles perennes durante su periodo de reposo. Aunque estos árboles están adaptados para resistir el frío, heladas severas pueden causar daños y afectar su crecimiento y producción a largo plazo. (Matías et al., 2007)

4.3.2.3. Según el aspecto visual

❖ Heladas blancas

Se produce cuando la temperatura desciende por debajo de los 0°C y se forma un hielo sobre la superficie de las plantas. Esta helada se produce con masas de aire húmedo. (Cordero, 2013)

Las heladas blancas se manifiestan como una fina capa de cristales de hielo que recubre el césped y las plantas bajas después de noches caracterizadas por cielos despejados y temperaturas bajo cero (De Fina, 1945). Las heladas blancas son el resultado de la condensación y posterior congelación del vapor de agua sobre las plantas durante las noches frías. La mayor cantidad de humedad en el aire, comparada con las heladas negras, libera calor al condensarse, lo que mitiga el enfriamiento y reduce el daño a la vegetación, haciendo que las heladas blancas sean menos severas. Por lo tanto, una helada blanca es menos severa que una helada negra. (Pereyra et al., 2002)

❖ Heladas negras

En la helada negra el descenso es por debajo de los 0°C no va acompañado de la formación de hielo. Este tipo de heladas ocurre cuando la masa de aire es seca, en estos casos la planta es afectada y adquiere un color negro al día siguiente de producirse la helada. (Cordero, 2013)

Las heladas negras ocurren en condiciones de baja humedad atmosférica, donde la pérdida de calor por radiación durante la noche enfría drásticamente las plantas hasta el punto de congelación. La ausencia de condensación impide la formación de hielo superficial, causando daños severos a los tejidos y resultando en una coloración negra, de ahí su nombre. A diferencia de las heladas blancas, que se forman por la congelación de la humedad superficial, las heladas negras afectan

directamente los tejidos internos de las plantas resultando ser más perjudiciales para los cultivos. (Matías et al., 2007)

4.3.2.4. Según su severidad

Tabla 1 Severidad de heladas meteorológicas

HELADAS	INTERVALO DE TEMPERATURAS
Muy severas	> -10°C
Severas	-8°C a -9,9°C
Muy fuertes	-6°C a -7,9°C
Fuertes	-4°C a -5,9°C
Moderadas	-2°C a -3,9°C
Suaves	0°C a -1,9°C

Nota: Descripción de la tabla

Fuente: (FAO, 2010)

4.3.3. Heladas en el Perú

En el Perú se presentan las heladas y los friajes que son eventos climáticos anuales. Las heladas, comunes en los Andes son entre junio y agosto, ocurren cuando la falta de nubes permite que la temperatura descienda por debajo de cero grados, especialmente sobre los 3500 metros de altitud. Los friajes, en cambio, son incursiones de aire frío desde la Antártida que causan una notable disminución de la temperatura en la selva, pudiendo bajar de 10-20°C a 5-10°C. (Senamhi, 2023)

La compleja geografía del Perú determina la existencia de distintos climas, lo que trae consigo la presencia de fenómenos naturales que afectan anualmente a sus habitantes. En la sierra sur del país, entre mayo y septiembre, se produce un periodo de frío intenso, con temperaturas que caen por debajo de los cero grados centígrados, a menudo acompañado de granizo y nieve. Esta situación impacta directamente a los residentes de las zonas rurales más alejadas de esta parte del

país, causando la muerte de sus animales y graves enfermedades en niños y niñas. (Peña & Roman, 2018). (Comunidad Andina, 2009) señala que las heladas son un fenómeno que tiene consecuencias tanto en la salud como en las actividades económicas (agricultura, ganadería, etc.) de su población. Un ejemplo de esto son las pérdidas de cultivos que derivan en problemas de hambruna.

Según los datos recopilados por la COEN en el año 2022 hubo 205, 581 personas afectadas con 23,381 hectáreas de cultivos afectados y 9,190 hectáreas de cultivos perdidos.

4.3.4. Heladas en la región Cusco

(CENEPRED, 2022) indica que la región Cusco comprende espacios geográficos de sierra y selva, definiéndose como la primera que es la zona andina, donde se presentan las heladas, y la segunda es la zona de selva, donde se presentan los friajes. También menciona que en la región Cusco en los meses de Mayo a Agosto las temperaturas son frecuentes y muy intensas, las temperaturas mínimas presentan valores por debajo de los 0°C, dando lugar a la presencia de heladas meteorológicas catalogadas. Según el INDECI entre los años 2003 al 2022 se registraron un total de 578 eventos de heladas.

Según (MINSA, 2021) se registró temperaturas que oscilan entre los -10°C a -12°C (provincias de Espinar, Canas, y Chumbivilcas), -12°C a -15°C (provincia de Espinar) . Por otro lado, en las provincias de Acomayo, Paruro, Cusco, Anta y la región de la sierra de Quispicanchi, las temperaturas mínimas predominantes se encuentran en el rango de -4°C a -8°C. En cambio, las provincias de Urubamba, Calca y la sierra de Paucartambo registran valores mínimos de temperatura que oscilan entre 0°C y -4°C. En la evaluación de daños por heladas en el sector agrícola en la región Cusco durante el periodo del año 2022 hubo 1,136 ha de cultivos afectados, 250 ha de cultivos perdidos y 37, 989 personas afectadas. (INDECI, 2022)

4.3.5. Efecto de las heladas sobre cultivos

El daño por heladas ocurre cuando el hielo se forma dentro del tejido de las plantas, lesionando sus células. Esto puede suceder en plantas de ciclo anual (como cultivos para ensilado o forrajes de gramíneas y leguminosas, cereales, cultivos para aceite o de raíz, hortalizas y ornamentales) y en plantas multi-anales y perennes (árboles frutales caducifolios y perennifolios). Los daños por heladas pueden tener un impacto severo en la totalidad de la planta o afectar solo una pequeña parte de su tejido, lo que conlleva una reducción en el rendimiento o una disminución en la calidad del producto. (Snyder et al., 2010)

(De Fina, 1945) establece que la muerte de los órganos de una planta, o de la planta completa, ocurre cuando son sometidas a la acción de un frío que es lo suficientemente intenso y se prolonga en el tiempo. Cuando las plantas se exponen a temperaturas extremadamente bajas, el agua contenida en sus células se congela, lo que altera el equilibrio hídrico y provoca daños irreversibles en los tejidos vegetales. La muerte de las plantas por frío es un proceso físico-químico desencadenado por la congelación del agua intracelular, dañando las membranas y las estructuras internas, lo que resulta en la muerte de los tejidos vegetales. (Pereyra et al., 2002) La congelación del agua intracelular desencadena una cascada de eventos que culminan en la muerte celular. La deshidratación celular, la pérdida de turgencia y la ruptura de las membranas son las principales consecuencias de este proceso, lo que provoca daños irreversibles en los tejidos vegetales. (Campos, 2005).

(Levitt, 1980) reporta que el daño por congelación en las plantas está estrechamente vinculado a la cinética del enfriamiento. La velocidad y la intensidad del enfriamiento inicial son los principales determinantes de la formación de cristales de hielo intracelulares y, por consiguiente, de la gravedad del daño, mientras que la duración del período de congelación tiene una influencia

menos significativa. Las heladas no solo disminuyen el rendimiento y dañan el follaje, sino que también inducen la formación de cristales de hielo a temperaturas bajo cero. Estos cristales pueden desarrollarse en el interior del protoplasma, llevando a la ruptura y muerte celular, o en los espacios entre las células, causando una severa pérdida de agua celular. (Palta & Li, 1980). Muchos de los efectos del estrés por bajas temperaturas están relacionados con la variación en la fluidez de las membranas, inducida por bajas temperaturas, tiene un impacto significativo en la permeabilidad celular. La desnaturalización de proteínas y los cambios en la composición lipídica contribuyen a la pérdida de la función de barrera de la membrana, lo que compromete la viabilidad celular. (Palta & Li, 1980)

Después de un evento de helada o escarcha, las plantas suelen mostrar los siguientes síntomas y daños:

- Manchas o quemaduras en el follaje
- Aborto floral (si las hay) o en las hojas
- Detención en el crecimiento
- Muerte total de las plantas
- El estrés de la planta la hace más susceptible a subsecuentes enfermedades.

4.4. BIOESTIMULANTES

Se denomina bioestimulante a cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, tiene la facultad de incrementar su eficiencia en la toma y asimilación de nutrientes, mejorar su capacidad de resistencia a estrés biótico o abiótico, y optimizar las características agronómicas de los cultivos. (Du Jardín, 2015)

Según (Lima, 2000) Los bioestimulantes son sustancias que, al ser aplicadas a las plantas, promueven un desarrollo más vigoroso y una mayor resistencia a factores a situaciones de estrés, como sequías, heladas o ataques de plagas, mejorando su capacidad de recuperación.

4.4.1. Modo de acción de los bioestimulantes

Los bioestimulantes ejercen su efecto activando los procesos metabólicos naturales de las plantas, sin modificarlos. Su manera de actuar se fundamenta en dos mecanismos principales:

a) Aumenta el nivel de prolina y la presencia de grupos tiónicos son dos mecanismos importantes que las plantas utilizan para hacer frente a condiciones adversas. Estos mecanismos les permiten mantener la integridad de sus células, proteger sus proteínas y activar respuestas de defensa, lo que en última instancia les permite sobrevivir y crecer en ambientes desafiantes.

b) La expresión externa de esta potenciación se traduce en un efecto benéfico sobre:

- Aumentar la producción y mejorar la calidad de los frutos, obteniendo productos más atractivos para el consumidor y con una mayor vida útil. Estos beneficios se traducen en un aumento de los ingresos de los productores y en una mayor disponibilidad de alimentos frescos y nutritivos para los consumidores.
- Favorecen un mayor desarrollo vegetativo, con brotaciones más vigorosas y un aumento de la masa radicular, lo que se traduce en plantas más saludables y productivas. (Nuñez, 1981)

4.4.2. Tipos de bioestimulantes

Los bioestimulantes presentan una amplia estructura de moléculas que pueden estar compuestas por extractos vegetales metabólicamente activos como lo son los aminoácidos y ácidos orgánicos,

también a base de hormonas, Estas son utilizados principalmente para incrementar el crecimiento y rendimiento en plantas, así como para sobrellevar periodos de estrés y se encuentran los siguientes tipos: (Granados, 2015)

4.4.2.1. Formulaciones húmicas

(Singh, 2002) señala que los ácidos húmicos y fúlvicos son los elementos fundamentales de las sustancias húmicas (SH), las cuales son compuestos orgánicos que provienen del humus de diversas fuentes. La composición química de estos ácidos es compleja y varía según la materia prima utilizada para su extracción.

4.4.2.2. Formulación a base de aminoácidos

(Molina, 2002) señala que estos bioestimulantes contienen aminoácidos en diferentes estructuras: libres, unidos en cadenas cortas (oligopéptidos de 1 a 10 aminoácidos) o en cadenas largas (polipéptidos con más de 10 aminoácidos). Los aminoácidos son los componentes fundamentales de las proteínas, las cuales juegan un rol clave en todos los procesos biológicos, incluyendo el transporte y almacenamiento de sustancias, el soporte estructural, la integración del metabolismo, la regulación del crecimiento y la diferenciación celular.

El uso de aminoácidos esenciales es una práctica bien establecida para mejorar la producción y la calidad total de las cosechas. A pesar de que las plantas tienen la capacidad inherente de sintetizar todos los aminoácidos que requieren utilizando nitrógeno, carbono, oxígeno e hidrógeno, este proceso bioquímico es complejo y energéticamente costoso. Por ello, la aplicación de aminoácidos externos facilita un ahorro de energía para la planta y promueve un mejor rendimiento en momentos críticos donde necesita elementos de fácil acceso para sus funciones. (Angulo, 2012)

4.4.2.3. Formulación a partir de Algas Marinas

Según (Robledo, 1997) las algas son organismos autótrofos, que pueden presentarse como células individuales o como agrupaciones multicelulares, con una organización estructural simple y una diferenciación celular y de tejidos complejos mínima o inexistente; por lo tanto, se les conoce como talofitas, caracterizadas por la ausencia de raíz, tallo y hojas.

Desde la antigüedad, las algas marinas han sido utilizadas como mejorador del suelo debido a su alto contenido de fibra y de minerales (Cabioch, 1976). Estos productos encuentran aplicación en la agricultura y horticultura como suplementos nutricionales, bioestimulantes o fertilizantes. Pueden presentarse en forma de extractos líquidos o granulados y aplicarse tanto vía foliar como al suelo, adaptándose a las necesidades específicas de cada cultivo. (Hernández et al., 2014) El uso de algas marinas como biofertilizantes en la agricultura ha aumentado en los últimos años (Dhargalkar & Pereira, 2005). El uso de estos compuestos puede generar beneficios como un incremento en la productividad de los cultivos, una mejora en la absorción de nutrientes y una mayor resistencia a algunas plagas. Adicionalmente, estimulan una germinación más eficiente de las semillas y una mayor capacidad de las plantas para tolerar heladas y otras situaciones adversas. (Yáñez, 2017)

4.4.2.4. Formulación a partir de Macroelementos y Oligoelementos

Por lo general, las plantas absorben N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Na, del suelo en cantidades suficientemente grandes y estos elementos se denominan macroelementos, y los que se utilizan en cantidades insignificantes se denominan microelementos o oligoelementos. Los oligoelementos son componentes químicos imprescindibles para las plantas, ya que brindan los nutrientes esenciales para que todos los procesos funcionen correctamente. (Agrobio, 2017) Podemos destacar el silicio, el selenio, el cromo, el flúor, el aluminio, el magnesio, el manganeso, el cobre,

el litio, el oro, la plata, el cobre, et. Sin embargo, una deficiencia en uno de estos elementos puede causar un problema al cultivo.

4.5. RIEGO POR MICROASPERSIÓN

(Valverde, 2007) indica que el riego por microaspersión es un sistema que se caracteriza por aplicar agua en un terreno en forma de lluvia con gotas finas, por medio de emisores llamados microaspersores.

En el riego por microaspersión se distinguen dos tipos de emisores: los difusores, cuyos componentes son estáticos, y los microaspersores, que poseen algún elemento que permite su rotación.

El sistema de riego por microaspersión y microdifusión, consiste básicamente en la aplicación del agua de riego como una lluvia de gotas finas a baja altura y en forma localizada (por lo que se considera como riego localizado), mediante el uso de emisores llamados microaspersores y microdifusores. (Tapia, 2014)

4.5.1. Características de un sistema de riego por microaspersion

- Cada microaspersor riega una zona delimitada y uniforme.
- Los sistemas de riego por microaspersión utilizan componentes de tamaño reducido, lo que facilita su instalación y mantenimiento, además de ser económicamente viables.
- Generalmente, un sistema de riego se instala de forma definitiva, pensado para durar mucho tiempo.
- Este tipo de riego funciona con un flujo de agua reducido.
- Los gastos de funcionamiento son menores en comparación con los sistemas de riego tradicionales.

- El riego por microaspersión se puede utilizar en el cultivo de verduras, plantas decorativas y árboles frutales.

4.5.2. Componentes de un sistema de riego por microaspersión

4.5.2.1. Fuente de agua

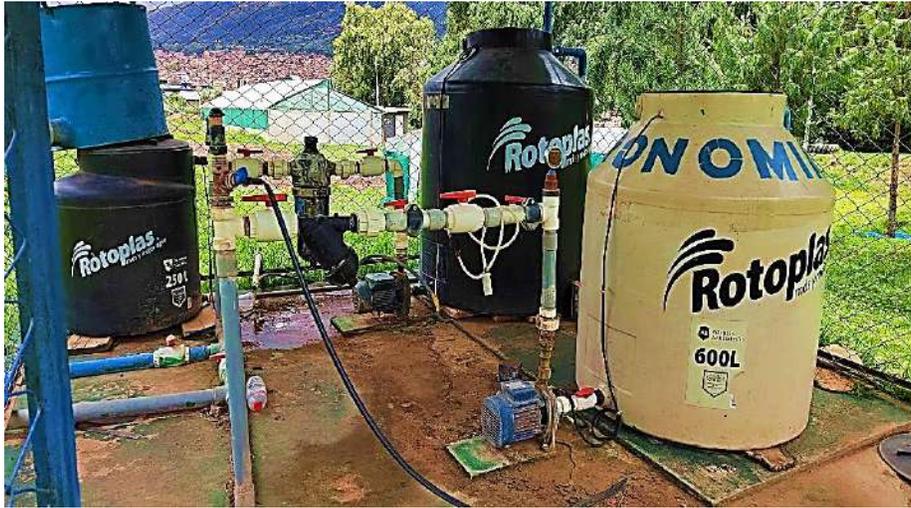
El agua para ser utilizada en el sistema de riego puede provenir de diversas fuentes. Pueden ser subterráneas extraídas a través de pozos, o aguas superficiales captadas de ríos. La función que cumplen estas fuentes de agua es abastecer todo el sistema de riego. (Fernández & García, 2010)

4.5.2.2. Cabezal de Riego

El cabezal de riego, también denominado centro de control, es el conjunto de componentes cuya finalidad es capturar e impulsar el flujo de agua hacia el sistema de riego a la presión necesaria. Esto se realiza después de filtrar el agua e incorporar las sustancias que se aplicarán al cultivo mediante su inyección en el agua de riego. (Alania, 2013)

El cabezal de riego actúa como el cerebro de un sistema de riego, integrado por múltiples componentes, como medidores de flujo, filtros, válvulas, bombas dosificadoras y controladores se realiza operaciones de medición, filtración, fertilización y control de la presión, permitiendo así una gestión óptima del agua y los nutrientes (Cadaña, 2005)

Fotografía 1 Cabezal de riego perteneciente al área de Ingeniería de Riego e Hidrología (GEIR)



4.5.2.3. Sistema de Filtrado

Es el componente principal del cabezal de riego y cumple la función de eliminar las partículas minerales en suspensión (arcilla, limo y arena), materia orgánica y precipitados (principalmente carbonatos) ya que pueden llegar a obstruir las entradas del ingreso de agua, principalmente en los emisores. (Liotta et al., 2015)

4.5.2.4. Red de tuberías de conducción

Es el conjunto de tuberías que transportan el agua hasta los emisores que se encuentran en la sub unidad de riego. (Fernández & García, 2010)

El sistema de tuberías se origina en el cabezal de control y su propósito es la distribución del agua desde el centro de control hasta los puntos de emisión ubicados en las cercanías de cada planta. Esta red comprende una tubería principal, tuberías secundarias y terciarias, y finalmente los ramales de riego laterales que se instalan sobre el terreno. (Medina, 1997)

4.5.2.5. Inyector venturi

Actualmente es un equipo de inyección muy utilizado para a aplicación de los agroquímicos, no requiere energía eléctrica y es económico. La International Organization for Standardization define el inyector Venturi es un dispositivo hidráulico que aprovecha el principio de Bernoulli para mezclar líquidos de manera eficiente. Al aumentar la velocidad del agua en su sección más estrecha, se genera una zona de baja presión que succiona el líquido aditivo a través de una tubería lateral. Esta mezcla homogénea se incorpora al sistema de riego, permitiendo una aplicación precisa de fertilizantes, productos fitosanitarios. Gracias a su diseño simple, bajo costo y alta eficiencia, el inyector Venturi es una herramienta indispensable en la agricultura moderna. (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2022)

4.5.3. Microaspersores

Comúnmente elaborados con algún tipo de polímero, los microaspersores se sujetan a un soporte que los eleva a una altura de 10 a 20 centímetros sobre el nivel del suelo. Las áreas de humectación disponibles son de 360°, 300°, 270°, 180°, 90° y 40°, lo que proporciona una gran flexibilidad para controlar la extensión del riego. Los microdifusores cumplen el rol de distribuir el agua en áreas de 180° y 360°. (Tapia, 2014)

A continuación, se presenta las diferentes boquillas de microaspersores y su grado de humectación:

Figura 2 Tipos de boquillas de microaspersores y su diámetro de humedecimiento

Antineblina (Ø)	Color de boquilla	Caudal (l/h)	Diámetro de boquilla (mm)	Difusores estáticos Rotores								Rotores					
				90°	180°	Nebulina	En franjas	Corto alcance	Plano	12 Chorros	Pequeño	Contra hormiga	Lado único Negro	Lado único Azul	Grande	Invertido	
																	
