

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFFECTO DE TRES DOSIS DE HIDROSORB (*poliacrilato de potasio*)
EN LA CAPACIDAD DE RETENCION HIDRICA DEL SUELO Y
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea var.*
Italica Imperial) EN K'AYRA, SAN JERONIMO, CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. DIEGO ARMANDO TALAVERANO
MAMANI.

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

ASESOR:

Dr. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA

CUSCO-PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Dr. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EFEECTO DE TRES POSIS DE HIDROXOS DE POLIACRILATO DE
POTASIO) EN LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN HÍDRICA DEL SUELO Y RENOVAMIENTO DEL CULTIVO
DE ORZOCO (C.rossica oleacea var. (Italia Imperial) EN LA YRA, SAN JERÓNIMO, CUSCO.

Presentado por: DIEGO ALEJANDRO TALAVEIRANO TIANCHI DNI N° 73448664
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO AGRÓNOMO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 %.

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 sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación 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 de Detección de Similitud.

Cusco, 19 de ENERO de 2026

Firma

Post firma Dr. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA

Nro. de DNI 23952035

ORCID del Asesor 0000-0002-8284-0614

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:546383110

DIEGO ARMANDO TALAVERANO MAMANI

EFFECTO DE TRES DOSIS DE HIDROSORB (poliacrilato de potasio) EN LA CAPACIDAD DE RETENCION HIDRICA DEL SU...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:546385110

Fecha de entrega

15 ene 2026, 7:15 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

15 ene 2026, 7:24 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

EFFECTO DE TRES DOSIS DE HIDROSORB (poliacrilato de potasio) EN LA CAPACIDAD DE RETENCION....pdf

Tamaño del archivo

5.3 MB

142 páginas

30.237 palabras

151.112 caracteres




8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe



- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
45 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
167 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mis padres; Doris Mamani Castillo y Wilberto Talaverano Huamán, que han sido mi inspiración y mi guía en todo momento.

A mis abuelos Feliciano Talaverano Jiménez, Luisa Huamán Manotupa, Pablo Mamani Quispe y Jovita Alejandrina Castillo Prieto. Su sabiduría, experiencia y amor han guiado mis pasos hacia este logro.

A mis tíos Ruberson, Juan Pablo, Ruth, Luis, Calixto a todos ellos por su apoyo y consejos.

A mis primos Junnior, Dante y Salvador, que han sido mi equipo de apoyo en este viaje académico.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindándome la luz necesaria para superar los desafíos y alcanzar mis metas.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por la formación académica y profesional brindada.

A la Facultad de Agronomía y Zootecnia por todo el conocimiento adquirido.

A los docentes de la escuela profesional de Agronomía por todas sus enseñanzas.

Al Dr. Carlos Jesús Baca García por todo su apoyo y la asesoría brindada.

Al grupo de estudios en ingeniería del riego e hidrología (GEIR).

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO.....	3
1.1. Identificación del problema.....	3
1.2. Planteamiento del problema	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos	5
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	6
2.1. Objetivos	6
2.1.1. Objetivo general	6
2.1.2. Objetivos específicos	6
2.2. Justificación	6
III. HIPOTESIS	9
3.1. Hipótesis general.....	9
3.2. Hipótesis específicas	9
IV. MARCO TEÓRICO.....	10

4.1.	Antecedentes.....	10
4.2.	Cultivo de brócoli	12
4.2.1.	Origen.....	12
4.2.2.	Clasificación taxonómica	13
4.2.3.	Descripción botánica.....	14
4.2.4.	Fenología del cultivo.....	15
4.2.5.	Variedades	17
4.2.6.	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de brócoli.....	19
4.2.7.	Manejo del cultivo	22
4.2.8.	El brócoli en el Perú.....	23
4.2.9.	Rendimiento del cultivo de brócoli.....	24
4.3.	Hidrogel.....	26
4.3.1.	Uso de polímeros	26
4.3.2.	Poliacrilato de Potasio.....	27
4.3.3.	Composición química	27
4.3.4.	Estructura de composición del hidrogel.....	28
4.3.5.	Nombres comerciales del hidrogel	28
4.3.6.	Capacidad de retención de agua del hidrogel.....	28
4.3.7.	El hidrogel en las características del suelo para el desarrollo de las plantas ...	29
4.3.8.	Propiedad característica del hidrogel	29

4.3.9.	Beneficios del uso de hidrogel	29
4.3.10.	Efectos sobre las propiedades físicas del suelo	30
4.3.11.	Efectos sobre las propiedades químicas del suelo	30
4.3.12.	El hidrogel en la producción agrícola	30
4.3.13.	Dosificación y aplicación en la agricultura	31
4.3.14.	Hidrosorb.....	32
4.4.	Capacidad de retención hídrica del suelo.....	33
4.4.1.	El suelo.....	33
4.4.2.	El agua.....	34
4.4.3.	Retención hídrica del suelo	35
4.4.4.	Humedad del suelo.....	40
V.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	46
5.1.	Tipo y nivel de investigación	46
5.1.1.	Tipo de investigación.....	46
5.1.2.	Nivel de investigación.....	46
5.2.	Ubicación del campo experimental.....	46
5.2.1.	Ubicación Espacial	46
5.2.2.	Ubicación Política.....	47
5.2.3.	Ubicación Geográfica	47
5.2.4.	Ubicación Hidrográfica.....	47

5.2.5.	Ubicación Ecológica	47
5.2.6.	Ubicación Temporal.....	47
5.3.	Materiales	48
5.3.1.	Material vegetativo	48
5.3.2.	Insumos	49
5.3.3.	Material de campo	49
5.3.4.	Herramientas.....	49
5.3.5.	Equipos de campo.....	50
5.4.	Metodología.....	50
5.4.1.	Diseño experimental	50
5.4.2.	Características del campo experimental.....	50
5.4.3.	Conducción del trabajo de investigación	53
5.4.4.	Evaluación de variables.....	76
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	79
6.1.	Efecto de tres dosis de Hidrosorb en la capacidad de retención hídrica del suelo en K'ayra, San Jerónimo.	79
6.1.1.	Capacidad de retención hídrica del suelo.....	79
6.2.	Efecto de tres dosis de Hidrosorb en las características agronómicas como rendimiento por unidad experimental, peso de planta, peso de pella, diámetro de pella, diámetro de tallo, longitud de raíz del cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea var. Italica Imperial.</i>).....	83

6.2.1.	Altura de la planta.....	83
6.2.2.	Diámetro del tallo	86
6.2.3.	Diámetro de la cabeza floral.....	89
6.2.4.	Peso de cabeza floral.....	92
6.2.5.	Longitud de raíz.....	95
6.2.6.	Peso total de planta	98
6.2.7.	Rendimiento	100
CONCLUSIONES.....		105
SUGERENCIAS		107
BIBLIOGRAFÍA.....		108
ANEXOS		113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°. 1 Analisis de suelo	55
Tabla N°. 2 Análisis fisicoquímico de agua.....	56
Tabla N°. 3 Dosrificación de Hidrosorb.	64
Tabla N°. 4 Nivel de fertilización	71
Tabla N°. 5 Media de muestra poblacional de % de humedad del suelo	80
Tabla N°. 6 Análisis de varianza para % de humedad del suelo	80
Tabla N°. 7 Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.....	81
Tabla N°. 8 Media de muestra poblacional de altura de planta en cm	83
Tabla N°. 9 Análisis de varianza de altura de la planta.	83
Tabla N°. 10 Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	84
Tabla N°. 11 Media de muestra poblacional para diámetro de tallo en cm	86
Tabla N°. 12 Análisis de varianza de diámetro de tallo.....	86
Tabla N°. 13 Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	87
Tabla N°. 14 Media de muestra poblacional de diámetro de la cabeza floral en cm	89
Tabla N°. 15 Análisis de varianza de diámetro de cabeza floral	90
Tabla N°. 16 Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	91
Tabla N°. 17 Media de muestra poblacional de peso de cabeza floral en gramos.....	92
Tabla N°. 18 Análisis de varianza de peso de cabeza floral	93
Tabla N°. 19 Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	94
Tabla N°. 20 Media de muestra poblacional de longitud de raíz en cm.....	95
Tabla N°. 21 Análisis de varianza de longitud de raíz.....	96
Tabla N°. 22 Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	97

Tabla N°. 23 Media de muestra poblacional de peso total de planta en g	98
Tabla N°. 24 Análisis de Varianza para peso total de planta.....	98
Tabla N°. 25 Media de muestra poblacional para rendimiento en t/ha	100
Tabla N°. 26 Análisis de varianza de rendimiento	100
Tabla N°. 27 Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% ..	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°. 1 Partes del brócoli y sus residuos aprovechables para la obtención de compuestos fitoquímicos funcionales	13
Figura N°. 2 Fenología del brócoli	16
Figura N°. 3 Molecula de Poliacrilato de Potasio.....	27
Figura N°. 4 Clasificación del agua	38
Figura N°. 5 Relación entre la textura del suelo y el contenido de humedad	39
Figura N°. 6 Sensor de humedad del suelo ML3 ThetaProbe con medidor de humedad del suelo HH2	45
Figura N°. 7 Ubicación del campo experimental.....	47
Figura N°. 8 Croquis del área experimental	52
Figura N°. 9 Planilla de cálculo y manejo de riego para el testigo.....	60
Figura N°. 10 Información de la precipitación diaria en mm de la estación granja K'ayra.....	65