																Altura (m)	
																0.60	1.80
	Violeta	35	0.82	1.7	2.2	1.5	3.2	0.9	2.8	3.4	5.5	6.0	6.5			5.0	6.0
	Marrón	43	0.94	1.7	2.5	1.8	4.2	0.9	3.4	4.5	5.5	6.0	6.5			5.5	6.5
	Gris	70	1.16	2.5	2.7		8.5	0.9	3.4	5.5	6.0	6.5	7.5			6.5	7.5
	Verde	105	1.41	3.5	2.7		9.0	0.9	3.4	6.0	6.0	7.0	7.5		9.0	8.0	8.5
	Naranja	120	1.50	4.5	2.7		9.0	0.9	4.0	6.0	6.0	7.0	8.0		9.0	8.0	9.0
	Amarillo	160	1.73								6.5	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.5
	Azul	200	1.92									8.0	8.5	8.5	9.0	9.0	10.0
	Marfil	235	2.07										8.5	9.0	10.0	9.0	10.5
	Rojo	260	2.18										8.5	10.0	10.0	9.0	11.0
	Negro	300	2.34										9.0	10.5	10.0	9.5	11.0
Verde / 0.94	Verde	40	1.41	2.0	1.2		2.8	0.8	3.5	2.5	4.0					4.5	6.0
Naranja / 1.16	Naranja	70	1.50	2.2	2.2		5.0	0.8	3.5	4.5	5.0					6.0	7.5
Amarillo / 1.40	Amarillo	90	1.73	2.5	2.5		5.5	0.9	4.0	5.0	5.5					6.0	8.0
Azul / 1.50	Azul	120	1.92	2.5	2.7		7.0	1.0	4.0	6.0	6.0					6.5	8.0

Fuente: (NaanDanJain Irrigation, 2014)

Partes de un microaspersor: Según (Armoni, 1989) consta de 7 partes y son las siguientes:

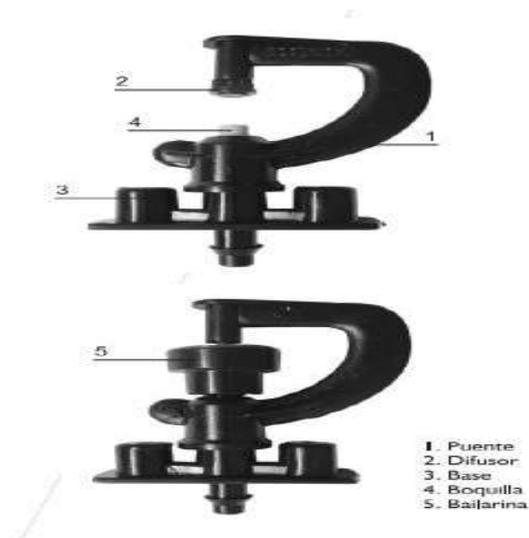
- 1. Conexión dentada:** Este tipo de conexión se utiliza comúnmente en sistemas de tuberías, especialmente en aquellos que transportan fluidos o sólidos en forma de partículas. Las secciones dentadas permiten una unión segura y hermética, evitando fugas.
- 2. Tubillo de alimentación:** Se trata de un tubo cilíndrico de pequeñas dimensiones con un diámetro interno de 4 milímetros y un diámetro externo de 7 milímetros.
- 3. Estabilizador:** es el que se encarga de mantener en posición vertical el micro emisor.
- 4. Mariposa:** es el adaptador que se encuentra entre el tubillo de alimentación y el puente.
- 5. El puente:** es el que están sujeto a la boquilla y deflector, unido directamente sobre la mariposa y el estabilizador.
- 6. Boquilla:** es la encargada de controlar la descarga el micro emisor.
- 7. El deflector:** se encarga de distribuir el agua por el micro emisor, en los micro difusores son estáticos y en los rotores son giratorios.

Figura 4 Partes de un microaspersor marca Naan Dan Jain

Fuente: (NaanDanJain Irrigation, 2014)



Figura 3 Partes de la cabeza de un microaspersor



Fuente: (Mondragon, 2015)

4.5.4. Ventajas de un sistema de microaspersión:

- Los microaspersores son menos propensos a las obturaciones comparados con el sistema de goteo ya que posee mayor diámetro de paso y una mayor velocidad de agua.

- Tiene mayor uniformidad de riego, teniendo una eficiencia de riego del 90%.
- Permite ahorrar agua comparado con otros sistemas de riego como aspersión y superficie.
- Se puede aplicar fertilizantes, bioestimulantes y pesticidas en los volúmenes de riego.
- Reduce la cantidad de mano de obra.
- Permite la inspección periódica del emisor, corrigiendo algún problema que impida el trabajo correcto del riego.
- Se puede usar este sistema de riego en cualquier tipo de terreno, no necesariamente nivelado.
- Se facilita el control de hierbas naturales del terreno, debido que hay partes del área que no llegan a mojarse.
- Aumento en la producción y calidad del cultivo ya que se mantiene húmedo el suelo durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. (Tapia, 2014)

4.5.5. Limitaciones de un sistema de microaspersión:

- Para que el funcionamiento del emisor sea óptimo, se exige que este se encuentre siempre en posición vertical.
- En tiempos de cosecha, el tránsito del personal puede causar daños por pisoteo al emisor.
- El costo de instalación al principio es elevado.
- El viento puede influir en la uniformidad de riego. (Mayorga & Aguilar, 2013)

❖ Evaluación de un sistema de riego localizado por microaspersión

Comprobar el funcionamiento adecuado de un sistema de riego, de manera que se cumpla su objetivo principal de satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, es lo que constituye su evaluación. A través de esta, se puede valorar la idoneidad de los materiales, sus características de

diseño, el mantenimiento y el manejo, así como verificar la uniformidad en la distribución del agua a todo el cultivo o identificar las posibles diferencias en la cantidad recibida.. Además es importante hacer esta evaluación porque cuando incorporamos fertilizantes, bioestimulantes y demás productos fitosanitarios tenemos que percatarnos que estos se incorporen bien y de una manera uniforme ya que podría haber una mala distribución de dichos productos y como resultado se encontrará un diferencia en el desarrollo del cultivo y por ende la producción. (Rekmann et al., 2005)

4.5.6. Eficiencia de aplicación de riego (Ea)

En los diferentes sistemas de riego, puede ocurrir una pérdida de agua tanto en el sistema de almacenamiento, conducción, distribución y a nivel parcelario mismo. Por lo que se considera las pérdidas, que ocurren, con el fin de asegurar el abastecimiento adecuado y oportuno de agua para el riego de los cultivos. Los valores que a continuación se detallan, se utilizan para sistemas de riego por goteo, microaspersión, aspersión y superficie. (Carrazón, 2007)

Tabla 1 *Eficiencia de aplicación de riego*

Sistema de riego	Eficiencia de aplicación (Ea)
Goteo	95%
Microaspersión	90%
Aspersión	75%
Superficie	50%

Fuente: (Carrazón, 2007)

4.5.7. Coeficiente de uniformidad

Evalúa la equidad con la que el agua es emitida por los goteros del sistema en un periodo y a una presión determinados, con el objetivo de lograr un riego homogéneo en la zona. Su cálculo se basa

en la elección de un número específico de emisores distribuidos uniformemente dentro de la subunidad de riego.

(Villavicencio & Villablanca, 2010) mencionan que la programación del riego se realiza con el caudal nominal de cada emisor, sin embargo en algunas ocasiones el caudal puede variar esto es debido a que puede llegar a obstruirse puede haber efectos de la presión y por fallas en el diseño de los sistemas de riego obteniendo como resultado una des uniformidad en el caudal de los emisores, ya que algunas plantas recibirían menos agua de la que realmente necesitan y otras reciban en exceso, con la consiguiente pérdida de rendimiento. Por ello es importante realizar la prueba de uniformidad en nuestro sistema de riego. Para ello tendremos en cuenta los siguientes valores:

La evaluación de la eficiencia del riego en el sistema se realizará mediante la determinación del coeficiente de uniformidad (CU), siguiendo el criterio de evaluación establecido por Pizarro (1996) y expresado de la siguiente manera:

$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_a} \times 100$$

Donde:

CU: Coeficiente de uniformidad

$q_{25\%}$: Caudal medio de los emisores que reciben menos caudales en la prueba equivalentes al 25%

q_a : Caudal medio de los emisores evaluados en la prueba de campo equivalentes al 100%

Tabla 2 *Valores de Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC).*

Funcionamiento	Coeficiente de uniformidad CU
Excelente	90 – 100 %
Buena	80 -90 %
Aceptable	70 -80 %
Inaceptable	< 70 %

Fuente: (Sotelo, 2019)

4.6. Diseño agronómico

El diseño agronómico es un método muy necesario para la elaboración de una planilla de riego instalado en un cultivo. Este proceso busca calcular la cantidad de agua que un cultivo necesita para su desarrollo adecuado sin experimentar falta de agua, mediante el análisis de la relación entre el comportamiento del suelo, la planta, la atmósfera y el agua. (IICA, 2020)

4.6.1. Lamina neta (Ln)

Se refiere a la cantidad de agua que será aplicada al suelo y se expresa en mm, para calcular la lámina neta se considera las características físicas del suelo como capacidad del campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente y profundidad radicular (Tapia, 2014). Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Ln = \frac{(CC - PMP)}{100} \times da \times Pr$$

Donde:

L_n = Lamina neta (mm)

CC = Capacidad de campo (cm)

PMP = Punto de marchitez permanente (gr/cm^3)

D_a = Densidad aparente del suelo (%)

P_r = Profundidad radicular (%)

4.6.2. Lamina bruta (L_b)

Es la cantidad de agua que se debe aplicar al cultivo para compensar las diversas pérdidas de agua en el suelo, de este modo será la relación entre la lámina neta y la eficiencia de aplicación de nuestro sistema de riego, se puede calcular mediante la siguiente ecuación: (Mayorga & Aguilar, 2013)

$$L_b = \frac{L_n}{E_f}$$

Donde:

L_b = lamina bruta (mm)

L_n = lamina neta (mm)

E_f = eficiencia de riego

4.6.3. Frecuencia de riego (Fr)

Se refiere al intervalo de tiempo que transcurre entre dos riegos sucesivos está en función a la demanda y consumo diario de agua, satisfaciendo así las necesidades del cultivo. (Olarte, 2003)

$$Fr = \frac{Ln}{Cd}$$

Donde:

Ln = Lamina neta (mm)

Cd = Consumo diario (mm/dia)

4.6.4. Tiempo de riego (Tr)

Se le conoce al tiempo necesario que durara un riego teniendo en cuenta la cantidad o volumen (V) que se dispone por unidad de tiempo o caudal (Q).

$$Tr = \left(\frac{Nt}{Ph} \right)$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (día/hora)

Nt = Necesidades totales (mm)

Ph = Precipitación horaria (mm/hora) (Baca, 2015)

4.6.5. Factor de secamiento o agotamiento (f)

El factor de secamiento (f) es importante en los programas de riego por que determina la dosis (cuánto regar) y la frecuencia (cuándo regar). Se relaciona con el contenido hídrico del suelo, siendo un factor determinante para la productividad agrícola y susceptible de variación entre diferentes especies cultivadas.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para el cultivo de lechuga en condiciones óptimas de humedad en el suelo, la fracción de agotamiento permisible (p) antes de que la planta experimente estrés hídrico se estima en 0.45. (FAO, 2006)

4.6.6. Profundidad radicular (Pr)

Es la capa enraizable conocida como rizosfera donde se desarrollan las raíces de la planta dentro del suelo, lo que se busca es humedecer la zona donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces. (Olarte, 2003)

Según la FAO la profundidad radicular y factor de secamiento del repollo es el siguiente:

Tabla 3 Profundidad radicular y factor de agotamiento para cultivo de repollo

Cultivo	Profundidad radicular máxima ¹ (m)	Fracción de agotamiento ² (para ET = 5 mm día ⁻¹) p
a. Hortalizas Pequeñas		
Brócoli	0,4-0,6	0,45
Col de Bruselas	0,4-0,6	0,45
Repollo	0,5-0,8	0,45
Zanahorias	0,5-1,0	0,35
Coliflor	0,4-0,7	0,45
Apio (Céleri)	0,3-0,5	0,20
Ajo	0,3-0,5	0,30

Fuente: (FAO, 2006)

4.6.7. Evapotranspiración del cultivo (ET)

La evapotranspiración representa la pérdida conjunta de agua del suelo a través de los procesos de evaporación y transpiración vegetal. La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo. (FAO, 2006)

4.6.8. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

Se define como la tasa de evapotranspiración de una superficie vegetal que se encuentra en buenas condiciones y bajo un suministro adecuado de agua. (FAO, 2006)

El término de evapotranspiración de referencia se entiende a la pérdida de agua de una cubierta vegetal sin limitaciones al suministro hídrico, sin suelo desnudo y cuando los factores meteorológicos son los únicos que condicionan dicha evapotranspiración. (Santos, 2010)

4.6.9. Coeficiente del cultivo es el coeficiente (K_c)

Según (Mayorga & Aguilar, 2013) el K_c describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, se considera que en cada etapa de desarrollo el cultivo tiene diferentes necesidades hídricas desde la siembra hasta la cosecha. En la mayoría de los cultivos se diferencian cuatro etapas o fases del cultivo que son las siguientes:

- Inicial: desde la siembra hasta un 10% de cobertura del suelo aproximadamente.
- Desarrollo: desde el 10% de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta.
- Media: entre floración y fructificación.
- Maduración: desde madurez hasta la cosecha

(FAO, 2006) menciona que se puede hallar mediante la siguiente ecuación:

$$ETC = ETo \times Kc$$

Donde:

ETC = evapotranspiración real del cultivo (mm/día)

ETo = evapotranspiración potencial (mm/día)

K_c = coeficiente del cultivo

Elaboración de curva K_c :

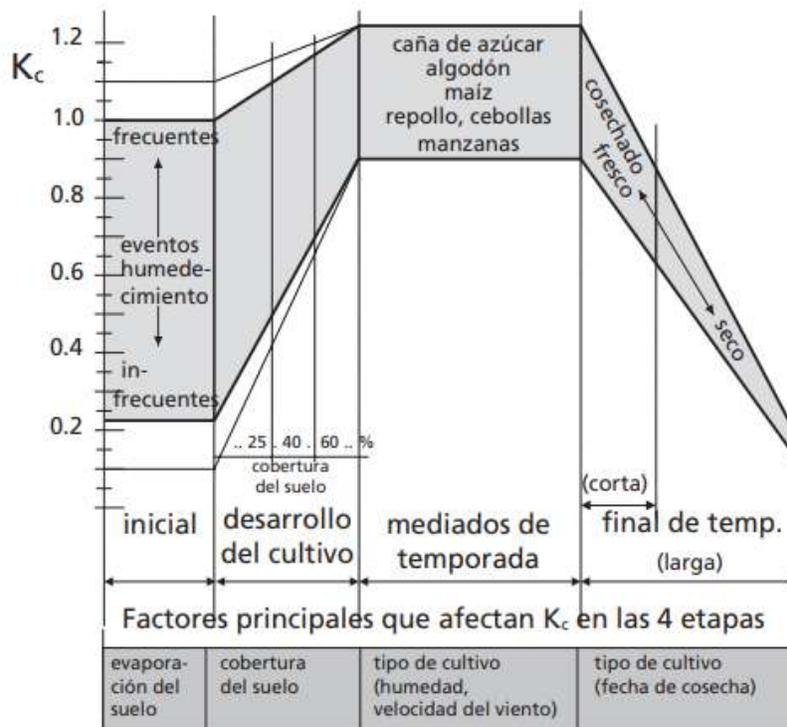
Se utiliza una curva del coeficiente de cultivo (K_c) para representar las variaciones en las necesidades de agua de un cultivo durante su ciclo vital. La configuración de esta curva está

directamente relacionada con las alteraciones en la vegetación y el proceso de madurez del cultivo., los cuales afectan el cociente entre E_{Tc} y E_{To} . A partir de esta curva se puede derivar el valor del coeficiente K_c . (FAO, 2006)

Para graficar la curva k_c se divide el periodo de crecimiento en las cuatro etapas generales que anteriormente ya se mencionaron (inicial, desarrollo de cultivo, mediados de temporada y final) luego determinamos las duraciones de las etapas de desarrollo y se identifica el K_c inicial, K_c medio y K_c final.

Se ajusta los valores K_c según la frecuencia de humedecimiento o las condiciones climáticas de las fases de desarrollo y finalmente se grafica la curva uniendo los segmentos de línea recta de cada una de las etapas de crecimiento. . (Huanca, 2019)

Figura 5 Rangos típicos esperados del valor de K_c para las cuatro etapas de crecimiento



Fuente: (FAO, 2006)

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo aplicada ya que se recurrió a los conocimientos y principios sobre los bioestimulantes para generar soluciones frente a los problemas de rendimiento de cultivo de repollo que son afectados por las heladas y el nivel de investigación es experimental.

5.2. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

5.2.1. Ubicación espacial

- Ubicación geográfica

Latitud: 13°33'24.9" Sur

Longitud: 71°52'30.6" Oeste

Altitud: 3214 metros sobre el nivel del mar

- Ubicación política

Región: Cusco

Provincia: Cusco

Distrito: San Jerónimo - Centro Agronómico K'ayra

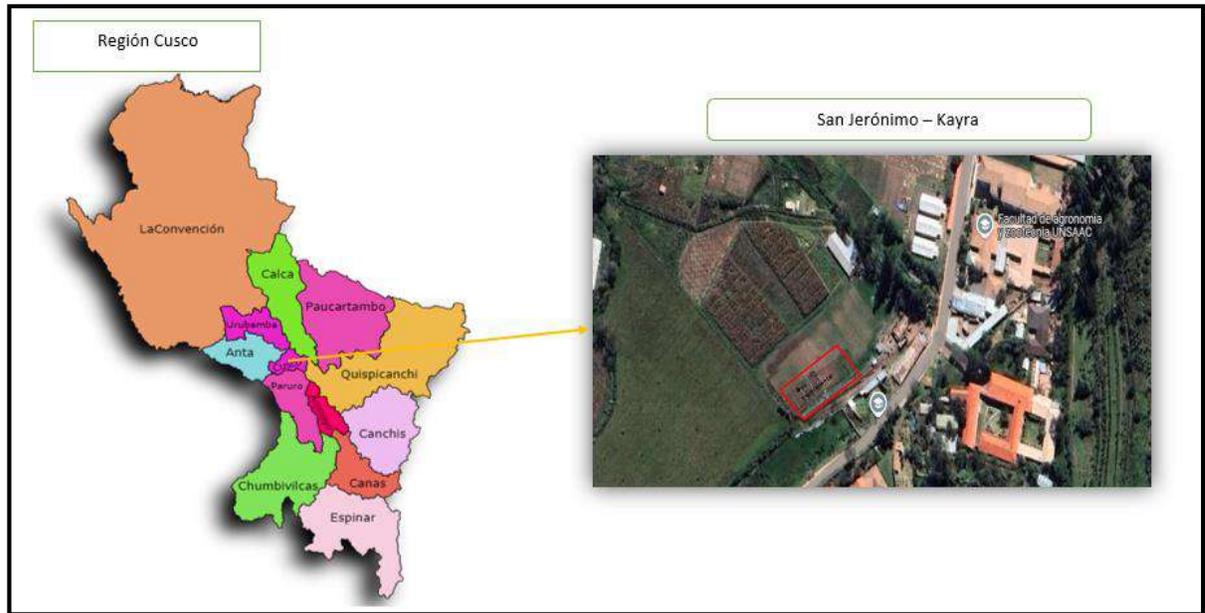
- Ubicación hidrográfica

Cuenca: Vilcanota

Sub cuenca: Huatanay

Microcuenca: Huanacaure

5.2.2. Ubicación del campo experimental



5.2.3. Ubicación ecológica

Holdridge, L (1982) manifiesta que el Centro Agronomico K'ayra de la ciudad del Cusco, pertenece a la zona de vida natural Bosque seco- Montano bajo subtropical.

5.2.4. Ubicación temporal

El trabajo de investigación se realizó durante los meses de marzo (trasplante) a julio (cosecha) del año 2023.