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico N°. 1	Registro de precipitaciones en mm para el mes de marzo.....	66
Gráfico N°. 2	Registro de precipitaciones en mm para el mes de abril	66
Gráfico N°. 3	Registro de precipitaciones en mm para el mes de mayo.....	67
Gráfico N°. 4	Variación de % de humedad en el suelo	79
Gráfico N°. 5	Intervalo de confianza de Tukey al 95% para porcentaje de humedad del suelo...	82
Gráfico N°. 6	Intervalo de confianza de Tukey al 95% para la altura de planta.....	85
Gráfico N°. 7	Intervalo de confianza de Tukey al 95% para diámetro de tallo	88
Gráfico N°. 8	Intervalo de confianza de Tukey al 95% para diámetro de cabeza floral.....	91
Gráfico N°. 9	Intervalo de confianza de Tukey al 95% para peso de cabeza floral.....	94
Gráfico N°. 10	Intervalo de confianza de Tukey al 95% para longitud de raíz.....	97
Gráfico N°. 11	Intervalo de confianza de Tukey al 95% para rendimiento.....	102

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Efecto de tres dosis de Hidrosorb (*poliacrilato de potasio*) en la capacidad de retención hídrica del suelo y rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica* Imperial) en K’ayra, San Jerónimo, Cusco”, tuvo como objetivo general evaluar el efecto de tres dosis de Hidrosorb en la capacidad de retención hídrica del suelo y en el rendimiento del cultivo de brócoli, bajo condiciones de campo. Se realizó de marzo a julio del año 2023, en la parcela C-2 de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNSAAC. La investigación se desarrolló utilizando el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, haciendo un total de 16 unidades experimentales, con 45 plantas por unidad experimental y un total de 720 plantas. Los tratamientos estuvieron conformados por tres dosis del Hidrosorb: dosis alta (2.2 g/planta), dosis media (1.7 g/planta), dosis baja (1.12 g/planta) y un tratamiento testigo sin Hidrosorb.

Los resultados obtenidos evidenciaron una mayor efectividad en la mejora de la capacidad de retención hídrica del suelo con la aplicación de Hidrosorb, donde la dosis alta incrementó significativamente la retención de humedad en 27.29 % en comparación con el testigo. En cuanto al rendimiento, el mayor peso de cabeza floral de brócoli se obtuvo con la dosis alta de Hidrosorb, alcanzando 17.06 t/ha, seguido de la dosis media con 14.65 t/ha, la dosis baja con 14.21 t/ha y, finalmente, el tratamiento testigo con 13.90 t/ha.

Palabras clave: Hidrosorb, Retención hídrica, Rendimiento, Brócoli.

INTRODUCCIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) es un cultivo hortícola de alto valor nutricional, económico y comercial, cuyo rendimiento y calidad dependen en gran medida de un manejo eficiente del recurso hídrico. El déficit de agua en el suelo induce estrés hídrico, afectando negativamente el crecimiento vegetativo y la formación de la cabeza floral; mientras que el riego excesivo favorece la lixiviación de nutrientes, la degradación de la estructura del suelo y la incidencia de enfermedades fitosanitarias. En este contexto, resulta imprescindible la implementación de prácticas y tecnologías agrícolas sostenibles que permitan optimizar el uso del agua, especialmente en zonas donde la variabilidad climática y la limitada disponibilidad hídrica condicionan la producción agrícola.

La capacidad de retención hídrica del suelo está determinada por sus características físicas y texturales; sin embargo, actualmente se ve severamente afectada por los efectos del cambio climático, tales como la disminución de las precipitaciones y el incremento de la temperatura, factores que intensifican los procesos de evaporación y transpiración. Estas condiciones aceleran el secado del suelo, aumentan su vulnerabilidad a la erosión, contribuyen a procesos de degradación y desertificación, y reducen significativamente su capacidad productiva.

Ante esta problemática, la incorporación de polímeros superabsorbentes, como los hidrogeles a base de poliacrilato de potasio, se presenta como una alternativa tecnológica viable para mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura. Estos materiales tienen la capacidad de absorber y retener grandes volúmenes de agua, liberándola de manera gradual, lo que favorece una mayor disponibilidad hídrica para el sistema radicular de los cultivos y mejora las condiciones físicas del suelo.

En el cultivo de brócoli, una disponibilidad hídrica constante resulta determinante durante las fases de crecimiento vegetativo y formación de la cabeza floral, ya que influye directamente en el tamaño, peso y calidad comercial del producto. No obstante, en la práctica agrícola, el manejo inadecuado del riego, los efectos adversos del cambio climático y la baja capacidad de retención de agua de determinados suelos generan pérdidas de humedad y reducciones significativas del rendimiento. Frente a esta situación, el uso de hidrogel como acondicionador de suelos constituye una alternativa para optimizar el recurso hídrico, mejorar la estructura del suelo y garantizar un suministro más eficiente y sostenido de agua, favoreciendo el desarrollo radicular y el rendimiento del cultivo.

Por lo tanto, el objetivo general de la presente investigación fue evaluar el efecto de tres dosis de Hidrosorb (*poliacrilato de potasio*) en la capacidad de retención hídrica del suelo y en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica* Imperial) en el Centro Agronómico K'ayra, distrito de San Jerónimo, Cusco. Asimismo, los objetivos específicos fueron determinar el efecto de las diferentes dosis de Hidrosorb sobre la capacidad de retención hídrica del suelo y analizar su influencia en el rendimiento agronómico del cultivo de brócoli bajo las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio.

El autor

I. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO

1.1. Identificación del problema

El brócoli (*Brassica oleracea var. Italica*) es una hortaliza de alto valor nutricional, económico y comercial, ampliamente demandada en los mercados locales y regionales, constituyendo una fuente importante de ingresos para los productores agrícolas. Su adecuado desarrollo y rendimiento dependen, entre otros factores, de una disponibilidad hídrica constante, especialmente durante las etapas de crecimiento vegetativo y formación de la cabeza floral. No obstante, en los últimos años, la producción de este cultivo en la región del Cusco se ha visto afectada por la escasez de agua y la creciente variabilidad climática, lo que ha limitado su potencial productivo.

La agricultura en la región del Cusco enfrenta condiciones climáticas cada vez más adversas, caracterizadas por la irregularidad de las precipitaciones, el incremento de las temperaturas y una alta radiación solar, factores asociados al cambio climático. Según el Atlas Solar del Perú (MINEM, 2016), la región sur andina como Cusco presenta valores promedio diarios de radiación solar entre 5,5 y 6,5 kWh/m²/día, considerados elevados en comparación con otras regiones del país. Esta elevada radiación incrementa los procesos de evaporación y evapotranspiración, acelerando la pérdida de humedad del suelo y generando estrés hídrico en los cultivos, incluso en parcelas que cuentan con riego convencional.

En las zonas agrícolas del distrito de San Jerónimo, esta problemática se agrava debido a las características físicas de los suelos, que presentan una limitada capacidad de retención hídrica, variabilidad textural y degradación progresiva de su estructura como consecuencia de prácticas agrícolas inadecuadas. Estas condiciones provocan un rápido secado del suelo, incrementan la

frecuencia de riego, elevan los costos de producción y afectan negativamente el rendimiento y la calidad del cultivo de brócoli.

El déficit hídrico en el cultivo de brócoli se manifiesta principalmente en una disminución del crecimiento vegetativo, menor desarrollo del sistema radicular y una reducción del tamaño y peso de la cabeza floral, lo que repercute directamente en el rendimiento por hectárea. Investigaciones agronómicas señalan que la falta de una adecuada retención de humedad en el suelo limita la eficiencia del riego, reduce la absorción de nutrientes y compromete la productividad del cultivo, aun cuando se disponga de agua de riego. A esta situación se suma la escasa adopción de tecnologías orientadas a la conservación de la humedad del suelo, como el uso de acondicionadores hídricos, así como la limitada implementación de sistemas de riego tecnificado en algunos predios agrícolas. La ausencia de estas prácticas intensifica la degradación del suelo, reduce la eficiencia en el uso del recurso hídrico y dificulta la sostenibilidad de la producción agrícola en la región. Pese a esta problemática, en el ámbito local no se dispone de estudios experimentales que evalúen el efecto de diferentes dosis de Hidrosorb sobre la capacidad de retención hídrica del suelo y su relación directa con el rendimiento del cultivo de brócoli bajo las condiciones edafoclimáticas de K'ayra, San Jerónimo, Cusco. Esta carencia de información científica limita la toma de decisiones técnicas por parte de los agricultores y genera incertidumbre en la adopción de estrategias sostenibles de manejo del agua.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar la presente investigación pionera, orientada a evaluar el efecto de tres dosis de Hidrosorb en la capacidad de retención hídrica del suelo y en el rendimiento del cultivo de brócoli, con el propósito de generar evidencia científica local que contribuya a mejorar la eficiencia del uso del agua, la productividad del cultivo y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en la región del Cusco.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el efecto de aplicación de tres dosis de Hidrosorb (*poliacrilato de potasio*) en la capacidad de retención hídrica en el suelo y rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var.Italica Imperial.*) en K'ayra, San Jerónimo?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de tres dosis de Hidrosorb en la capacidad de retención hídrica del suelo en K'ayra, San Jerónimo?
- ¿Cuál es el efecto de tres dosis de Hidrosorb en el rendimiento, peso de planta, peso de cabeza floral, diámetro de cabeza floral, diámetro de tallo, longitud de raíz del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var.Italica Imperial.*) en K'ayra, San Jerónimo?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de aplicación de tres dosis de Hidrosorb (*poliacrilato de potasio*) en la capacidad de retención hídrica en el suelo y rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica* Imperial.) en K'ayra, San Jerónimo, Cusco.