5.3. MATERIALES Y METODOLOGIA

5.3.1. Materiales de campo, herramientas y equipos

Materiales de campo	
Cinta métrica	Plumón indeleble
Rafia	Sacos
Etiquetas y carteles de identificación	Balde
Listones de madera de 2 pulgadas	Guantes

Herramientas	
Pico	Serrucho
Lampa	Pala
Khituchi	

Equipos y material de gabinete	
Cuaderno de campo	Cámara fotográfica
Vernier	Balanza de precisión
Lapicero azul	USB
Laptop	Impresora
Termómetro de ambiente	Higrómetro
Tanque clase A	Pluviómetro

Materiales de riego	
Codo Hembra azul	Unión universal
Codo Roscado	Inyector venturi
PVC rosca hembra	Reducción de campana
Válvula esférica octogonal	Elevador PVC
Niple PP 1x2	Cinta teflón
Niple PVC 1x3	Niple PVC SAP 1x4
Bushing 1x ½	Caño jardinero
Manguera 25mm x 100mts C-4	Acometida 16mm
Válvula ramal 16 x 16mm	Microaspersores Nebulizador 180°
Tapón 25mm	

5.3.2. Material biológico

En el presente trabajo se utilizó 960 plántulas de repollo

5.3.3. Insumos:

❖ Algater

Este producto es un concentrado obtenido de algas marinas de la especie (*Ascophyllum nodosum*), enriquecido con elementos traza y ácidos fúlvicos. Su función es estimular el crecimiento de las plantas, fortalecer su sistema inmunológico, mejorar la germinación de las semillas y el enraizamiento. Asimismo, potencia la capacidad de las plantas para tolerar el estrés causado por condiciones ambientales adversas, la baja intensidad lumínica y los ataques de plagas y enfermedades.

Tabla 4 Composición química de algater

Elementos	Composición
Extracto de algas marinas	20%
Extracto húmico	15%
Magnesio	3.5%
Giberelina	0.003%
Auxina	0.003%
Citoquinina	0.003%

Fuente: Piamonte Perú

❖ **Bayfolan® Aktivator**

Esta formulación equilibrada, diseñada para aplicación foliar, estimula la fisiología óptima de la planta. Simultáneamente, reduce los impactos del estrés ambiental al activar sistemas de tolerancia naturales especializados (basados en aminoácidos) dentro del organismo vegetal. (Bayer, 2023)

Posee 19 aminoácidos concentrados diferentes con alto contenido de nitrógeno orgánico al igual que altos niveles de prolina y glicina capaces de inducir propiedades específicas de reducción del estrés en las plantas. Permite crear complejos que poseen un mejor grado de movilidad y absorción, lo que simplifica su translocación entre las membranas. (Bayer, 2023)

Tabla 5 *Composición química de bayfolan activador*

Elementos	Composición
Aminoácidos totales	46.9%
Aminoácidos libres	7.87%
Zinc	1.2.%
Manganeso	0.4%
Boro	0.03%

Fuente: (Bayer, 2023)

❖ **Bioactivador Antihelada**

Protector contra heladas que contiene iones de oligoelementos, esenciales para el crecimiento y desarrollo normal de tus cultivos.

Los iones que conforman la solución estimulan la formación de auxinas, es un tipo de hormona natural que facilita la transformación de los almidones (insolubles) en glucosa (sólido soluble) a la vez que incide en un considerable aumento de los aminoácidos (sólido soluble) formando proteínas. De esta manera, el agua de los espacios intercelulares no se congelará, al impedirse la formación de hielo que al expandirse rompe las membranas celulares y en consecuencia evitará los daños que ocurren por la exposición a bajas temperaturas.

Tabla 6 Composición química de bioactivador antiheladas

Elementos	Composición
Azufre	10.0%
Zinc	8.0%
Magnesio	6.0%
Manganeso	0.8%
Boro	0.6%
Cobre	0.6%
Hierro	0.5%
Bioactivador	5.0%
Excipiente	67.5%

Fuente: (Bioactivador, 2023)

❖ **Poli – wett (coadyuvante agrícola)**

Tiene como ingrediente activo el alcohol polivinílico soluble en agua no peligroso y biodegradable. Es un adherente, dispersante y humectante con la composición de ingredientes

activos que mejoran la eficacia de los tratamientos con bioestimulantes, insecticidas, fungicidas herbicidas, y nutrientes foliares aplicados sobre los cultivos. Este producto rompe la tensión superficial y expande la gota de agua, favoreciendo la efectividad de acción y adherencia de la mayoría de productos químicos.

Tabla 7 *Composición química de poli- wett*

Elementos	Composición
Alcohol polivinílico	6%
Compuestos relacionados	94%

Fuente: (Piamonte Perú)

5.4. METODOLOGIA

5.4.1. Diseño experimental

El diseño que se usó en este trabajo de investigación es Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), en el cual tiene 4 tratamientos y cada una con 4 repeticiones, obteniendo un total de 16 unidades experimentales.

Tratamientos:

- Tratamiento 1: Testigo
- Tratamiento 2 : Antihelada antifreaser
- Tratamiento 3: Algater
- Tratamiento 4 : Bayfolan activador

5.4.2. Análisis estadístico:

Para el análisis estadístico se utilizó (ANVA) y la prueba de medias de Tukey al 95% para la comparación de medias entre tratamientos.

5.4.3. Características del campo experimental

- ❖ Dimensiones del Campo Experimental
 - ❖ Largo : 28 m
 - ❖ Ancho : 10 m
 - ❖ Área total : $280 m^2$
- ❖ Número y Dimensiones de los Bloques
 - ❖ Número de bloques: 4
 - ❖ Largo de los bloques: 10 m
 - ❖ Ancho de bloques: 6 m
 - ❖ Distancia entre bloques: 1 m
 - ❖ Área de cada bloque : $60 m^2$
- ❖ Características de cada tratamiento
 - ❖ Ancho de cada tratamiento: 1.50 m
 - ❖ Largo de cada tratamiento: 10 m
 - ❖ Área neta de tratamiento : $15 m^2$
 - ❖ Número de surcos por tratamiento: 3
- ❖ Número y distanciamiento de Plantas
 - ❖ Distanciamiento entre plantas: 0.50 m
 - ❖ Distanciamiento entre surcos: 0.50 m
 - ❖ Número de plantas por tratamiento: 240
 - ❖ Número total de plantas: 960
- ❖ Microaspersores

- ❖ Número de microaspersores por bloque: 32
- ❖ Número total de microaspersores: 128
- ❖ Distancias entre microaspersores: 1.20 m

 **Croquis del campo experimental:**

Figura 6 Dimensiones y distribución de tratamientos en el área experimental

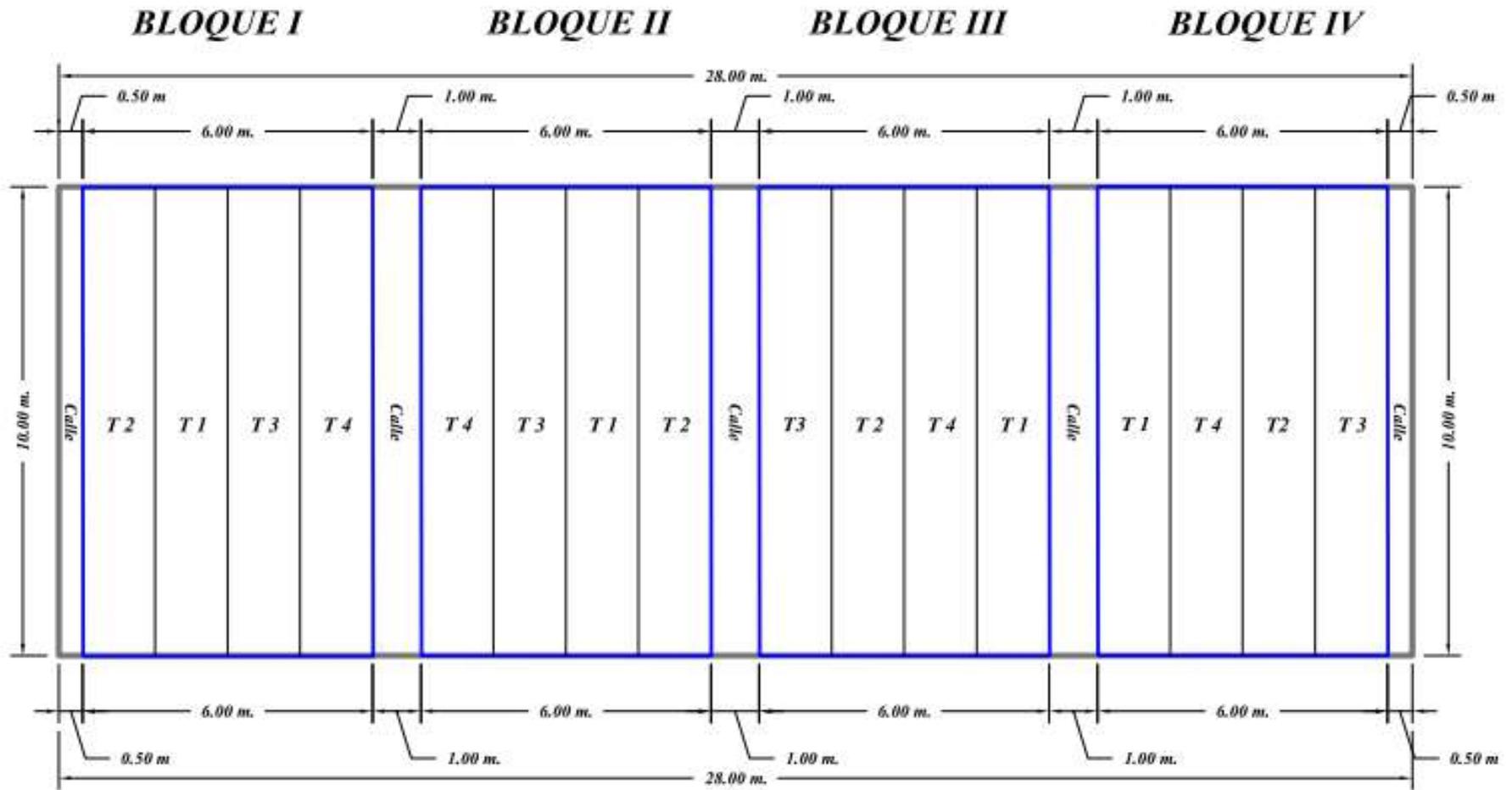
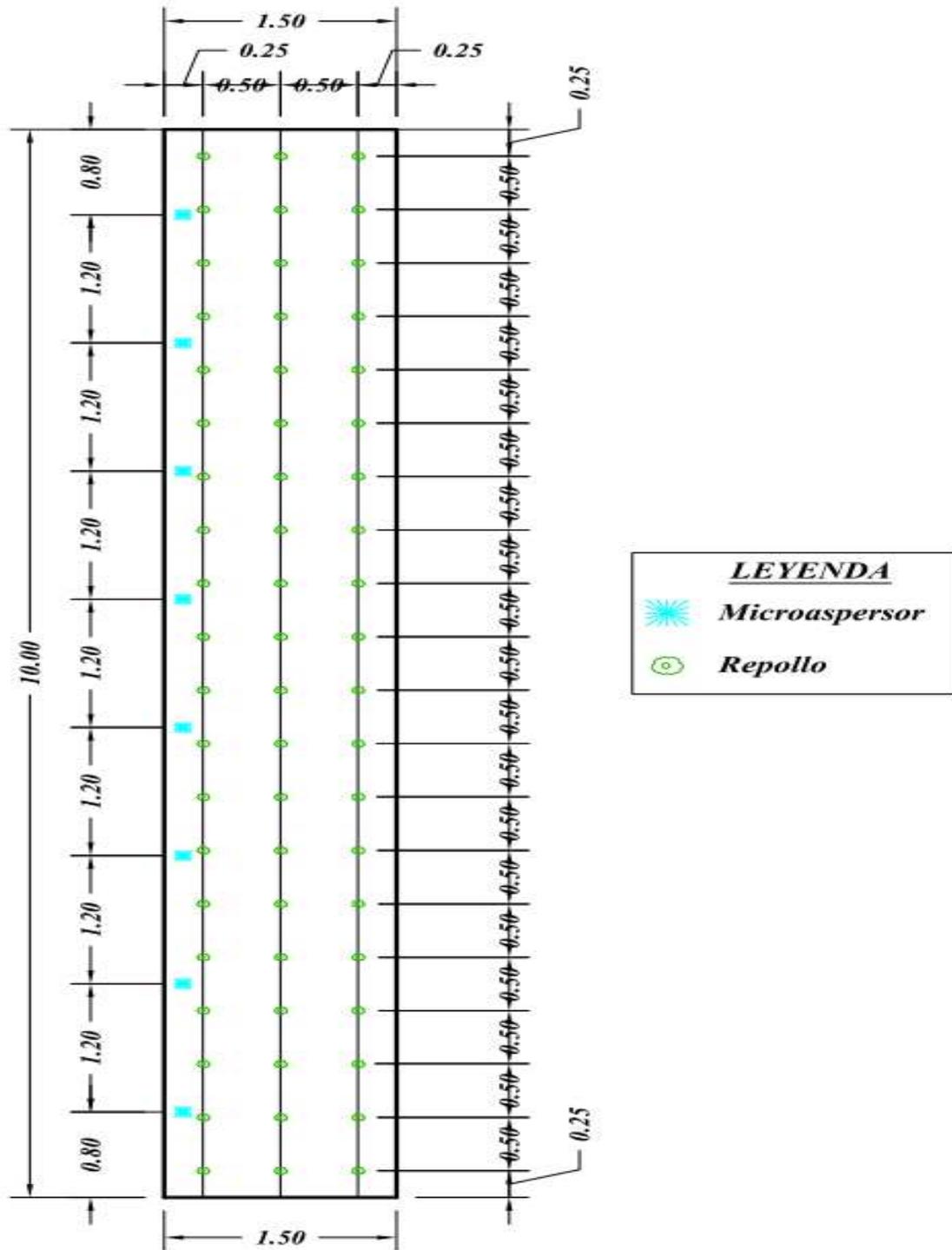


Figura 7 Croquis de Distribución de la Unidad Experimental



5.5. Diagrama de flujo del trabajo de investigación

Grafico 2 Diagrama de flujo de las actividades realizadas



5.6. INSTALACION DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

❖ Preparación de terreno:

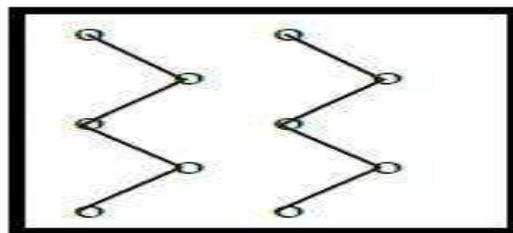
Para llevar a cabo esta actividad, se utilizó un tractor que realizó las labores de arado del terreno. La finalidad de estas acciones fue preparar el suelo, dejándolo suelto y aireado para favorecer el óptimo desarrollo de las futuras plantas. Esta actividad se completó el 27 de febrero de 2023.

Fotografía 2 Preparación de terreno potrero C-2



❖ **Muestreo del suelo** Para la toma de muestras se usó el método zig-zag tomando así 6 submuestras de diferentes puntos del terreno.

Figura 8 Muestreo de suelo en zig-zag



Zig - Zag

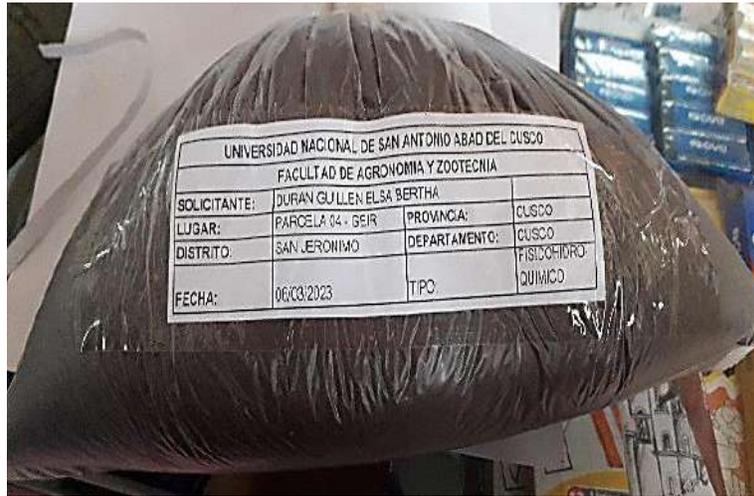
Para ello se realizó los siguientes pasos:

- ❖ Se seleccionó el punto a muestrear
- ❖ Se eliminó la cobertura vegetal y piedras de la superficie del muestreo.
- ❖ Con la ayuda de una pala se hizo un hoyo.
- ❖ Se depositó en un plástico.
- ❖ Se realizó esta operación en cada uno de los puntos
- ❖ Se mezcló todas las submuestras como corresponden y se dejó secar a sombra por dos días luego las tamicé y finalmente se colocó en una bolsa hermética para su respectivo envío.
- ❖ El día 06/03/23 se envió las muestras al laboratorio químico agrícola Valle Grande para su respectivo análisis.

Fotografía 3 Recolección de muestras de suelo del terreno potrero C-2



Fotografía 4 Muestra de suelo



❖ **Marcado de parcelas:**

Para el trazado se usó yeso, wincha y rafia. Con la ayuda de esos materiales se realizó la parcelación de acuerdo al croquis del diseño experimental.

❖ **Adquisición de plántulas de repollo:**

Las plantas de repollo fueron obtenidas de la empresa agrícola “ Cultivagro”, se hizo el pedido de 1000 plantas de repollo, los cuales fueron entregados en bandejas.

Fotografía 5 Bandeja de plántulas de repollo



❖ **Instalación del sistema de riego de microaspersión**

De acuerdo al croquis del diseño experimental se instaló un arco de riego con un inyector venturi para poder aplicar nuestros insumos para cada tratamiento, este fue ubicado en la cabecera de la parcela experimental. Así mismo con la ayuda de una wincha se midió la distancia de cada microaspersor, así mismo se colocó las mangueras para luego ser unidas con los microaspersores, conectores y llaves. El costo de instalación del sistema de riego fue de S/ 1,329.30 soles.

Fotografía 6 Instalación del Sistema de riego



❖ **Trasplante:**

Según (Suquilanda, 1996) el trasplante de repollo se debe de realizar en días nublados, horas de la tarde y suelo húmedo esto reduce el estrés que sufrirá el repollo mientras no termina de arraigar. Para evitar este problema el día 09/03/23 se regó toda la parcela y se trasplantó el día 10/03/23 en horas de la tarde. La densidad de siembra utilizada entre plántulas fue de 0.50 m x 0.50 m.

Fotografía 7 Trasplante de plántulas de repollo



❖ **Aplicación de los bioestimulantes:**

Los bioestimulantes están adquiriendo una importancia creciente en la agricultura por su potencial para mejorar el rendimiento y la calidad de las cosechas. Es crucial entender que la heterogeneidad en su composición química implica que cada producto es único, lo que resalta la necesidad de determinar la dosis y el momento de aplicación correctos para cada cultivo, asegurando así una óptima asimilación y producción. (Sembralia , 2021)

La aplicación de bioestimulantes al área experimental fue realizada asperjando uniformemente con los microaspersores para ello se instaló un inyector venturi para incorporar los bioestimulantes al sistema de riego, se aplicó de forma foliar, con la siguiente dosis de recomendadas por su ficha técnica.

Tabla 8 *Tabla de dosificación y aplicaciones de bioestimulantes según área experimental*

Elaboración: propia

Código	Tipo de bioestimulante	Dosis de bioestimulante	Dosis de coadyuvante agrícola	Momento de aplicación (ddt)*	Intervalo de tiempo (días)
T1	Sin aplicación	-	-	-	-
T2	Algater (<i>Algas marinas</i>)	80 gr / 15 L agua	10ml / 15 L agua	15	15
T3	Bayfolan Aktivador (<i>Aminoácidos</i>)	75 ml / 15 L de agua	10ml / 15 L agua	15	15
T4	Antihelada antifreezer (<i>Oligoelementos</i>)	75 ml / 15 L de agua	10ml / 15 L agua	15	15

Tabla 9 *Días de aplicación de bioestimulantes*

Día / Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Marzo																																
Abril																																
Mayo																																
Junio																																
Julio																																

Leyenda	
	Día del transplante
	Día de aplicación de bioestimulante
	Cosecha y evaluación de variables

(ddt)* días después del transplante

Elaboración propia

Fotografía 8 Bioestimulantes utilizados



❖ **Preparación y aplicación de los bioestimulantes:**

Para la preparación se hizo uso de un balde de agua de 15 L a temperatura ambiente, antes de usar los productos se agitó para que haya una homogenización, a continuación siguiendo nuestra tabla de dosificación se disolvió el bioestimulante que se aplicó según el tratamiento al igual que su dosificación recomendada mientras se mezcla continuamente para que la solubilización sea más uniforme, luego de ello se mezcló el coadyuvante agrícola en la mezcla ya realizada anteriormente y se volvió a mezclar.

Una vez que tuvimos la mezcla se usó el inyector venturi para incorporar nuestros bioestimulantes en el sistema de riego. La medida del inyector venturi con la que trabajamos fue de $\frac{3}{4}$ " y con una presión de 2 bar para evitar la desigualdad y exceso de traslape de aplicación entre tratamientos.

❖ **Prueba del coeficiente de uniformidad del sistema de riego**

Para evaluar coeficiente de uniformidad (CU) de riego en el sistema de microaspersión instalado se utilizó la metodología desarrollada por (Merriam & Keller, 1978) citada por (Pizarro, 1996) se define con la siguiente expresión:

$$CU = \frac{q_{25\%}}{qa} \times 100$$

Donde:

CU: Coeficiente de uniformidad

q_{25%}: Caudal medio recibido por el 25% de los emisores que reciben menos caudales en la prueba

qa: Caudal medio de los emisores evaluados en la prueba se campo.

Para nuestro trabajo de investigación se obtuvo lo siguiente:

$$CU = \frac{0.0673}{0.0729} \times 100$$

$$CU = 0.92 \times 100$$

$$CU = 92\%$$

Tomamos en consideración los valores recomendados del CU:

Funcionamiento	Coefficiente de uniformidad CU
Excelente	90 – 100 %
Buena	80 -90 %
Aceptable	70 -80 %
Inaceptable	< 70 %

Fuente: (Sotelo, 2019)

Hacemos la comparación de nuestro resultado con los valores recomendados del CU, y deducimos que nuestra uniformidad de riego fue excelente ya que está dentro del rango de 90 – 100% y nuestro resultado fue 92%.

Fotografía 9 Prueba de Uniformidad con microaspersores



Fotografía 10 Recolección de muestras de uniformidad

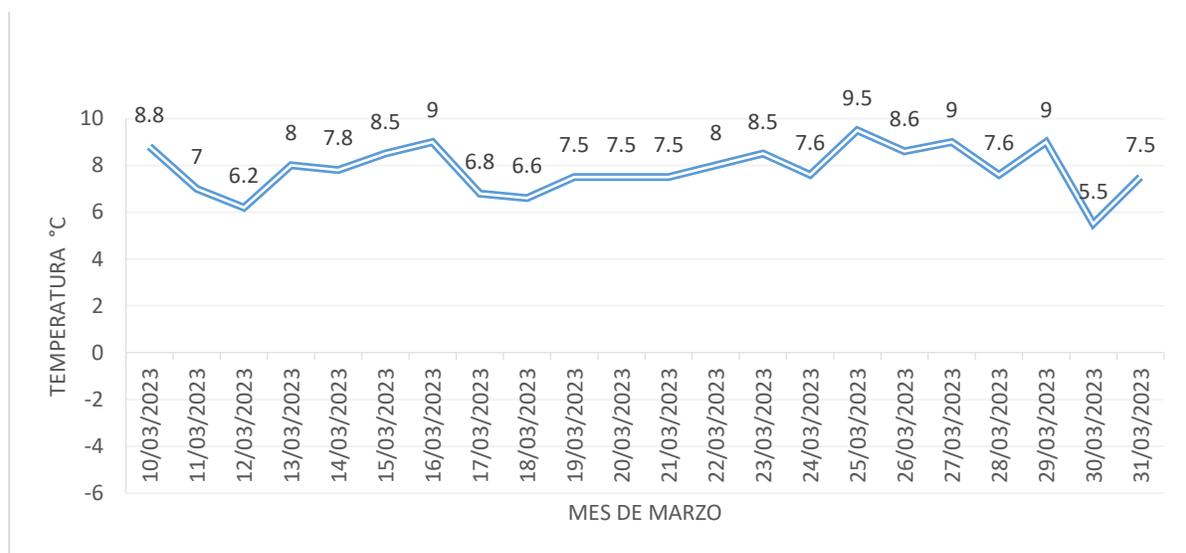


❖ **Análisis de temperaturas mínimas del mes de marzo a julio del año 2023**

Se obtuvo los datos de temperaturas mínimas del mes de marzo a julio facilitado por SENAMHI ya que corresponden a los 5 meses de las etapas de crecimiento del cultivo de repollo, desde el momento de trasplante hasta la cosecha.

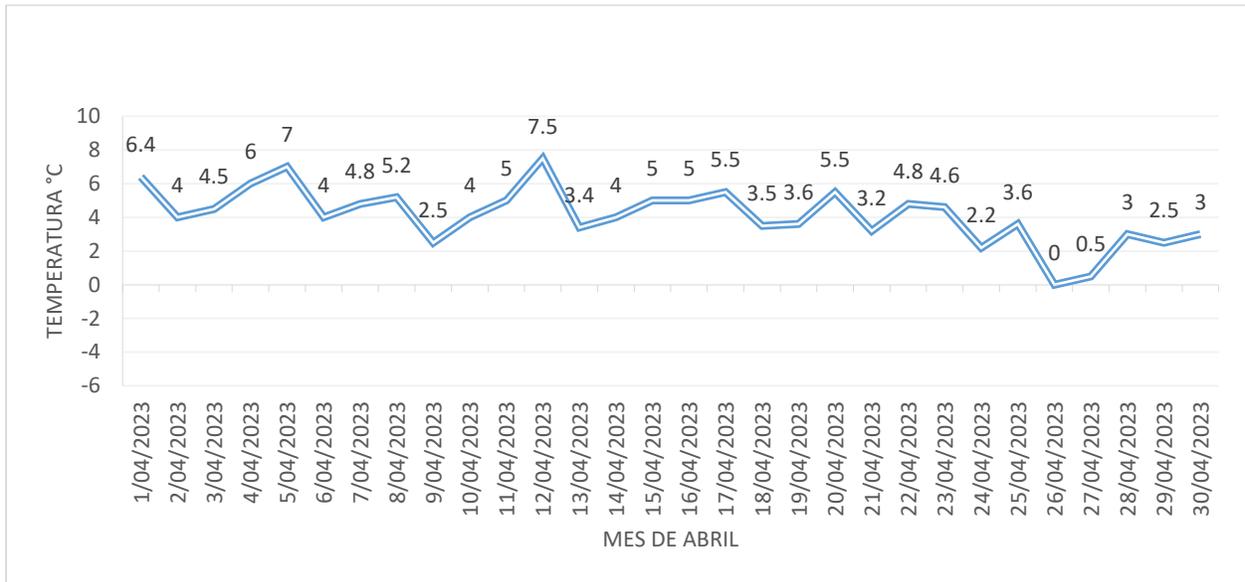
A continuación, se presentan los siguientes gráficos detallados por día de cada mes correspondiente y temperatura mínima en °C.

Gráfico 3 Temperatura mínima °C mes de marzo



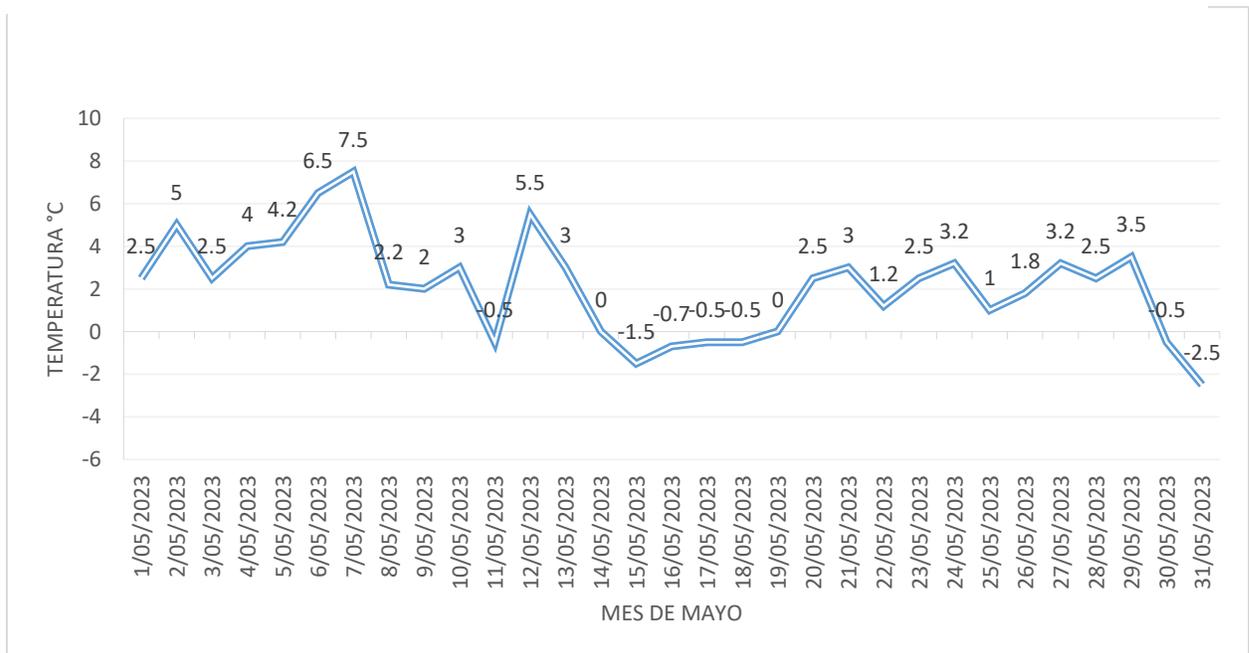
En el gráfico se muestra las temperaturas mínimas desde la fecha que se trasplantó las plántulas de repollo, por ello en el mes de marzo se observa que la temperatura más mínima fue de 5.5 °C el día 30/03/23 en este mes se puede deducir que no hubo heladas puesto que la temperatura no descendió a 0°C o menos.

Gráfico 4 Temperatura mínima °C mes de abril



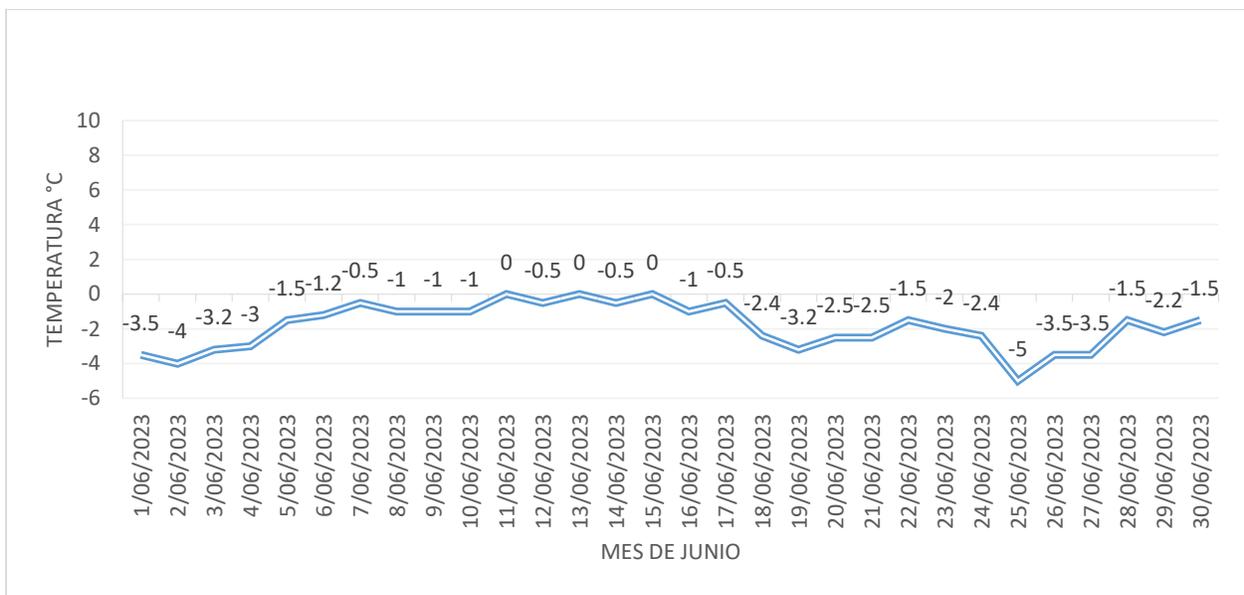
En el mes de abril la temperatura descendió hasta 0°C el día 26/04/23, según la tabla 1 de severidad de heladas meteorológicas propuesta por la (FAO, 2010) , la helada fue suave ya que está dentro del rango de 0°C a -1,9°C. por otro lado se observa que los demás días las temperaturas mínimas fue mayor de 0°C.

Gráfico 5 Temperatura mínima °C mes de mayo



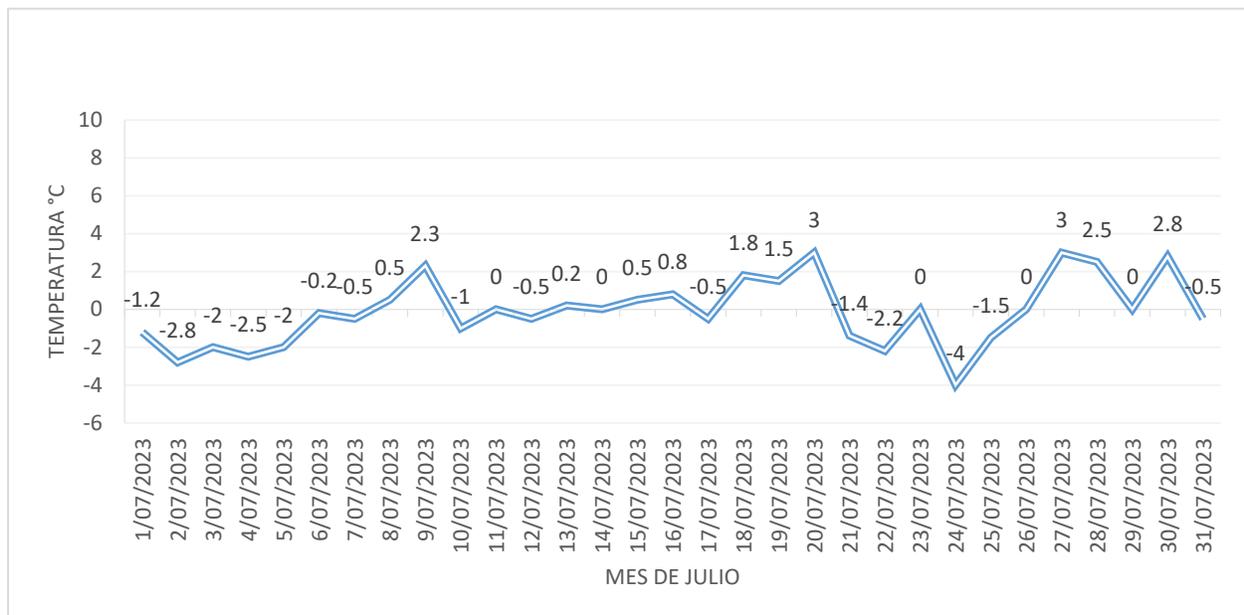
En el mes de mayo la temperatura más inferior fue de $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ el día 31/05/23 y según la tabla 1 de severidad de heladas meteorológicas presentada por (FAO, 2010) fue una helada moderada ya que está en el rango de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, se observa que hubo 8 días que la temperatura estuvo entre un intervalo de $-0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ se deduce que fueron heladas suaves por estar entre el rango de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Gráfico 6 Temperatura mínima $^{\circ}\text{C}$ mes de junio



En el mes de junio la temperatura más mínima fue el día 25/06/23 con $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ seguido del día 02/06/23 con $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, según la tabla 1 de severidad de heladas meteorológicas presentado por (FAO, 2010) corresponden a heladas fuertes ya que se encuentran en el intervalo de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-5.9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, se observa 12 días con temperaturas entre $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-3.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ que corresponderían a ser heladas moderadas, al igual que 16 días con temperaturas entre un intervalo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ que corresponden a ser heladas suaves. Por ende, a lo evaluado en el mes de junio se presentó tres tipos de heladas: suaves, moderadas y fuertes.

Gráfico 7 Temperatura mínima °C mes de julio



En el mes de julio la temperatura más inferior frente a las otras fue del día 24/07/23 con -4°C que correspondería a ser una helada fuerte según la tabla 1 de severidad de heladas meteorológicas presentado por (FAO, 2010). Así mismo se observa que hay 10 días con un intervalo de temperatura entre -2°C a $-3,9^{\circ}\text{C}$ que corresponden a ser heladas moderadas, por otro lado, hay 20 días con temperaturas entre 0°C a $-1,9^{\circ}\text{C}$ que corresponder a ser heladas suaves. Por ello se deduce que el mes de julio se presentó tres tipos de heladas: suaves, moderadas y fuertes.

5.6.1. Labores culturales:

❖ Deshierbo:

Esta labor cultural se realizó durante los 5 meses de desarrollo del cultivo de repollo, debido a que el sistema de riego por micro aspersion influyó bastante en el desarrollo de malezas en la parcela, se realizó de forma manual por lo que se utilizó un kituchi, picos y un par de guantes.

Fotografía 11 Deshierbe de malezas



❖ **Aporque:**

Esta actividad se realizó el día 17/05/23 de forma manual con la ayuda de lampas, se alzó un poco de tierra sobre el cuello radicular de las plantas, con esta actividad logramos que las plantas tengan mayor estabilidad.

Fotografía 12 Plantas de repollo luego de ser aporcadas



❖ **Riego:**

El riego se realizó con la planilla de riego, usando datos como velocidad de viento, humedad relativa, evaporación de tanque clase. Así mismo con datos obtenidos del boletín

de FAO 56, se tomó datos del cultivo de repollo como Kc, profundidad de raíz. Teniendo los datos correspondientes se pasó a la planilla y así se obtuvo la cantidad de riego a usar.

Tabla 10: Planilla de manejo de riego

PLANILLA DE CALCULO DE MANEJO DE RIEGO														
Provincia	Cusco			Ln Inicio (mm)	92.4				Cultivo	Repollo			phr	
Distrito	San Jeronimo			Ln Final (mm)	41.58				Fecha de Trasplante	10 de Marzo de 2023				38.89
Lugar	Kayra			Factor de secamiento (f)	0.45				Area del Terreno	280 m2				
Sector	Potrero C-2			Eficiencia	90%				Responsable	Duran Guillen Elsa Bertha				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
FECHA	DDS	V(m/s)	HR(%)	Kp	Evapor. (mm)	Eto (mm)	Kc	Etc (mm)	Reposición de agua de riego			Consumo de agua		tiempo de riego (min)
									Pp. (mm)	Nec. Netas (mm)	Nec. Totales (mm)	C.C.	Descenso tolerable	
10/03/2023	1	2	77.7	0.8	2.00	1.60	0.71	1.14	0.0			92.40	91.26	
11/03/2023	2	0.0	77.9	0.8	2.5	2.0	0.7	1.4	0.0			91.26	89.84	
12/03/2023	3	0.0	77.2	0.8	3.4	2.7	0.7	2.0	0.0	2.56	2.84	92.40	90.44	8.76
13/03/2023	4	2.7	72.7	0.8	4.8	3.8	0.7	2.8	21.3			90.44	87.68	
14/03/2023	5	2.0	79.8	0.8	3.5	2.8	0.7	2.0	0.0			87.68	85.63	
15/03/2023	6	2.0	74.9	0.8	2.1	1.7	0.7	1.2	0.0	4.81	5.34	92.40	91.17	16.49
16/03/2023	7	2.0	80.5	0.8	1.2	1.0	0.7	0.7	0.0			91.17	90.46	
17/03/2023	8	1.3	75.8	0.8	3.2	2.6	0.8	1.9	2.1	1.94	2.15	92.40	90.48	6.64
18/03/2023	9	0.0	78.8	0.8	3.5	2.8	0.8	2.1	4.8			90.48	88.38	
19/03/2023	10	0.0	88.1	0.8	1.0	0.8	0.8	0.6	7.9	4.02	4.47	92.40	91.79	13.78
20/03/2023	11	0.0	77.1	0.8	2.2	1.8	0.8	1.3	2.7			91.79	90.45	
21/03/2023	12	0.0	81.0	0.8	0.7	0.6	0.8	0.4	1.9	1.95	2.16	92.40	91.97	6.67
22/03/2023	13	0.0	90.6	0.8	0.4	0.3	0.8	0.2	4.9			91.97	91.72	
23/03/2023	14	2.0	73.1	0.8	2.5	2.0	0.8	1.6	0.8	0.68	0.76	92.40	90.84	2.33
24/03/2023	15	0.0	80.8	0.8	0.3	0.2	0.8	0.2	4.1			90.84	90.65	
25/03/2023	16	0.0	84.1	0.8	1.0	0.8	0.8	0.6	0.0	1.75	1.94	92.40	91.76	6.00
26/03/2023	17	2.0	78.2	0.8	0.9	0.7	0.8	0.6	0.0			91.76	91.18	
27/03/2023	18	1.3	73.8	0.8	2.5	2.0	0.8	1.6	0.0	1.22	1.35	92.40	90.78	4.17

Fotografía 13 Riego por microaspersión en cultivo de repollo en sus primeras fases de desarrollo.