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres dosis de Hidrosorb en la capacidad de retención hídrica del suelo en K'ayra, San Jerónimo.
- Analizar el efecto de tres dosis de Hidrosorb en el rendimiento, peso de planta, peso de cabeza floral, diámetro de cabeza floral, diámetro de tallo, longitud de raíz del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica* Imperial.) en K'ayra, San Jerónimo.

2.2. Justificación

Determinar los efectos de tres dosis de Hidrosorb en la capacidad de retención hídrica del suelo y rendimiento del cultivo de brócoli, se justifica desde el aspecto:

Social: Desde el punto de vista social, la presente investigación es relevante porque contribuye a enfrentar una de las principales problemáticas que afectan a los agricultores de las zonas altoandinas de la región Cusco: la escasez hídrica y la limitada capacidad de retención de agua en los suelos agrícolas. Estas condiciones, agravadas por la intensa radiación solar y los efectos del cambio climático, afectan directamente la productividad de cultivos de alto valor nutricional como el brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Imperial), comprometiendo la seguridad alimentaria y los

ingresos de las familias rurales. La generación de información técnica sobre el uso eficiente del agua favorece la adopción de prácticas agrícolas que mejoran la estabilidad productiva y fortalecen el bienestar de los productores locales.

Económico: Desde el enfoque económico, la investigación adquiere importancia debido a que la escasez de agua y la baja retención hídrica del suelo incrementan la frecuencia de riego y, en consecuencia, elevan los costos de producción del cultivo de brócoli. La evaluación del uso del Hidrosorb como alternativa tecnológica permitirá optimizar el uso del recurso hídrico, reducir gastos asociados al riego y mejorar el rendimiento y la calidad del producto. De esta manera, los resultados contribuirán a incrementar la rentabilidad del cultivo, fortaleciendo la competitividad de la agricultura local y generando mayores oportunidades económicas para los productores de la región Cusco.

Ambiental: Desde el aspecto ambiental, el estudio es relevante porque promueve el uso eficiente y sostenible del recurso hídrico en un contexto de cambio climático y creciente presión sobre los ecosistemas altoandinos. La aplicación de Hidrosorb puede mejorar las propiedades físicas del suelo, incrementar su capacidad de retención de agua y disminuir las pérdidas por evaporación y percolación. Esto contribuye a una gestión más racional del agua, reduce la degradación del suelo y favorece la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a condiciones climáticas adversas, alineándose con los principios de la agricultura sostenible y la conservación de los recursos naturales.

Investigativo: Desde el punto de vista investigativo, la presente investigación es significativa porque genera información científica local sobre el efecto de diferentes dosis de hidrogel agrícola en el rendimiento y en variables agronómicas del cultivo de brócoli, tales como peso de planta, peso y diámetro de la cabeza floral, diámetro del tallo y longitud de la raíz. La ausencia de estudios

específicos en condiciones agroclimáticas de la región Cusco limita la toma de decisiones técnicas fundamentadas. Por ello, los resultados del estudio contribuirán al conocimiento científico, servirán como referencia para futuras investigaciones y respaldarán la formulación de estrategias de manejo eficiente del agua en sistemas agrícolas altoandinos.

III. HIPOTESIS

3.1. Hipótesis general

El efecto de tres dosis de Hidrosorb (*poliacrilato de potasio*) en la capacidad de retención hídrica del suelo y el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. Italica Imperial*) en K'ayra, San Jerónimo, Cusco, serán diferentemente significativas.

3.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de tres dosis de Hidrosorb influirán de manera significativa en la capacidad de retención hídrica del suelo en K'ayra, San Jerónimo.
- La aplicación de tres dosis de Hidrosorb mostrarán diferencias significativas en el rendimiento, peso de planta, peso de cabeza floral, diámetro de cabeza floral, diámetro de tallo, longitud de raíz del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. Italica Imperial.*) en K'ayra, San Jerónimo.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