❖ **Fertilización:**

La fertilización de las plantas es una práctica fundamental en la agricultura, siendo los elementos más esenciales utilizados el nitrógeno, potasio y fósforo que son vitales para el crecimiento y desarrollo de la planta. Por lo que, en esta investigación la determinación de los niveles de N, P, K se calculó considerando el análisis de suelo realizado.

El análisis de suelo fue enviado al laboratorio de química agrícola Valle Grande y posteriormente se obtuvo los resultados (ver anexos) y se calculó el nivel de fertilización.

Tabla 11 Nivel de fertilización

	Nitrógeno Kg/ha	Fósforo kg/ha	Potasio kg/ha
Demanda	150	200	225
Nutriente del suelo	34.54	5.39	71.73
Nuevo nivel	115.46	194.61	153.27

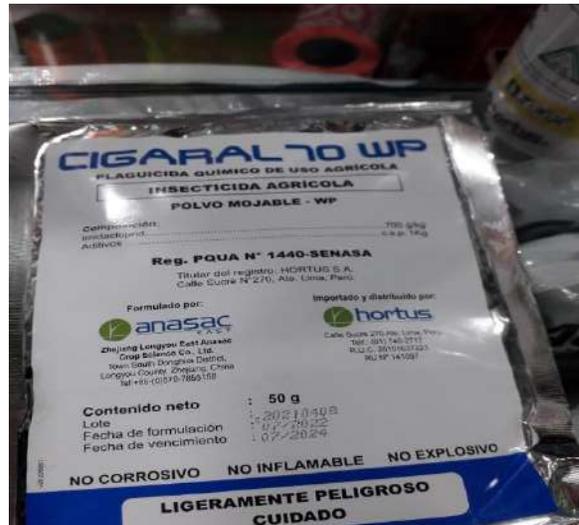
Para la fertilización de toda la parcela experimental se necesitó 10.15 Kg de fosfato diamónico, 2.05 Kg de urea y 7.36 Kg de sulfato de potasio lo cual fueron aplicados en el momento de trasplantar las plántulas de repollo y en el primer y segundo aporque del cultivo de repollo.

❖ **Plagas y enfermedades:**

El manejo integrado de plagas y enfermedades se desarrolló durante toda la etapa fenológica del cultivo para lo cual tenía que estar en constante evaluación para ver si se presentaba alguna plaga o enfermedad. Después de dos semanas del trasplante de las plántulas de repollo se presentó el ataque de la plaga Diabrotica spp más conocido como

lorito verde para lo cual se hizo uso de un insecticida agrícola Cigara 70 wp con principio activo Imidacloprid el daño no fue grave ya que se controló a tiempo.

Fotografía 14 Insecticida agrícola Cigara 70 wp



❖ **Cosecha:**

Para cosechar las cabezas de repollo se esperó que cumpla su etapa de crecimiento del cultivo que en este presente trabajo de investigación fueron 125 días, esta labor se realizó en el mes de Julio. Para realizar la recolección de cabezas de repollo se tuvo ver que tenga una contextura apretada, dicha cosecha fue manual.

5.7. EVALUACION DE VARIABLES:

❖ **Altura de la planta**

Para evaluar la altura de la planta se utilizó una wincha en la que medimos desde la base de la planta hasta la parte más alta o el ápice de la planta de repollo, la unidad de medida fue en centímetros.

Fotografía 15 Evaluación de altura de la planta



❖ **Diámetro de tallo**

El diámetro de tallo fue medido por un vernier en la parte del cuello de la cabeza que se encuentra en la parte baja de cabeza de repollo. La unidad de medida fue en centímetros.

Fotografía 16 Evaluación de diámetro de tallo



❖ **Diámetro polar de la cabeza de repollo**

Para la evaluación del diámetro polar de la cabeza de repollo se utilizó una cinta métrica se midió considerando la distancia entre la base hasta la zona apical de la cabeza de repollo. La unidad de medida fue en centímetros.

❖ **Diámetro ecuatorial de la cabeza de repollo**

Para la evaluación del diámetro ecuatorial de la cabeza de repollo se utilizó una cinta métrica se midió considerando la parte radial desde el punto medio de la cabeza de repollo. La unidad de medida fue en centímetros.

❖ **Longitud de raíz**

Para evaluar esta variable se sacó la raíz cuidadosamente sin dañarla y con la ayuda de una wincha se midió su extensión en profundidad que alcanzaron la raíz pivotante. La unidad de medida fue en centímetros.

Fotografía 17 Evaluación de la longitud de raíz



❖ **Peso de cabeza de repollo**

Se realizó en el momento de la cosecha para esto se utilizó un cuchillo a sierra y se separó la cabeza de repollo de la raíz, y se procedió a colocar a una balanza de precisión para pesarlo. La unidad de medida fue en kilogramos.

Fotografía 18 Peso de cabeza de repollo



❖ Rendimiento

La medición de esta variable se efectuó en el momento de la cosecha, considerando la cantidad de cabezas de repollo y el peso fresco individual de cada una. Los resultados se expresaron primero en kilogramos por hectárea y posteriormente se convirtieron a toneladas métricas por hectárea.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Efecto de aplicación de tres Bioestimulantes en las características agronómicas y rendimiento de repollo.

6.1.1. Altura de la planta

Tabla 12 Datos de altura promedio de repollo (cm)

	T1	T2	T3	T4	Promedio total por bloque
	Testigo	Antihelada antifreezer	Algater	Bayfolan activador	
Bloque I	21.06	25.07	25.39	31.01	25.63
Bloque II	19.96	24.68	25.80	30.08	25.12
Bloque III	20.67	24.49	24.93	30.58	25.16
Bloque IV	21.24	25.06	26.21	30.22	25.68
Promedio total por tratamiento	20.73	24.83	25.58	30.47	25.40

Tabla 13 *Análisis de varianza para la altura del repollo.*

	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	18.71	6.24	0.77	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	3	3448.36	1149.45	142.49	3.86	6.99	*	*
Error	9	2266.82	8.07					
Total	15	5733.89						
CV (%)	11.18%							

En cuanto a la altura de la planta del cultivo de repollo se tiene un promedio total de 25.40 cm siendo el dato mayor del bloque I tratamiento 4 con 31.01 cm y el menor es del bloque II tratamiento 1 con 19.96cm.

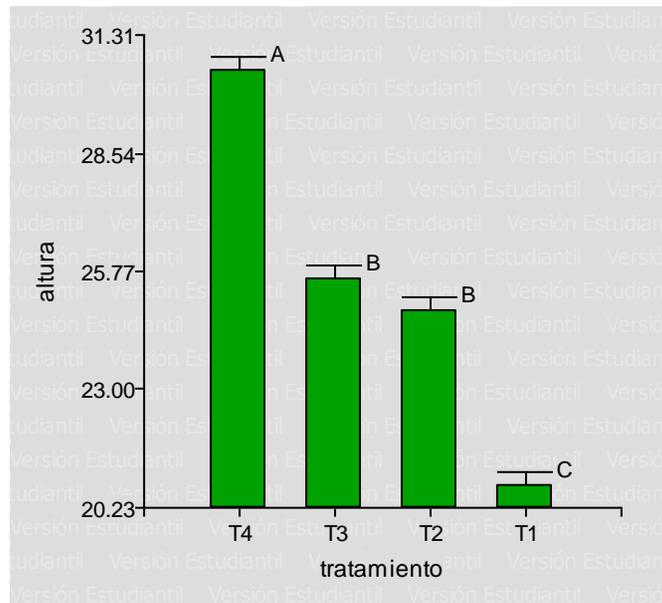
En el análisis de varianza presentado en la tabla 13 de acuerdo a los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente. Existe una diferencia significativa en los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 11.18% lo que indica que los datos analizados y procesados de

esta variable expresan confiabilidad en los resultados. Al existir una diferencia significativa por lo menos para un par de medias de los tratamientos se realiza la prueba Tukey para determinar cuál de los tratamientos son diferentes:

Tabla 14 Prueba Tukey para la altura de planta al 95%

OM	Nombre de tratamiento	Medias	Gráfico tukey	
			0.05	0.01
I	T4 Bayfolan activador	30.47	A	A
II	T3 Algater	25.58	B	B
II	T2 Antihelada antifreezer	24.83	B	B
IV	T1 Testigo	20.73	C	C

Gráfico 8 Intervalo de confianza de Tukey al 95% para la altura de planta de repollo



De la tabla 14 de la prueba de Tukey al 95% de confianza para altura de la planta de repollo se establece que el tratamiento 4 con la aplicación del bioestimulante Bayfolan activador tiene un

mejor resultado con una media de 30.47 cm frente a las otras y el tratamiento 1 que fue el testigo obtiene 20.73 cm de media resultado menor frente a las demás.

En la tabla 14 se muestra que el tratamiento 4 (Bayfolan activador) está representado por la letra A que esta solo por lo cual se interpreta que es significativamente diferente a todas las demás , así también los tratamientos 3 (Algater) y tratamiento 2 (Antihelada antifreezer) representados por la letra B que están en un mismo grupo , se diría que son significativamente iguales entre sí y así el tratamiento 1 que es el testigo representado por la letra C se encuentran solo en el último grupo por lo cual se dirá que es significativamente diferente a las demás .

Se interpreta que el tratamiento 4 con la aplicación de bioestimulante a base de aminoácidos (Bayfolan activador) tuvo mejores resultados con una altura promedio de 30.47 cm en comparación del tratamiento testigo con una altura promedio de 20.73 cm, el tratamiento 3 con la aplicación de bioestimulante a base de algas marinas (Algater)tuvo un promedio de 25.58 cm y el tratamiento 2 con la aplicación de bioestimulante a base de oligoelementos (Antihelada antifreezer) tuvo un promedio de 24.83 cm tuvieron el mismo efecto en la altura de planta de repollo.

Discusión de altura de repollo .-

En este estudio sobre el cultivo de repollo de variedad corazón de buey con la aplicación de bioestimulantes el tratamiento 4 (Bayfolan activador) tuvo un resultado de 30.47 cm en comparación de otros trabajos de investigación es asi como Ponce (2018) sus resultados fueron de una altura máxima de 25.03cm (tratamiento 4 con la aplicación de gallinaza a 40 tn/ha) y su mínima altura fue de 10.23 cm (testigo), al comparar estos resultados encontramos que el uso de

bioestimulantes promovió un crecimiento mayor alcanzado una altura de 30.47 claramente se nota el impacto de los tratamientos en el desarrollo de la planta

6.1.2. Diámetro de tallo

Tabla 15 Datos de diámetro de tallo promedio de repollo

	T1	T2	T3	T4	Promedio total por bloque
	Testigo	Antihelada antifreezer	Algater	Bayfolan aktivador	
Bloque I	2.62	2.70	2.88	2.89	2.77
Bloque II	2.59	2.79	2.90	2.95	2.80
Bloque III	2.56	2.87	2.94	2.77	2.78
Bloque IV	2.57	2.85	2.86	2.87	2.78
Promedio total por tratamiento	2.58	2.80	2.93	2.87	2.79

Tabla 16 Análisis de varianza para diámetro de tallo de repollo.

	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.20	0.07	0.86	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	3	4.86	1.62	20.48	3.86	6.99	*	*
Error	9	22.21	0.08					
Total	15	27.27						
CV (%)	10.5%							

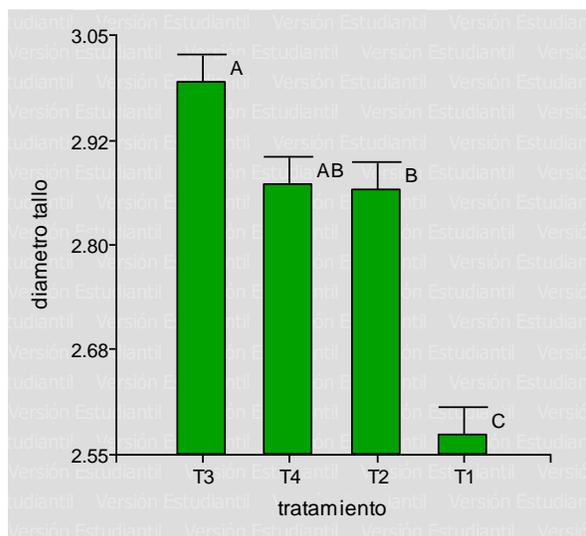
En la tabla 15 se observa los datos por tratamiento y bloque del diámetro de tallo del cultivo de repollo se tiene un promedio total de 2.79 cm como resultado mayor el tratamiento 3 con la aplicación del bioestimulante Algater en la fila del bloque III y como un promedio menor frente a las demás fue el tratamiento 1 del bloque IV con 2.56 cm.

En el análisis de varianza presentado en la tabla 16 de acuerdo a los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente. Existe una diferencia significativa en los tratamientos, al igual que en los bloques con un coeficiente de variabilidad de 10.5% lo que indica que los datos analizados y procesados de esta variable expresan confiabilidad en los resultados. Al existir una diferencia significativa por lo menos para un par de medias de los tratamientos y bloques se realiza la prueba Tukey para determinar la diferencia entre ellas:

Tabla 17 Prueba Tukey para tratamientos en el diámetro de tallo de repollo.

OM	Nombre de tratamiento	Medias	Gráfico tukey	
			0.05	0.01
I	T3 Algater	2.93	A	A
II	T4 Bayfolan activador	2.87	AB	A
III	T2 Antihelada antifreezer	2.80	B	A
IV	T1 Testigo	2.58	C	B

Gráfico 9 Intervalo de confianza de tukey al 95% de tratamientos en el diámetro de tallo de repollo



De la tabla 17 de la prueba de Tukey al 95% de confianza para diámetro de tallo de repollo se establece que el tratamiento 3 con la aplicación del bioestimulante Algater tiene un mejor resultado con una media de 2.93 cm frente a las otras y el tratamiento 1 que fue el testigo obtuvo 2.58 cm de media resultando la media menor.

En la misma tabla se muestra se tiene que el tratamiento 3 (Algater) y el tratamiento 4 (Bayfolan activador) estadísticamente son iguales por lo que comparten una misma letra representado por la A, así también el tratamiento 2 (Antihelada antifreezer) representado solo por la letra B y el tratamiento 1 (testigo) representado por la letra C se interpreta que son significativamente diferentes.

Discusión para diámetro de tallo. –

Al comparar nuestros resultados con los obtenidos por (Diaz, 2019) en un estudio previo sobre la variedad corazón de buey, encontramos que la aplicación de los bioestimulantes Algater y Bayfolan activador produjo diámetros de tallo similares. En nuestro estudio, estos bioestimulantes alcanzaron promedios de 2.93 cm y 2.87 cm, respectivamente, mientras que (Diaz, 2019) reportó un promedio de 3.08 cm. Estos hallazgos respaldan la eficacia de los bioestimulantes en el aumento del diámetro del tallo en esta variedad de repollo. Por otro lado, el mismo autor indica que La reducción en el diámetro del tallo está directamente relacionada con una disminución en la cantidad de materia seca de la planta, lo que se traduce en un menor peso total. Esta tendencia es coherente con los factores que influyeron en el tamaño de la copa

6.1.3. Diámetro polar de cabeza de repollo

Tabla 18 Datos de diámetro polar promedio de repollo

	T1	T2	T3	T4	Promedio total por bloque
	Testigo	Antihelada antifreezer	Algater	Bayfolan aktivador	
Bloque I	19.52	19.87	24.92	25.18	22.37
Bloque II	17.68	21.45	25.36	26.78	22.82
Bloque III	18.31	19.13	23.91	25.69	21.76
Bloque IV	18.06	20.39	24.42	26.85	22.43
Promedio total por tratamiento	18.39	20.21	24.65	26.13	22.35

Tabla 19 Análisis de varianza para diámetro polar del repollo.

	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	41.48	13.83	0.98	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	3	2866.47	955.49	67.75	3.86	6.99	*	*
Error	9	3963.21	14.10					
Total	15	6871.15						
CV (%)	16.8%							

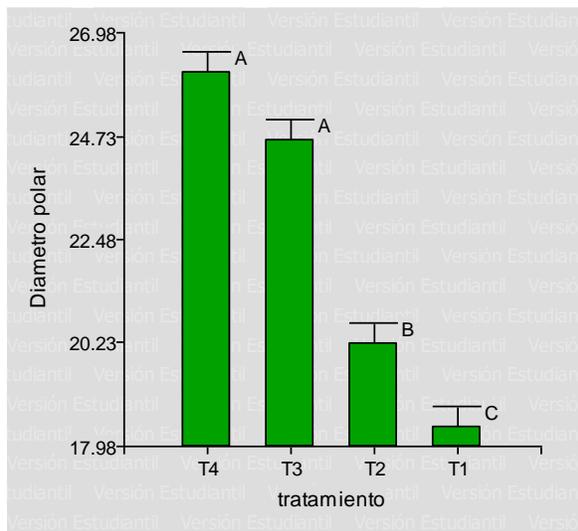
En la tabla 18 se presenta los diferentes promedios entre tratamientos y bloques donde se observa que el mayor dato promedio es el tratamiento 4 del bloque IV con una media general de todos los datos de 22.35.

En el cuadro de análisis de varianza se puede interpretar lo siguiente. Que existe una significancia al 0.05 entre tratamientos y que no existe significancia entre bloques, con un coeficiente de variabilidad de 16.81% por lo que expresan confiabilidad. Al existir una diferencia significativa entre los tratamientos se realiza la prueba Tukey.

Tabla 20 Prueba Tukey para diámetro polar de repollo.

OM	Nombre de tratamiento	Medias	Gráfico tukey	
			0.05	0.01
I	T4 Bayfolan activador	26.13	A	A
II	T3 Algater	24.65	A	A
III	T2 Antihelada antifreezer	20.21	B	B
IV	T1 Testigo	18.39	C	B

Gráfico 2 Intervalo de confianza de tukey al 95% para diámetro polar de cabeza de repollo



Realizada la prueba de Tukey al 95% de confianza en la tabla 20 se observa las medias entre tratamientos con una media mayor de 26.13 cm el tratamiento 4 con la aplicación de Bayfolan activador y el resultado con menos resultado es el testigo con una media de 18.39 cm. De igual manera se interpreta que el tratamiento 4 (Bayfolan activador) y el tratamiento 3 (Algater) son estadísticamente iguales que vienen siendo representados por la letra A, por otro lado el tratamiento 2 con la aplicación del bioestimulante Antihelada antifreezer es representado con la

letra B que es estadísticamente diferente a los otros tratamientos, al igual que el tratamiento 1 que es el testigo representado por la letra C.

Discusión para diámetro polar:

Nuestros hallazgos indican que el uso de Bayfolan Aktivador (26.13 cm) puede ser una estrategia prometedora para aumentar el tamaño de la cabeza de repollo, superando los resultados obtenidos en otras investigaciones como (Diaz, 2019) reportó un diámetro de 16.88 cm con la aplicación de gallinaza, mientras que (Cruzado, 2019) obtuvo 18.4 cm con Yara Hidran. Estos hallazgos evidencian la eficacia superior del Bayfolan Aktivador en promover el crecimiento de la cabeza de repollo

6.1.4. Diámetro ecuatorial de cabeza de repollo

Tabla 21 Datos de diámetro ecuatorial promedio de repollo

	T1	T2	T3	T4	Promedio total por bloque
	Testigo	Antihelada antifreezer	Algater	Bayfolan aktivador	
Bloque I	16.38	15.86	18.63	22.19	18.27
Bloque II	15.63	18.04	18.32	23.21	18.80
Bloque III	15.94	19.01	19.14	21.43	18.88
Bloque IV	16.06	17.72	18.85	22.51	18.79
Promedio total por tratamiento	16.00	17.66	18.73	22.34	18.68

Tabla 22 Análisis de varianza para diámetro ecuatorial del repollo.

	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	17.12	5.71	0.78	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	3	1553.53	517.84	70.71	3.86	6.99	*	*

Error	9	2057.93	7.32					
Total	15	3628.59						
CV (%)	14.48%							

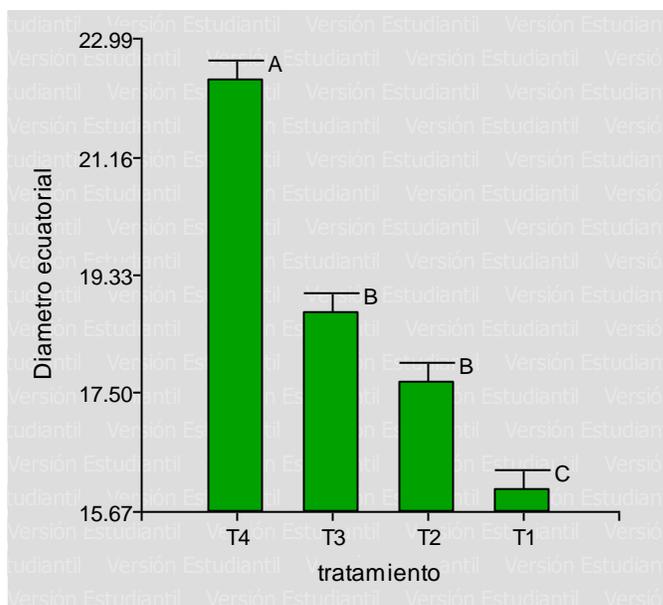
En la tabla 21 se puede apreciar los datos con respecto a la evaluación de la variable de diámetro ecuatorial de repollo donde el promedio mayor es de 23.21 cm correspondiente a l tratamiento 4 del bloque II con un promedio general de 18.68 cm.

Por otro lado, en la tabla 22 el análisis de varianza existe una diferencia significativa entre los tratamientos esto indica que al menos uno de ellos se comporta de manera distinta al resto, se tiene un coeficiente de variabilidad de 14.48% en los datos, esto indica que los resultados son relativamente confiables, al existir una diferencia significativa por lo menos para un par de medias de los tratamientos se realiza la prueba Tukey para determinar cuál de los tratamientos son diferentes:

Tabla 23 Prueba Tukey para diámetro ecuatorial de repollo

OM	Nombre de tratamiento	Medias	Gráfico tukey	
			0.05	0.01
I	T4 Bayfolan activador	22.34	A	A
II	T3 Algater	18.73	B	B
III	T2 Antihelada antifreezer	17.66	B	B
IV	T1 Testigo	16.00	C	C

Gráfico 3 Intervalo de confianza de tukey al 95% para diámetro ecuatorial de cabeza de repollo



De la tabla 23 de la prueba de Tukey al 95% de confianza para el diámetro ecuatorial de repollo se establece que el tratamiento 4 con la aplicación de Bayfolan activador tiene ha demostrado un mejor resultado en el crecimiento del diámetro de repollo con una media de 22.34 cm frente a las otras y el tratamiento 1 que fue el testigo obtiene 16.00 cm de media resultado la media menor.

En la misma tabla se observa que el tratamiento 4 (Bayfolan activador) está representado por la letra A, lo que es estadísticamente diferente a las otras, por otro lado el tratamiento 3 (Algater) representado por la letra B, y el tratamiento 2 (Anthelada antifreezer) representados por la letra B por consiguiente se entiende que son estadísticamente no diferentes entre sí, el tratamiento 1 (testigo) representado por la letra C lo que se interpreta que es diferente a las demás.

Discusión para diámetro ecuatorial de cabeza de repollo. –

En nuestro estudio entre los bioestimulantes evaluados, el tratamiento 4 con Bayfolan Aktivador mostró el mayor efecto en el diámetro polar de la cabeza de repollo, alcanzando un promedio de 22.34 cm, por otro lado al comparar nuestros resultados con estudios previos, encontramos que el tratamiento con Bayfolan Aktivador (promedio de 22.34 cm) superó los obtenidos por (Chumbiray, 2022) con 13 cm con la aplicación de ceniza de madera y fue menor a (Cruzado, 2019) con 27.47 cm con la aplicación de Yara Hidran. Estos hallazgos sugieren que el Bayfolan Aktivador puede ser una alternativa efectiva para incrementar el diámetro de la cabeza de repollo.

6.1.5. Longitud de raíz

Tabla 24 Datos de longitud de raíz promedio de repollo

	T1	T2	T3	T4	Promedio total por bloque
	Testigo	Antihelada antifreezer	Algater	Bayfolan aktivador	
Bloque I	15.51	16.32	16.52	17.89	16.57
Bloque II	16.29	17.26	16.94	16.94	16.86
Bloque III	14.15	15.97	16.92	16.52	15.89
Bloque IV	13.07	16.62	16.26	17.09	15.76
Promedio total por tratamiento	14.76	16.54	16.66	17.11	16.27

Tabla 25 Análisis de varianza para longitud de raíz del repollo.

	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T		Significancia	
					0.05	6.99	0.05	0.01
Bloques	3	60.55	20.18	3.10	3.86	6.99	NS	*
Tratamientos	3	232.35	77.45	11.91	3.86		*	*
Error	9	1821.53	6.51					
Total	15	2114.27						
CV (%)	15.68%							

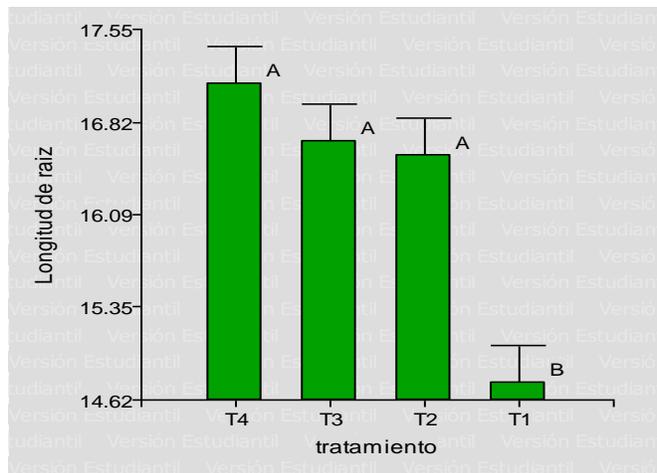
En cuanto a la longitud de raíz de la planta del cultivo de repollo se tiene un promedio total de 16.27 cm siendo el dato mayor del bloque I tratamiento 4 con 17.89 cm y el menor es del bloque IV tratamiento 1 con 13.07 cm.

En el análisis de varianza presentado en la tabla 25 de acuerdo a los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente, existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos aplicados al cultivo de repollo, y un coeficiente de variabilidad de 15.68% lo que sugiere que los resultados son relativamente confiables. Se somete a la prueba de Tukey para determinar la diferencia mínima de tratamientos.

Tabla 26 Prueba Tukey para longitud de raíz de repollo

OM	Nombre de tratamiento	Medias	Gráfico tukey	
			0.05	0.01
I	T4 Bayfolan activador	17.11	A	A
II	T3 Algater	16.66	A	A
III	T2 Antihelada antifreezer	16.55	A	A
IV	T1 Testigo	14.76	B	B

Gráfico 4 Intervalo de confianza de tukey al 95% para la longitud de raíz



De la tabla 26 basándonos en los resultados de la prueba de Tukey al 95%, podemos concluir que los tratamientos 4 (Bayfolan activador), 3(Algater) y 2(Antihelada antifreezer) al estar representados por una misma letra A significa que han tenido un efecto similar en la longitud de raíz del repollo y no tienen diferencias estadísticamente significativas en sus medias. Es decir, el efecto de estos tratamientos en la longitud de raíz del repollo es similar con unas medias de 17.11cm (tratamiento 4), 16.66 cm (tratamiento 3) y 16.55 cm (tratamiento 2). El tratamiento 1(testigo) ha resultado en una longitud de raíz significativamente menor con una media de 14.76 cm en comparación con los otros tres tratamientos esto se entiende que el tratamiento 1 ha tenido un efecto menos favorable en el desarrollo radicular del repollo y al estar representado por la letra B que es diferente a las demás significa que tiene diferencias estadísticamente significativa a las demás.

Discusión para longitud de raíz. –

Aunque nuestro estudio mostró un resultado prometedor de 17.11 cm de diámetro polar utilizando Bayfolan Aktivador, fue ligeramente inferior al obtenido por (Chumbiray, 2022) quien reportó 18 cm al aplicar 3.5 t de ceniza de madera/ha. Sin embargo, la diferencia entre ambos tratamientos fue mínima, nuestros hallazgos respaldan el uso de Bayfolan Aktivador como una alternativa viable

6.1.6. Peso de cabeza de repollo

Tabla 27 Datos de peso de cabeza promedio de repollo

	T1	T2	T3	T4	Promedio total por bloque
	Testigo	Antihelada antifreezer	Algater	Bayfolan aktivador	
Bloque I	1149.44	1163.89	1362.00	1527.78	1300.7

Bloque II	1087.78	1230.33	1345.17	1507.83	1292.7
Bloque III	1073.61	1270.22	1329.67	1597.17	1317.6
Bloque IV	1078.78	1140.89	1312.00	1667.44	1299.8
Promedio total por tratamiento	1097.40	1201.33	1337.21	1575.06	1302.75

Tabla 28 *Análisis de varianza para peso de cabeza del repollo.*

	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	24096.67	8032.22	0.19	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	3	9200917.03	3066972.34	71.60	3.86	6.99	*	*
Error	9	12036730.31	42835.34					
Total	15	21261744.0						
CV (%)	15.8%							

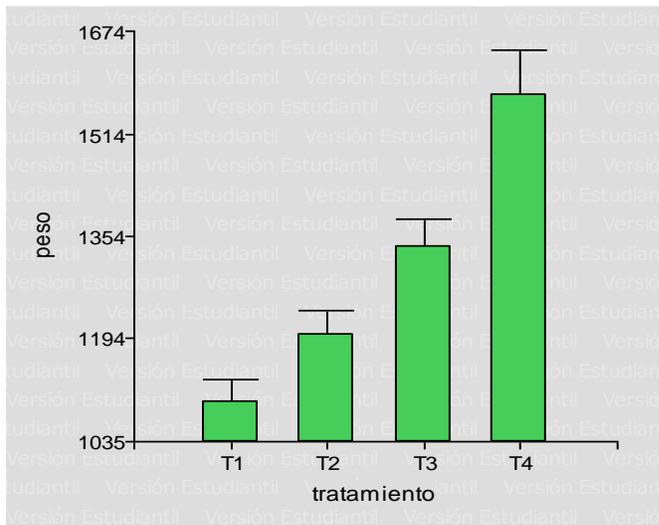
En la tabla 27 se observa los datos por tratamiento y bloque del peso promedio de las cabezas de repollo se tiene un promedio total de 1.302 kg teniendo como datos mayores del bloque IV tratamiento 4 con 1.667.44 kg y el menor es del bloque III tratamiento 1 con 1073.61 kg.

En el análisis de varianza presentado en la tabla 29 de acuerdo a los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente. Existe un coeficiente de variabilidad de 15.8 % lo que indica una variabilidad moderadamente alta en los datos esto quiere decir que los pesos de las cabezas de repollo varían considerablemente entre los diferentes tratamientos y bloques, es importante considerar que este valor no es excesivamente alto y que los resultados se consideran confiables. Al existir una diferencia significativa por lo menos para un par de medias de los tratamientos se realiza la prueba Tukey para determinar cuál de los tratamientos son diferentes:

Tabla 29 Prueba Tukey para peso de cabeza de repollo.

OM	Nombre de tratamiento	Medias	Gráfico tukey	
			0.05	0.01
I	T4 Bayfolan activador	1575	A	A
II	T3 Algater	1337	B	B
III	T2 Antihelada antifreezer	1201	C	C
IV	T1 Testigo	1097	D	C

Gráfico 5 Intervalo de confianza de tukey al 95% para el peso de cabeza de repollo



Interpretando la tabla 29 se puede apreciar que el tratamiento 4 con la aplicación del bioestimulante Bayfolan activador tuvo mejores resultados en peso de cabeza de repollo con una media de 1.575 Kg, seguido por el tratamiento 3 con la aplicación de bioestimulante Algater con una media de 1.337 Kg y tratamientos 2 con una media de 1.201 Kg por último el que menos efecto tuvo fue el tratamiento 1 con una media de 1.097 Kg. En el siguiente grafico se observa que el tratamiento 4

(Bayfolan aktivador) representada por la letra A es significativamente diferente a las demás, el tratamiento 3(Algater) representada por la letra B significa que tienen diferencias significativas frente a las otras al igual que el tratamiento 2 (Antihelada antifreezer) tiene la letra C por último el tratamiento 1 tiene la letra D esto indica que el tratamiento 1 es diferente de todos los demás tratamientos ya que ninguno comparte la letra D.

Discusión para peso de cabeza de repollo .-

La aplicación del bioestimulante Bayfolan aktivador en nuestro trabajo de investigación obtuvo un promedio de 1.575 Kg seguido por la aplicación de Algater con un promedio de 1.337 Kg por otro lado en comparación con el trabajo hecho por (Díaz, 2019) quien obtuvo un promedio de 1.79 kg evidentemente son menores al promedio mencionado, otro trabajo realizado por (Ponce, 2018) obtuvo un resultado de 1,038 Kg y 972 Kg quien les aplicó gallinaza. Los resultados de nuestra investigación muestran que la aplicación de Bayfolan Aktivador (1.575 Kg) generó un rendimiento superior en comparación con el uso de gallinaza (1.038 Kg y 972 Kg en el estudio de Ponce, 2018), demostrando así la efectividad del bioestimulante en el aumento de la producción pero se ubicó por debajo del obtenido por Díaz (2019) quien reportó 1.79 Kg. Estos hallazgos sugieren que el Bayfolan Aktivador puede ser una alternativa competitiva para incrementar el rendimiento.

6.1.7. Rendimiento de repollo por unidad experimental

Tabla 30 Estimación de toneladas producidas por hectárea en cada tratamiento.

TRATAMIENTOS	Peso producido por cabeza (kg)	Densidad de siembra (m)	Numero de Cabezas por Hectárea	Peso producido tn/ha
T1 Testigo	1.097	0.5*0.5 = 0.25	40 000	43.88
T2 Antihelada antifreezer	1.201	0.5*0.5 = 0.25	40 000	48.04
T3 Algater	1.337	0.5*0.5 = 0.25	40 000	53.48
T4 Bayfolan aktivador	1.575	0.5*0.5 = 0.25	40 000	63.00

Interpretación de los Resultados

- **Efecto de los bioestimulantes:**
 - La aplicación de Bayfolan aktivador (tratamiento 4) resultó ser el tratamiento más efectivo, aumentando significativamente el peso promedio por cabeza y el rendimiento por hectárea.
 - Algater (tratamiento 3) y Antihelada antifreezer (tratamiento 2) también tuvieron un efecto positivo en comparación con el testigo, aunque en menor medida que los aminoácidos. Estos resultados sugieren que la aplicación de bioestimulantes puede mejorar significativamente el rendimiento del cultivo.
- En la tabla 30 se observa que el tratamiento 4 con la aplicación de aminoácidos(Bayfolan aktivador) se obtiene un promedio de 1.575 kg por cabeza en cuanto al rendimiento por tonelada/ hectárea resulta ser el tratamiento con mejor resultado con 63 tn/ha en comparación a las demás. En el tratamiento 2 con la aplicación de oligoelementos

(Antiheldada antifreezer) y el tratamiento 3 (Algater) con la aplicación de algas marinas se obtiene un peso promedio de cabeza de 1.201 kg y 1.337 kg respectivamente. En cuanto al rendimiento el tratamiento 2 (Antihelada antifreezer) se obtiene 48.04 tn/ha y el tratamiento 3 (Algater) con 53.48 tn/ha, ambos tienen un mismo efecto teniendo una mínima diferencia. Por otro lado el tratamiento 1 que fue el testigo donde no se aplicó ningún bioestimulante se obtuvo un promedio de peso por cabeza de 1.097 kg y en cuanto en rendimiento total por hectárea se tiene 43.88 tn/ha siendo el resultado menor ante los demás.

VII. CONCLUSIONES

- Se evaluó el efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de repollo en una altitud de 3214 msnm durante los meses de marzo a julio, donde las temperaturas descendieron por debajo de los 0°C, lo cual se obtuvo con mayor rendimiento a la aplicación del bioestimulante Bayfolan aktivador aplicado como tratamiento 4 resultó un rendimiento de 63 tn/ha, y como resultado menor se tiene al testigo sin la aplicación de algún bioestimulante resulta con tan solo 43.88 tn/ ha.
- En la evaluación del efecto de los bioestimulantes dentro de las características agronómicas del cultivo de repollo se obtuvo que en la altura de planta el que más resalto fue el tratamiento 4 con la aplicación de bioestimulante Bayfolan aktivador a base de aminoácidos con una altura de planta de 30.47 cm superior a las demás. En diámetro de tallo el tratamiento 3 con la aplicación de Algater a base de algas marinas tiene un efecto mayor a las demás con un promedio de 2.93cm. En el diámetro polar de cabeza el que fue superior fue el tratamiento 4 con la aplicación de Bayfolan aktivador con un promedio de 26.13 cm. Para la longitud de raíz de repollo la diferencia entre tratamientos fue mínima teniendo el mayor al tratamiento 4 con la aplicación de Bayfolan aktivador con 17.11 cm En el peso de cabeza de repollo si se vio la diferencia donde el mejor resultado fue el tratamiento 4 con la aplicación del producto Bayfolan aktivador aminoácidos con un promedio de 1.575 kg, en tanto el tratamiento que ocupó el mínimo promedio fue el testigo con 1.097 kg.

VIII. RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar un trabajo de investigación en otra época del año donde la temperatura sea mucho más superior a la de los meses de marzo a julio.
- ❖ Realizar un costo de producción sobre el uso de un sistema de riego por microaspersión para la aplicación de bioestimulantes.
- ❖ Incorporar los bioestimulantes en los programas de fertilización: Los resultados de este estudio sugieren que los bioestimulantes pueden ser una herramienta valiosa para complementar los programas de fertilización convencionales.
- ❖ Realizar ensayos a campo: Para obtener resultados más precisos y relevantes para condiciones locales, se recomienda realizar ensayos a campo en diferentes regiones y con diferentes cultivos.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrobio. (2017). *Bio Terra Technology s.r.o.* Obtenido de https://agro.bio/es/about_us
2. Alania, F. (2013). *Diseño, construcción y evaluación de un sistema de riego por microaspersión para el vivero de la facultad de agronomía- UNAS.* Tingo Maria : [Tesis para optar al título de Ingeniero Agronomo] Universidad Nacional Agraria de la Selva .
3. Angulo, R. (2012). *Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertadas de cacao (theobroma cacao L.) cultivar nacional.* Escuela superior politecnica de chimborazo Ecuador. Tesis Ingeniero Agrónomo.
4. Armoni, S. (1989). *Riego por microaspersión.* Barcelona: Prensa XXII S.A.
5. Baca, C. (2015). *Principios de riego.* Cusco: Corso universitario UNSAAC.
6. Bayer. (2023). Ficha técnica Bayfolan activador. Copyright © Bayer S.A.
7. Benacchio, S. (1982). *Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano.* FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias.
8. Bioactivador. (2023). Ficha técnica Antihelada-antifreezer. ECOINDUSTRIA DCONFIANZA E.I.R.L.
9. Cabioch, J. (1976). *Utilization des Algues.* Skol-Vreiz.
10. Cadahia, C. (2005). *Fertilización de cultivos horticolas, frutales y ornamentales.* Mundi Prensa.
11. Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos.* Editorial Trillas.
12. Carrazón, A. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de miniriego.* Programa especial para la seguridad alimentaria PESA.
13. Carrillo, E. (1996). *Efecto en la densidad de siembra y fertilización en el rendimiento y calidad de la col morada (Brassica oleracea L. var. capitata).* Tesis presentada para optar el título de Ingeniero Agrónomo UNALM.
14. Carrillo, M. (2022). *Determinación del tiempo de duración de las fases fenológicas del cultivo de col (Brassica oleracea var. capitata f. blanca).* UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA AGRÓNOMA.
15. Cásseres, E. (1984). *Producción de Hortalizas.* Editorial IICA.
16. CENEPRED. (2022). *Escenarios de riesgo por bajas temperaturas del departamento de Cusco.* Lima.