Cayambe (2023) en su investigación titulada *Evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de Tomate riñón (Solanum lycopersicum)*, desarrollada en Ecuador, tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de la aplicación de hidrogel en el desarrollo y productividad del cultivo de Tomate riñón, mediante la incorporación al suelo de tres diferentes dosis de este polímero. La metodología consistió en aplicar 3 dosis de hidrogel, una dosis baja (5g/planta), media (10g/planta) y una dosis máxima (15g/planta). Para el experimento se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones, en total 12 unidades experimentales, 4 plantas por unidad experimental, con una totalidad de 48 plantas. Para el control de contenido de humedad se utilizó tensiómetros colocados en el suelo en la zona radicular, antes y después de la aplicación del riego. Donde los resultados evidenciaron a las variables días a la floración y rendimiento, siendo el T3 el mejor tratamiento (dosis de 15g) que promovió una floración más rápida y mejores valores de productividad. Finalmente, el contenido de humedad fue representativo en T3 (dosis de 15g), donde se evidenciaron que el hidrogel logró retener más humedad antes y después de la aplicación del riego; además que, el hidrogel redujo la aplicación de agua frente al testigo.

Varela Castillo (2018), en su investigación titulada *Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de brócoli híbrido Avenger en suelos del Centro Académico Experimental Rumipamba, Mexico*, tuvo como objetivo evaluar el efecto del poliacrilato de potasio (PP) en la productividad del híbrido de brócoli Avenger en suelos agrícolas de México. Metodológicamente, el estudio fue de tipo experimental, utilizando un diseño de bloques al azar con 12 tratamientos y 3 repeticiones. Los resultados obtenidos mostraron que el

uso de poliacrilato de potasio incrementó la retención hídrica del suelo, mejorando la productividad del brócoli en un 51.6 % en comparación con los tratamientos sin PP. Además, se evidenció una mejora en la calidad del cultivo, con un incremento del 30 % en la capacidad de absorción de agua, lo que se tradujo en una mayor eficiencia en el uso del riego. La conclusión principal fue que el uso de PP es una alternativa viable y rentable para aumentar la productividad de cultivos en zonas con disponibilidad limitada de agua, mejorando la sostenibilidad agrícola.

Pincay Rodríguez (2016), en su tesis titulada “*Comportamiento de tres dosis de hidratantes en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.), en Huerto Organopónico en el Cantón Marcelino Maridueña, provincia del Guayas, Ecuador*”, tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres dosis de gel hidratante en el cultivo de lechuga variedad Waltz. El experimento se desarrolló entre los meses de junio y agosto en un diseño completamente al azar (DCA), aplicando dosis de 2 g/planta, 4 g/planta y 6 g/planta del producto comercial Cosecha lluvia. Se evaluaron variables como peso, número de hojas, longitud y ancho de hoja. Los resultados no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos; sin embargo, se determinó que el tratamiento con 2 g/planta presentó mejores resultados en peso, follaje y dimensiones de las hojas, además de registrar nula mortalidad de plantas durante el ensayo. La conclusión principal fue que el uso de hidratantes en dosis adecuadas contribuye a mantener el desarrollo normal del cultivo, reduciendo riesgos de estrés hídrico en condiciones de huertos organopónicos.

Vamont Agro (1999), en su *Informe de Evaluación del Cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa) Parcela 279 – El Pedregal Proyecto Majes Arequipa, Perú*, tuvo como objetivo evaluar el impacto del uso del Hidrosorb Agro en el rendimiento del cultivo de fresas bajo condiciones de riego por aspersión en la región de Arequipa. Metodológicamente, el estudio fue comparativo, utilizando un diseño completamente al azar. Los resultados indicaron que el rendimiento de fresas

fue de 8 t/ha para el testigo y 15 t/ha para el tratamiento con Hidrosorb Agro, con un ahorro del 50 % en el uso de agua para riego. La conclusión principal fue que el uso de Hidrosorb Agro mejora significativamente el rendimiento del cultivo y optimiza el uso del agua, demostrando ser una tecnología eficaz para incrementar la productividad agrícola en zonas áridas.