17. Chávez , F. (2007). *El cultivo de la col* . Corporación PROEXANT.
18. Comunidad Andina. (2009). *Cuando Hiela*. Editor El Cali.
19. Cordero, A. (2013). *Caracterización, identificación y evaluación del Fenómeno Meteorológico la helada durante los años 2005 al 2011 en las zonas comprendidas por las tres estaciones meteorológicas de Quimsacocha, La Esmeralda y San Gerardo*. Tesis a la obtención del Título de Técnico Agropecuario Industrial Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
20. Da Motta, F. (1961). *Geadas da primavera no Rio Grande do Sul*. Cir.Inst Agron. S. Pelotas.
21. De Fina, A. (1945). *Los Elementos Climáticos y los Cultivos*. Editorial Sudamericana Buenos Aires Segunda Edición.
22. Dhargalkar , V., & Pereira, N. (2005). *Seaweed: promising plant of the millennium*. Science Cult.
23. Doorenbos, J., & Kassam, A. (1979). *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. FAO.
24. Douglas, D. (1985). *Manual de horticultura para el Perú* . Editorial MANFER S.A.
25. Du Jardín, P. (2015). *Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation*. Scientia Horticulturae.
26. Elías , F., & Castellvi, F. (2001). *Agrometeorología*. Ediciones Mundi-Prensa, segunda Edición.
27. FAO. (2006). *Evapotranspiracion del cultivo*. Roma, Italia: Boletin 56.
28. FAO. (2010). *Atlas de Heladas en el Perú* . Lima: SENAMHI.
29. FAOSTAT . (7 de Septiembre de 2023). *Food and Agriculture Organization Statistics*. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
30. Fernández, M., & García, G. (2010). *El sistema de riego localizado*. Tecnología Agroalimentaria.
31. Fuentes, F. E., & Pérez, J. (2003). *Guía Técnica Cultivo de Repollo N°16*. CENTA.
32. Granados, E. (2015). *Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de berenjena Ocos San Marcos*. Universidad Rafael landivar. Facultad de ciencias agrícolas con énfasis en cultivos tropicales.
33. Hernández, R., Santacruz, F., Ruiz , M., Norrie, J., & Hernández G. (2014). *Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (Solanum lycopersicum L.)*. Journal of Applied Phycology.

34. Huanca, L. (2019). *Cálculo del factor de secamiento en el cultivo de lechuga (lactuca sativa L. Var. White Boston) con el metodo de riego por microaspersion en el centro agronomico kayra - San Jeronimo - Cusco*. [Tesis para optar al Titulo Profesional de Ingeniero Agronomo] UNSAAC.
35. Huerres , P., & Caraballo, N. (1988). *Horticultura*.
36. IDEAM. (2001). *El medio ambiente en Colombia*. Editor El Cali.
37. IICA. (2020). *Sistemas de riego por goteo, microaspersión y aspersión*. COSMOS.
38. INATEC. (2018). *Manual del protagonista. Cultivo de hortalizas*. Managua: JICA.
39. INDECI. (2022). *INFORME DE EMERGENCIA N° 1308 - 23/8/2022 / COEN - INDECI* . Lima: Informe 7.
40. INIA. (1995). *Cultivo de hortalizas de hojas: Col y Lechuga*. Editorial CSIC.
41. INITA. (2002). *Colección de semillas de col-repollo del centro de Conservación y mejora del agro diversidad Valenciana*. Madrid España.
42. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2022). *Irrigation equipment. Differential pressure Venturi fertilizer injectors Genova*.
43. Jaramillo, E. (2006). *El cultivo de crucíferas*. Manual técnico N° 20 CORPOICA.
44. Lasso, L. (1987). *Anotaciones sobre el fenómeno de las heladas*. Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de tierras HIMAT.
45. Levitt, J. (1980). *Las respuestas de las plantas al estrés ambiental*. Prensa Académica.
46. Lima, C. (2000). *Conjunto tecnológico para la producción de berenjena*. FUTURECO.
47. Liotta, M., Carrión, R., Ciancaglini, N., & Olguin, A. (2015). *Riego por goteo* . PROSAP; INTA.
48. Lugo Torres , M., & Semidey, N. (2002). *Guía para el reconocimiento de malezas comunes en zonas agrícolas de Puerto Rico*. UPRM-EEA.
49. Maocho, F. (2012). *Huerto familiar - Cultivo de repollo* . España.
50. Matías, L., Fuentes, O., & García, F. (2007). *Heladas*. CENAPRED.
51. Mayorga , J., & Aguilar, J. (2013). *Diseño e instalacion de un sistema de riego por microaspersion para el cultivo de platano (Musa sp) variedad cuerno enano en la finca La Porfia municipio de Malpaisillo departamento de Leon*. [Tesis para optar al titulo de Ingeniero Agricola] Universidad Nacional de Ingenieria .
52. Medina, J. (1997). *Riego por goteo* . Madrid : Mundi Prensa .

53. Merma, M. (1980). *Rendimiento de tres variedades de repollo con tres niveles de fertilización en Ollantaytambo (Brassica oleracea L. var. Capitata)*. Tesis presentada para optar el grado de Ingeniero Agrónomo K'ayra- Cusco.
54. Merriam, J., & Keller, J. (1978). *Farm irrigation system evaluation: A guide for management*. Utah state university.
55. Minagri. (2018). *Anuario estadístico de producción agrícola*. Lima.
56. MINSA. (2021). *Plan de reducción de la vulnerabilidad ante la temporada de bajas temperaturas del ministerio de salud 2019-2021*. MINSA.
57. Molina, E. (2002). *Fertilización foliar, principio y aplicaciones*. Centro de Investigaciones Agronómicas.
58. Mondragon. (2015). *Catálogo de microaspersores*.
59. NaanDanJain Irrigation. (2014). *Catálogo de microaspersores*. Israel.
60. Nuñez, E. (1981). *Principios de fertilización agrícola con abonos orgánicos*. AGT Editpr S.A.
61. Olarte, W. (2003). *Manual Diseño y Gestión de sistema de Riego por aspersión en Laderas*. Cusco: Editorial Dannys.
62. OMM. (1992). *Vocabulario meteorológico internacional*. Organización Meteorológica Mundial. Segunda edición, OMM N° 182.
63. Pagalo, H. (2014). *Efectos del humus de lombriz y bocashi en tres híbridos de col (Brassica oleracea L.) en la parroquia Calpi, provincia de Chimborazo*. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, EC.
64. Palta, J., & Li, P. (1980). *Alterations in membrane transport properties by freezing injury in herbaceous plants*. Physiologia Plantarum.
65. Peña, O., & Roman, R. (2018). *Diseño de un aislante térmico a base de fibras naturales para mitigar el impacto de las heladas en la comunidad de Cupisa*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas UPC.
66. Pereyra, A., Angelocci, L., & Sentelhas, P. (2002). *Agrometeorología: Fundamentos e aplicações práticas*. Livraria e Editora Agropecuaria Ltda. Guaíba.
67. Pereyra, D., Zitacuaro, I., & Palma, B. (1990). *Heladas en el Cofre de Perote: Técnicas de protección*. Primera Edición Universidad Vera cruzana.
68. Pizarro, F. (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación*. Madrid - Barcelona: Mundi prensa.

69. Portillo, H. (2015). *Efecto de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo del repollo. Olopa.*, Zacapa, Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
70. Rekmann, A., Vergara, C., & Ponce, B. (2005). *Manual de evaluación de sistemas de riego tecnificado*. Boletín Técnico INIA N° 80.
71. Rivera, L. (2014). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Repollo*. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez.
72. Rizo, D. (2019). *Producción de repollo con buenas prácticas agrícolas*. Rikolto.
73. Rodrigo, R. (2020). *Rendimiento de los cultivos: definición y consecuencias*. Obtenido de <https://estudyando.com/rendimiento-de-los-cultivos-definicion-y-consecuencias/>
74. Russo, R., & Berlyn, G. (1990). *The use of Organic Biostimulants to Help Low Input Sustainable Agriculture*. Journal of Sustainable Agriculture.
75. Sandoval, M. (1993). *Estudio preliminar de la adaptabilidad de 5 híbridos de repollo (Brassica oleracea var. capitata) evaluados en dos densidades y dos formas de siembra, en la Aldea San Matías, Asunción Mita - Jutiapa*. Tesis Ing. Agrónomo Guatemala USAC.
76. Santibáñez, F. (1994). *Crop requirements: Temperate crops*. In: *Handbook of agricultural meteorology*. J. F. Griffiths Editor.
77. Santos, L. (2010). *El riego y sus tecnologías*. UCLM.
78. Santos, L. (2012). *Estudo comparativo da taxa de injeção em injetor do tipo Venturi com e sem válvula de retenção*. Brasil: Edit Irriga.
79. Santos, L. (2012). *Estudo comparativo da taxa de injeção em injetor do tipo Venturi com e sem válvula de retenção*.
80. Sembralia. (2021). *¿Qué es un Bioestimulante foliar? Manejo y condiciones de aplicación*. Grupo Cefetra.
81. Senamhi. (2023). *Heladas y friajes*. Perú.
82. Singh, B. (2002). *Fertilización foliar de cultivos con ácidos húmicos*. In Meléndez, Molina Edición.
83. Snyder, R., Melo Abreu, J., Matulich, S., Villar Mir, J., & Millán, J. (2010). *Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía*. Volume 2 FAO.
84. Sotelo, J. (2019). *Rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare L.) cultivar variedad centenario aplicando tres volúmenes de riego por micro aspersión bajo condiciones de invernadero en Huaraz - 2019*. [Tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola] Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
85. Suquilanda, M. (1996). *Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro*. Quito.

86. Tapia, D. (2014). *Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado*. [Tesis a la obtención de Título Profesional de Ingeniero Civil] UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
87. Valencia, A. (1995). *Cultivo de hortalizas de hoja: Col y lechuga*. Manual N° 3-95.
88. Valverde, J. (2007). *Riego y drenaje*. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia San José.
89. Villavicencio, A., & Villablanca, A. (2010). *Determinación del coeficiente de uniformidad de riego*. INIA - Ururi.
90. Yáñez, R. (2017). *Nuevos biofertilizantes a base de algas marinas*. [Monografía, Programa de Agronomía] Universidad Nacional Agraria La Molina.
91. Yuste P, M. (1997). *Horticultura*. In: *Biblioteca de la agricultura*. Idea Books.
92. Zeledon, O., Chavarria, Y., & García, R. (2014). *Efecto de tres métodos de fertilización orgánica en la producción de repollo (Brassica oleracea)*. Jinotega, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

ANEXOS

Anexo 1 Fotografías del proceso de investigación

Fotografía 19 Muestreo del suelo:

Se realizó esta actividad con el uso de guantes, pala para lo cual se saco las muestras en forma de zigzag para llevarlos al laboratorio correspondiente



Fotografía 20 Preparación de terreno

Se volteo la tierra primero con maquinaria y luego se hizo manualmente nivelando el terreno.



Fotografía 21 Trasplante de plántulas de repollo

Después de nivelar el suelo se dejó regando por 1 día y con el suelo húmedo se realizó esta actividad por horas de la tarde .



Fotografía 22 Instalación del sistema de riego por microaspersión



Fotografía 23 Limpieza de malezas

Esta actividad se realizó todo el trayecto del trabajo de investigación debido a que con el uso de riego las malas hierbas crecían al igual que nuestro cultivo.



Fotografía 24 Limpieza de Captación N° 4 “chanchería”



Fotografía 25 Aplicación de bioestimulantes

Se observa el inyector venturi por donde fueron aplicados nuestros bioestimulantes



Fotografía 26 Presencia de heladas en el cultivo de repollo





Fotografía 27 Cosecha de cabezas de repollo

Una vez que los repollos tenían la cabezadura y consistente se cosecho esto indicaba que ya estaban en su punto



Fotografía 28 Prueba de uniformidad



Anexo 2 Resultado de análisis de suelo



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 PREDIO : DURAN GUILLEN ELSA BERTHA
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 318-04S -2023
 LUGAR : Cusco
 FECHA DE RECEP. : 18/03/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES
 MUESTRA : PARCELA 04 - GEIR - 06-03-23

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	32.03	%		
Limo	37.63	%		
Arcilla	30.34	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLOSO			
Carbonato de Calcio Total	2.06	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	1.47	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp 27.4 °C	7.71		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	21.20	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	2.69	%	MES - 007	Walkley y Black
Densidad Aparente	1.27	g/cm ³	MES - 038	Gravimétrico
Potasio Disponible	141.20	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante: Ac. Amonio
Calcio	19.89	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	1.15	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.50	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.36	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	2.27	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	21.89	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				Extractante: DTPA
Cobre	2.48	ppm	MES - 018	FAAS
Zinc	0.95	ppm	MES - 019	FAAS
Manganeso	25.10	ppm	MES - 020	FAAS
Hierro	14.15	ppm	MES - 021	FAAS
				Extractante: CaCl₂·2H₂O
Boro	0.30	ppm	MES - 022	Colorimétrico

DONDE:

E.S : Extracto de Saturación.

(1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.

P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.

C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

% : Masa / Masa.

ppm : mg / Kg.

MES : Método Propio del Laboratorio.

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


 MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO




 MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Anexo 3 Datos del cálculo de coeficiente de uniformidad

CALCULO DE COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD – CAUDAL				
	1er Emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Último emisor
Primer lateral	0.068 lts/s	0.078 lts/s	0.079 lts/s	0.076 lts/s
	0.084 lts/s	0.070 lts/s	0.070 lts/s	0.074 lts/s
	0.071 lts/s	0.081 lts/s	0.069 lts/s	0.068 lts/s
	0.070 lts/s	0.067 lts/s	0.080 lts/s	0.082 lts/s
Lateral 1/3	0.079 lts/s	0.069 lts/s	0.070 lts/s	0.076 lts/s
	0.068 lts/s	0.084 lts/s	0.070 lts/s	0.068 lts/s
	0.074 lts/s	0.070 lts/s	0.073 lts/s	0.079 lts/s
	0.068 lts/s	0.076 lts/s	0.080 lts/s	0.077 lts/s
Lateral 2/3	0.066 lts/s	0.079 lts/s	0.067 lts/s	0.073 lts/s
	0.075 lts/s	0.082 lts/s	0.071 lts/s	0.065 lts/s
	0.070 lts/s	0.068 lts/s	0.077 lts/s	0.068 lts/s
	0.068 lts/s	0.072 lts/s	0.068 lts/s	0.071 lts/s
Último lateral	0.070 lts/s	0.078 lts/s	0.066 lts/s	0.081 lts/s
	0.072 lts/s	0.080 lts/s	0.070 lts/s	0.072 lts/s
	0.067 lts/s	0.069 lts/s	0.068 lts/s	0.069 lts/s
	0.082 lts/s	0.067 lts/s	0.073 lts/s	0.074 lts/s

Anexo 4 Planilla de riego utilizada en la investigación

PLANILLA DE CALCULO DE MANEJO DE RIEGO														
Provincia	Cusco				Ln Inicio (mm)	92.4			Cultivo	Repollo				phr
Distrito	San Jeronimo				Ln Final (mm)	41.58			Fecha de Trasplante	10 de Marzo de 2023				38.89
Lugar	Kayra				Factor de secamiento (f)	0.45			Area del Terreno	280 m2				
Sector	Potrero C-2				Eficiencia	90%			Responsable	Duran Guillen Elsa Bertha				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
FECHA	DDS	V(m/s)	HR(%)	Kp	Evapor. (mm)	Eto (mm)	Kc	Etc (mm)	Reposición de agua de riego			Consumo de agua		tiempo de riego (min)
									Pp. (mm)	Nec. Netas (mm)	Nec. Totales (mm)	C.C.	Descenso tolerable	
10/03/2023	1	2	77.7	0.8	2.00	1.60	0.71	1.14	0.0			92.40	91.26	
11/03/2023	2	0.0	77.9	0.8	2.5	2.0	0.7	1.4	0.0			91.26	89.84	
12/03/2023	3	0.0	77.2	0.8	3.4	2.7	0.7	2.0	0.0	2.56	2.84	92.40	90.44	8.76
13/03/2023	4	2.7	72.7	0.8	4.8	3.8	0.7	2.8	21.3			90.44	87.68	
14/03/2023	5	2.0	79.8	0.8	3.5	2.8	0.7	2.0	0.0			87.68	85.63	
15/03/2023	6	2.0	74.9	0.8	2.1	1.7	0.7	1.2	0.0	4.81	5.34	92.40	91.17	16.49
16/03/2023	7	2.0	80.5	0.8	1.2	1.0	0.7	0.7	0.0			91.17	90.46	
17/03/2023	8	1.3	75.8	0.8	3.2	2.6	0.8	1.9	2.1	1.94	2.15	92.40	90.48	6.64
18/03/2023	9	0.0	78.8	0.8	3.5	2.8	0.8	2.1	4.8			90.48	88.38	
19/03/2023	10	0.0	88.1	0.8	1.0	0.8	0.8	0.6	7.9	4.02	4.47	92.40	91.79	13.78
20/03/2023	11	0.0	77.1	0.8	2.2	1.8	0.8	1.3	2.7			91.79	90.45	
21/03/2023	12	0.0	81.0	0.8	0.7	0.6	0.8	0.4	1.9	1.95	2.16	92.40	91.97	6.67
22/03/2023	13	0.0	90.6	0.8	0.4	0.3	0.8	0.2	4.9			91.97	91.72	
23/03/2023	14	2.0	73.1	0.8	2.5	2.0	0.8	1.6	0.8	0.68	0.76	92.40	90.84	2.33
24/03/2023	15	0.0	80.8	0.8	0.3	0.2	0.8	0.2	4.1			90.84	90.65	
25/03/2023	16	0.0	84.1	0.8	1.0	0.8	0.8	0.6	0.0	1.75	1.94	92.40	91.76	6.00
26/03/2023	17	2.0	78.2	0.8	0.9	0.7	0.8	0.6	0.0			91.76	91.18	
27/03/2023	18	1.3	73.8	0.8	2.5	2.0	0.8	1.6	0.0	1.22	1.35	92.40	90.78	4.17

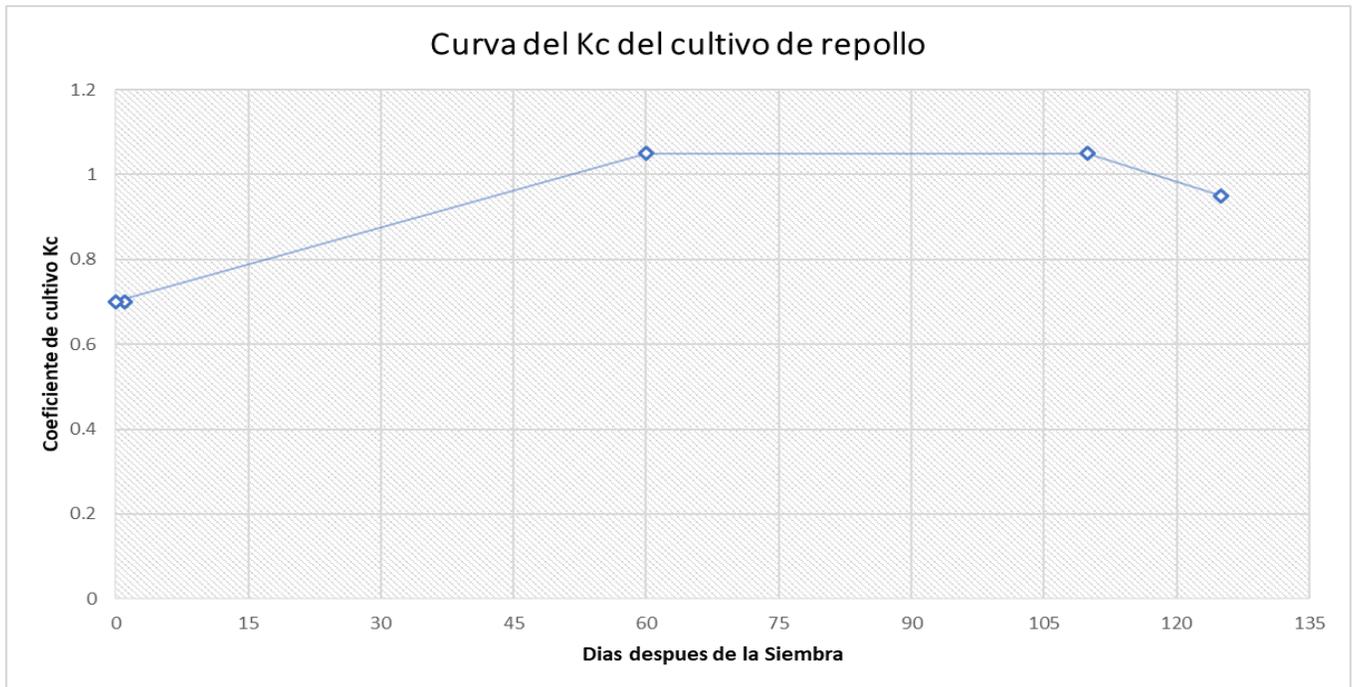
28/03/2023	19	1.3	72.3	0.8	3.9	3.1	0.8	2.5	0.0			90.78	88.25	
29/03/2023	20	2.0	79.3	0.8	3.0	2.4	0.8	2.0	2.4	4.15	4.61	92.40	90.43	14.22
30/03/2023	21	0.7	71.0	0.8	2.7	2.2	0.8	1.8	0.0			90.43	88.64	
31/03/2023	22	1.3	73.7	0.8	4.4	3.5	0.8	2.9	0.0			88.64	85.72	
01/04/2023	23	0.0	75.2	0.8	1.0	0.8	0.8	0.7	2.0	4.71	5.24	92.40	91.73	16.16
02/04/2023	24	2.0	76.0	0.8	4.7	3.8	0.8	3.2	10.5			91.73	88.57	
03/04/2023	25	0.7	76.1	0.8	2.4	1.9	0.9	1.6	0.0			88.57	86.94	
04/04/2023	26	0.0	77.2	0.8	2.2	1.8	0.9	1.5	10.1	4.79	5.32	92.40	90.90	16.42
05/04/2023	27	0.0	71.5	0.8	5.5	4.4	0.9	3.8	0.0			90.90	87.12	
06/04/2023	28	0.0	73.0	0.8	2.4	1.9	0.9	1.7	0.0			87.12	85.45	
07/04/2023	29	0.7	76.2	0.8	3.8	3.0	0.9	2.6	0.0	5.45	6.06	92.40	89.76	18.70
08/04/2023	30	1.3	75.8	0.8	2.2	1.8	0.9	1.5	0.0			89.76	88.21	
09/04/2023	31	0.0	69.2	0.7	2.0	1.4	0.9	1.2	0.0	4.19	4.66	92.40	91.17	14.38
10/04/2023	32	0.7	72.9	0.8	1.0	0.8	0.9	0.7	0.0			91.17	90.46	
11/04/2023	33	1.3	68.9	0.7	2.8	2.0	0.9	1.7	0.8			90.46	88.71	
12/04/2023	34	0.7	78.1	0.8	2.2	1.8	0.9	1.6	0.0	2.5	2.73	92.40	90.82	8.42
13/04/2023	35	1.3	75.7	0.8	3.0	2.4	0.9	2.2	0.0			90.82	88.63	
14/04/2023	36	1.3	70.4	0.8	1.4	1.1	0.9	1.0	2.6			88.63	87.61	
15/04/2023	37	0.0	77.6	0.8	3.2	2.6	0.9	2.4	13.6	3.2	3.56	92.40	90.04	10.98
16/04/2023	38	0.7	86.6	0.8	3.1	2.5	0.9	2.3	0.0			90.04	87.76	
17/04/2023	39	0.0	80.3	0.8	2.2	1.8	0.9	1.6	0.0			87.76	86.13	
18/04/2023	40	1.3	78.2	0.8	1.8	1.4	0.9	1.4	0.0	3.9	4.35	92.40	91.05	13.43
19/04/2023	41	1.3	72.4	0.8	4.0	3.2	0.9	3.0	0.0			91.05	88.04	
20/04/2023	42	2.0	81.9	0.8	1.1	0.9	1.0	0.8	0.0			88.04	87.20	
21/04/2023	43	2.0	77.0	0.8	4.2	3.4	1.0	3.2	0.0	3.8	4.27	92.40	89.21	13.18
22/04/2023	44	0.0	79.8	0.8	2.1	1.7	1.0	1.6	0.0			89.21	87.60	
23/04/2023	45	1.3	75.7	0.8	3.1	2.5	1.0	2.4	0.0			87.60	85.21	
24/04/2023	46	2.7	76.4	0.8	1.1	0.9	1.0	0.9	0.0	4.0	4.44	92.40	91.55	13.69
25/04/2023	47	0.7	68.8	0.7	4.1	2.9	1.0	2.8	0.0			91.55	88.73	

26/04/2023	48	0.0	64.1	0.7	3.1	2.2	1.0	2.1	0.0			88.73	86.61	
27/04/2023	49	2.0	72.0	0.8	3.0	2.4	1.0	2.4	0.0	4.94	5.49	92.40	90.02	16.93
28/04/2023	50	0.7	68.4	0.7	2.1	1.5	1.0	1.5	0.0			90.02	88.57	
29/04/2023	51	0.0	74.3	0.8	5.3	4.2	1.0	4.2	0.0			88.57	84.33	
30/04/2023	52	0.0	74.9	0.8	4.5	3.6	1.0	3.6	0.0	5.70	6.33	92.40	88.80	19.53
01/05/2023	53	0.0	72.5	0.8	3.2	2.6	1.0	2.6	0.0			88.80	86.21	
02/05/2023	54	2.0	77.0	0.8	2.6	2.1	1.0	2.1	0.0			86.21	84.09	
03/05/2023	55	0.0	88.1	0.8	2.6	2.1	1.0	2.1	0.0	4.71	5.23	92.40	90.28	16.14
04/05/2023	56	2.0	83.5	0.8	2.7	2.2	1.0	2.2	6.3			90.28	88.05	
05/05/2023	57	0.0	83.3	0.8	0.3	0.2	1.0	0.2	1.2			88.05	87.81	
06/05/2023	58	0.0	75.0	0.8	2.4	1.9	1.0	2.0	2.5	2.47	2.75	92.40	90.40	8.48
07/05/2023	59	0.0	85.8	0.8	0.1	0.1	1.0	0.1	32.4			90.40	90.32	
08/05/2023	60	0.0	91.2	0.8	1.8	1.4	1.1	1.5	3.4			90.32	88.81	
09/05/2023	61	2.7	84.7	0.8	0.9	0.7	1.1	0.8	0.0	1.60	1.77	92.40	91.64	5.47
10/05/2023	62	0.0	75.7	0.8	1.3	1.0	1.1	1.1	0.0			91.64	90.55	
11/05/2023	63	0.0	70.9	0.8	2.1	1.7	1.1	1.8	0.0			90.55	88.79	
12/05/2023	64	1.3	74.5	0.8	1.7	1.4	1.1	1.4	0.0	2.86	3.17	92.40	90.97	9.79
13/05/2023	65	0.7	75.3	0.8	3.3	2.6	1.1	2.8	0.0			90.97	88.20	
14/05/2023	66	0.0	71.8	0.8	2.4	1.9	1.1	2.0	0.0			88.20	86.18	
15/05/2023	67	0.0	68.2	0.7	2.3	1.6	1.1	1.7	0.0	4.79	5.32	92.40	90.71	16.42
16/05/2023	68	0.0	70.8	0.8	3.8	3.0	1.1	3.2	0.0			90.71	87.52	
17/05/2023	69	1.3	71.9	0.8	3.9	3.1	1.1	3.3	0.0			87.52	84.24	
18/05/2023	70	0.7	75.1	0.8	3.7	3.0	1.1	3.1	0.0	6.47	7.19	92.40	89.29	22.18
19/05/2023	71	0.0	67.1	0.7	3.3	2.3	1.1	2.4	0.0			89.29	86.87	
20/05/2023	72	0.0	73.2	0.8	3.8	3.0	1.1	3.2	0.0			86.87	83.67	
21/05/2023	73	0.0	67.4	0.7	2.1	1.5	1.1	1.5	0.0	5.62	6.24	92.40	90.86	19.26
22/05/2023	74	0.7	66.4	0.7	2.6	1.8	1.1	1.9	0.0			90.86	88.95	
23/05/2023	75	0.7	69.9	0.7	3.6	2.5	1.1	2.6	0.0			88.95	86.30	
24/05/2023	76	3.3	70.4	0.8	2.4	1.9	1.1	2.0	0.0	4.56	5.06	92.40	90.38	15.62

25/05/2023	77	0.7	75.0	0.8	1.2	1.0	1.1	1.0	0.0			90.38	89.38	
26/05/2023	78	0.0	74.1	0.8	2.7	2.2	1.1	2.3	0.0			89.38	87.11	
27/05/2023	79	0.0	72.9	0.8	1.2	1.0	1.1	1.0	0.0	3.28	3.64	92.40	91.39	11.23
28/05/2023	80	0.0	81.4	0.8	1.6	1.3	1.1	1.3	0.0			91.39	90.05	
29/05/2023	81	1.3	76.5	0.8	2.8	2.2	1.1	2.4	0.0			90.05	87.70	
30/05/2023	82	0.0	68.1	0.7	3.5	2.5	1.1	2.6	0.0	3.70	4.11	92.40	89.83	12.67
31/05/2023	83	0.7	68.5	0.7	3.2	2.2	1.1	2.4	0.0			89.83	87.48	
01/06/2023	84	0.0	66.7	0.7	3.6	2.5	1.1	2.6	0.0			87.48	84.83	
02/06/2023	85	0.0	69.2	0.7	3.2	2.2	1.1	2.4	0.0			84.83	82.48	
03/06/2023	86	0.0	73.7	0.8	2.7	2.2	1.1	2.3	0.0	5.00	5.55	92.40	90.13	17.14
04/06/2023	87	0.0	72.4	0.8	1.9	1.5	1.1	1.6	0.0			90.13	88.54	
05/06/2023	88	0.0	64.4	0.7	4.1	2.9	1.1	3.0	0.0			88.54	85.52	
06/06/2023	89	0.0	78.5	0.8	2.2	1.8	1.1	1.8	0.0			85.52	83.67	
07/06/2023	90	0.0	75.4	0.8	3.3	2.6	1.1	2.8	0.0	4.86	5.40	92.40	89.63	16.67
08/06/2023	91	0.0	64.4	0.7	2.4	1.7	1.1	1.8	0.0	4.62	5.13	92.40	90.64	15.84
09/06/2023	92	0.0	77.5	0.8	3.0	2.4	1.1	2.5	0.0			90.64	88.12	
10/06/2023	93	1.3	70.4	0.8	4.5	3.6	1.1	3.8	0.0			88.12	84.34	
11/06/2023	94	0.0	74.6	0.8	1.6	1.3	1.1	1.3	0.0			84.34	82.99	
12/06/2023	95	2.0	75.4	0.8	2.4	1.9	1.1	2.0	0.0	5.12	5.69	92.40	90.38	17.57
13/06/2023	96	2.0	75.5	0.8	3.1	2.5	1.1	2.6	0.0			90.38	87.78	
14/06/2023	97	2.0	73.7	0.8	3.0	2.4	1.1	2.5	0.0			87.78	85.26	
15/06/2023	98	0.0	73.8	0.8	2.8	2.2	1.1	2.4	0.0			85.26	82.91	
16/06/2023	99	0.0	77.4	0.8	3.3	2.6	1.1	2.8	0.0	4.87	5.41	92.40	89.63	16.70
17/06/2023	100	0.0	72.3	0.8	3.0	2.4	1.1	2.5	0.0			89.63	87.11	
18/06/2023	101	0.0	67.4	0.7	3.0	2.1	1.1	2.2	0.0			87.11	84.90	
19/06/2023	102	1.3	67.3	0.7	2.9	2.0	1.1	2.1	0.0			84.90	82.77	
20/06/2023	103	0.0	75.1	0.8	4.8	3.8	1.1	4.0	0.0	4.34	4.82	92.40	88.37	14.87
21/06/2023	104	0.0	68.3	0.7	1.7	1.2	1.1	1.2	0.0			88.37	87.12	
22/06/2023	105	1.3	78.4	0.8	5.0	4.0	1.1	4.2	0.0			87.12	82.92	

23/06/2023	106	0.0	73.7	0.8	3.5	2.8	1.1	2.9	0.0	5.45	6.06	92.40	89.46	18.68
24/06/2023	107	0.0	69.9	0.7	1.3	0.9	1.1	1.0	0.0			89.46	88.50	
25/06/2023	108	0.0	67.8	0.7	2.8	2.0	1.1	2.1	0.0			88.50	86.45	
26/06/2023	109	1.3	71.9	0.8	2.3	1.8	1.1	1.9	0.0			86.45	84.51	
27/06/2023	110	0.0	74.6	0.8	5.6	4.5	1.1	4.7	0.0	3.99	4.43	92.40	87.70	13.68
28/06/2023	111	1.3	70.7	0.8	3.6	2.9	1.0	3.0	0.0			87.70	84.70	
29/06/2023	112	0.7	75.7	0.8	2.1	1.7	1.0	1.7	0.0			84.70	82.95	
30/06/2023	113	1.3	71.5	0.8	2.8	2.2	1.0	2.3	0.0			82.95	80.65	
01/07/2023	114	0.0	62.3	0.7	3.6	2.5	1.0	2.6	0.0	4.05	4.50	92.40	89.80	13.90
02/07/2023	115	3.3	71.2	0.8	3.00	2.40	1.02	2.45	0.0			89.80	87.36	
03/07/2023	116	0	69.2	0.7	2.30	1.61	1.01	1.63	0.0			87.36	85.73	
04/07/2023	117	2	73.6	0.8	3.40	2.72	1.00	2.72	0.0			85.73	83.01	
05/07/2023	118	1.3	66	0.7	4.00	2.80	1.00	2.80	0.0	4.35	4.83	92.40	89.60	14.90
06/07/2023	119	1.3	68.7	0.7	4.30	3.01	0.99	2.98	0.0			89.60	86.62	
07/07/2023	120	0	69.5	0.7	3.40	2.38	0.98	2.33	0.0			86.62	84.29	
08/07/2023	121	2	64.9	0.7	2.60	1.82	0.98	1.78	0.0			84.29	82.50	
09/07/2023	122	0	64.3	0.7	2.00	1.40	0.97	1.36	0.0			82.50	81.15	
10/07/2023	123	0.7	72.7	0.8	4.10	3.28	0.96	3.15	0.0			81.15	78.00	

Anexo 5 Curva de kc de repollo



Anexo 6 Cálculo de nutrientes del suelo:

DATOS:

Nitrógeno : 0.17%

Fosforo disponible P₂O₅: 21.20 ppm

Potasio disponible K₂O: 141.20 ppm

Densidad Aparente: 1.27g/cm³

Capa Arable : 0.20 m

M.O: 2.69%

Cálculo del volumen de suelo:

$$V_s = 100\text{m} \times 100\text{m} \times 0.20 \text{ m}$$

$$V_s = 2000 \text{ m}^3$$

Cálculo de la masa de suelo:

$$M_s = V_s \times D_a$$

$$M_s = 2000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 1.27 \text{ tn}/\text{m}^3$$

$$M_s = 2540 \text{ tn}/\text{ha}$$

Cálculo de nitrógeno:

$$100 \text{ kg suelo} \text{ ----- } 0.17 \text{ kg N total}$$

$$2540000 \text{ kg suelo} \text{ ----- } X$$

$$X = \frac{2540000 \text{ kg suelo} \times 0.17 \text{ kgN}}{100 \text{ kg suelo}}$$

$$X = 4318 \text{ kg N}$$

Porcentaje de mineralización de nitrógeno

$$4318 \text{ kg N} \text{ ----- } 100\%$$

$$X \text{ ----- } 2\%$$

$$X = 86.36 \text{ kg de N}$$

Nitrógeno Asimilable

$$86.36 \text{ kg de N} \text{ ----- } 100\%$$

$$X \text{ ----- } 40\%$$

$$X = 34.54 \text{ kg de N}$$

Cálculo de fósforo:

$$1000000 \text{ kg suelo} \text{ ----- } 21.20 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$2540000 \text{ kg suelo} \text{ ----- } X$$

$$X = 53.85 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 /\text{ha}$$

Porcentaje de mineralización de fósforo

$$53.85 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ----- } 100\%$$

$$X \text{ ----- } 10\%$$

$$X = 5.39 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

Cálculo de potasio:

$$1000000 \text{ kg suelo} \text{ ----- } 141.20 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$2540000 \text{ kg suelo} \text{ ----- } X$$

$$X = 358.65 \text{ kg de K}_2\text{O} /\text{ha}$$

Porcentaje de mineralización de potasio

$$358.65 \text{ kg de K}_2\text{O} \text{ ----- } 100\%$$

$$X \text{ ----- } 20\%$$

$$X = 71.73 \text{ kg de K}_2\text{O}$$

Tabla 31 Nivel de fertilización

	Nitrógeno Kg/ha	Fósforo kg/ha	Potasio kg/ha
Demanda	150	200	225
Nutriente del suelo	34.54	5.39	71.73
Nuevo nivel	115.46	194.61	153.27

Cálculo de fertilizante a requerir:

- Urea: 46 % N
- Fosfato diamónico: 18% N y 46% P₂O₅
- Sulfato de potasio: 50% K₂O y 18% S

Cálculo para fosforo:

$$\begin{aligned}
 100 \text{ kg fosfato diamónico} & \text{-----} 46 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \\
 X & \text{-----} 194.61 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \\
 \mathbf{X = 423.07 \text{ kg fosfato diamónico/ha}}
 \end{aligned}$$

$$100 \text{ kg fosfato diamónico} \text{-----} 18 \text{ kg N}$$

$$423.07 \text{ kg fosfato diamónico} \text{-----} X$$

$$\mathbf{X = 76.15 \text{ kg N /ha}}$$

Para una hectárea se necesita 423.07 kg de fosfato diamónico y para los 240 m² de área neta total se necesitó 10.15 Kg de fosfato diamónico.

Cálculo para nitrógeno:

$$115.46 \text{ N} - 76.15 \text{ N} = 39.31 \text{ kg de N}$$

$$100 \text{ kg de urea} \text{-----} 46 \text{ kg N}$$

$$X \text{-----} 39.31 \text{ kg N}$$

$$\mathbf{X = 85.46 \text{ kg de urea /ha}}$$

Para una hectárea se necesita 85.46 kg de urea y para los 240 m² de área neta total se necesitó 2.05 Kg de urea.

Cálculo para potasio:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ kg sulfato de potasio} \text{ ----- } 50 \text{ kg K}_2\text{O} \\ X \text{-----} 153.27 \text{ kg K}_2\text{O} \end{array}$$

$$\mathbf{X = 306.54 \text{ kg sulfato de potasio /ha}}$$

Para una hectárea se necesita 306.54 kg de sulfato de potasio y para los 240 m² de área neta total se necesitó 7.36 Kg de sulfato de potasio.