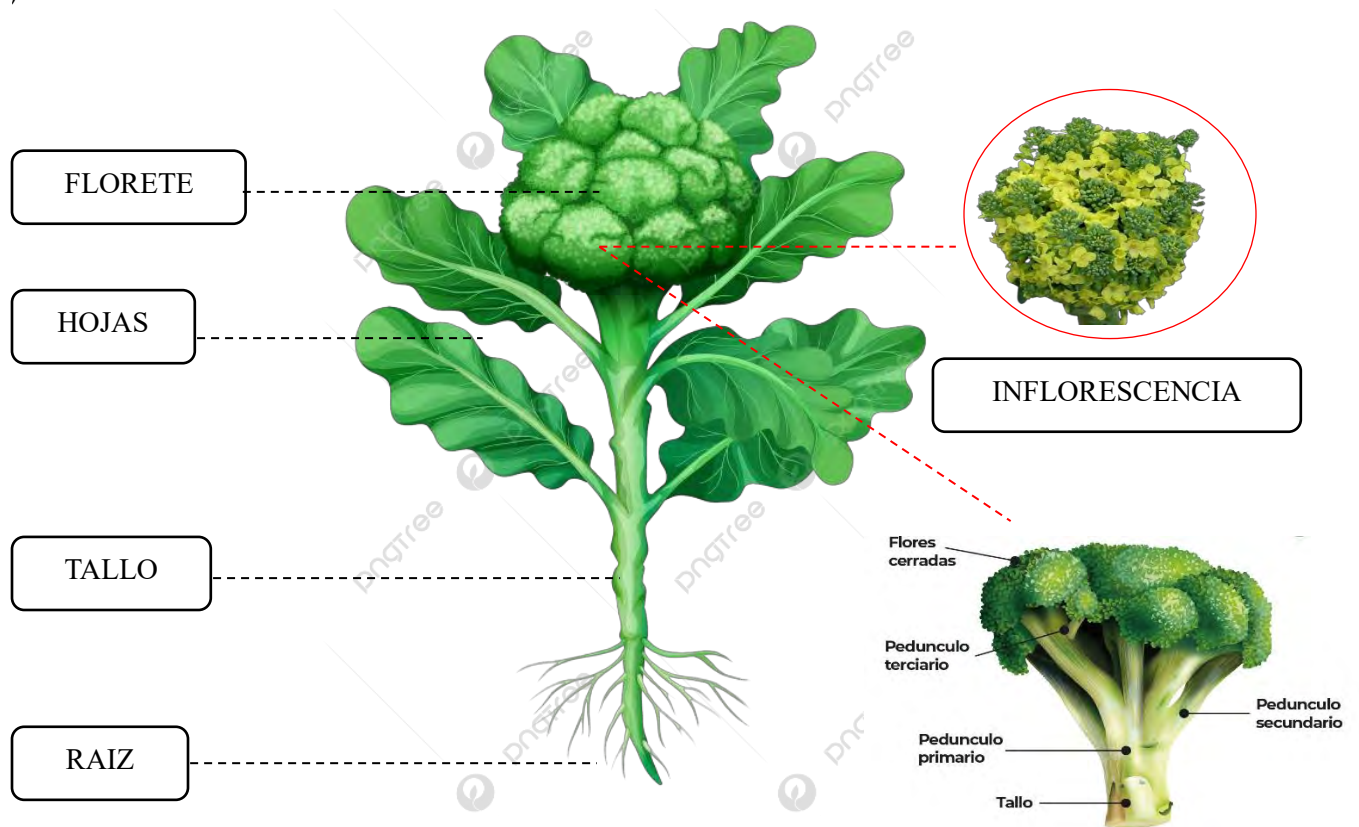
4.2. Cultivo de brócoli

4.2.1. Origen

Toledo (2003) señala que el brócoli, cuyo nombre científico es *Brassica oleracea* var. *Italica*, es una verdura que pertenece a la familia *Brassicaceae* y al género *Brassica*. Su origen se remonta a la región mediterránea, específicamente a lo que hoy en día es Italia, donde se cree que ha sido cultivado durante siglos, es el resultado de la domesticación selectiva de una planta silvestre relacionada con la col silvestre, *Brassica cretica*, que es nativa del Mediterráneo oriental. Los antiguos romanos y griegos consumían una forma primitiva de brócoli, aunque se parecía más a los brotes y hojas que a la versión de cabezas densas que conocemos hoy en día. Fue desarrollado a través de selección y cruce selectivos en Europa durante el siglo XVI. Desde entonces, se ha cultivado en todo el mundo y se ha convertido en un alimento popular y ampliamente consumido debido a su sabor, versatilidad culinaria y beneficios para la salud, cabe resaltar que hoy en día, países como China, India, Estados Unidos, España e Italia son importantes productores de brócoli a nivel mundial.

Figura N°. 1

Partes del brócoli y sus residuos aprovechables para la obtención de compuestos fitoquímicos funcionales



Fuente: Toledo (2003)

4.2.2. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae (Plantas)

División: Magnoliophyta (Angiospermas)

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledóneas)

Orden: Brassicales

Familia: Brassicaceae (Crucíferas)

Género: Brassica

Especie: *Brassica oleracea*

Variedad: Italica

4.2.3. Descripción botánica

- A. **Raíz:** El sistema radicular del brócoli es fibroso y poco profundo. Las raíces primarias son delgadas y se ramifican en raíces secundarias más finas (Toledo, 2003).
- B. **Tallo:** El tallo del brócoli es erecto, cilíndrico y generalmente sin ramificaciones hasta la parte superior. Puede alcanzar alturas de hasta 60-90 centímetros, dependiendo de la variedad y las condiciones de crecimiento (Gaspar, 2021).
- C. **Hojas:** Las hojas del brócoli son grandes, de color verde oscuro y están dispuestas alternativamente a lo largo del tallo. Son grandes y lanceoladas con bordes ligeramente dentados (Gaspar, 2021).
- D. **Inflorescencia:** La parte comestible del brócoli es en realidad una inflorescencia inmadura, conocida como "cabeza floral" o "flor". Esta cabeza está formada por numerosos brotes florales compactos que están rodeados por hojas verdes que se denominan "brácteas", la forma y el tamaño de la cabeza pueden variar según la variedad (Gaspar, 2021).
- E. **Flores:** Si el brócoli no se cosecha a tiempo, las yemas florales se desarrollarán en flores amarillas (Gaspar, 2021).
- F. **Fruto:** En condiciones adecuadas, las flores del brócoli pueden dar lugar a pequeñas vainas que contienen semillas, aunque generalmente no se permiten desarrollar para consumo humano (Gaspar, 2021).

G. **Semillas:** Las semillas del brócoli son pequeñas, de color marrón oscuro a negro, y se encuentran dentro de las vainas si la planta llega a la etapa de producción de semillas (Gaspar, 2021).

4.2.4. Fenología del cultivo

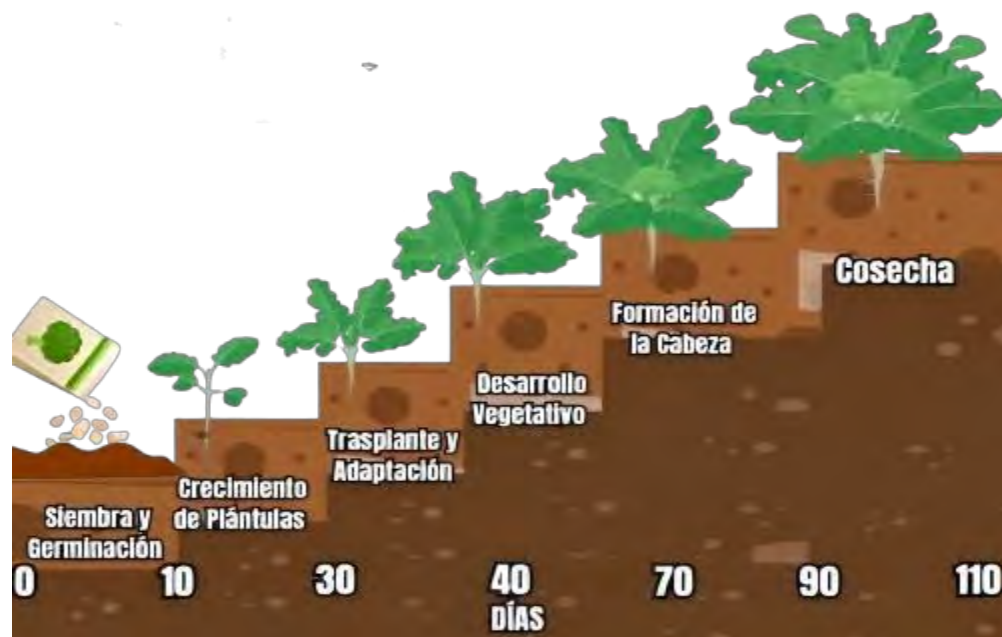
Laredo (2023) señala que las fases fenológicas del brócoli incluyen:

- **Germinación y establecimiento:** Esta fase comienza con la siembra de las semillas de brócoli en el suelo, durante esta etapa, las semillas germinan y las plántulas emergen. Un buen establecimiento de las plántulas es crucial para un rendimiento óptimo, ya que una población adecuada de plantas al inicio del ciclo de cultivo influye directamente en la producción final de cabezas de brócoli.
- **Desarrollo vegetativo:** En esta etapa, las plántulas de brócoli experimentan un crecimiento vegetativo significativo. Se produce el desarrollo de hojas, tallos y raíces; durante esta fase, es importante proporcionar las condiciones adecuadas de agua, nutrientes y luz para garantizar un crecimiento vigoroso de las plantas. Un desarrollo vegetativo saludable conduce a plantas fuertes y robustas que pueden soportar el crecimiento de las cabezas de brócoli.
- **Formación de la cabeza:** Esta fase es crucial para el rendimiento del brócoli, ya que es cuando se desarrollan las cabezas comestibles. Durante este período, los brotes florales en el centro de la planta comienzan a agrandarse y compactarse para formar la cabeza de brócoli, el tamaño, la forma y la densidad de las cabezas de brócoli influirán en el rendimiento final, con un manejo adecuado del cultivo, que

incluye el control de malezas, la fertilización y el riego, es fundamental para promover un desarrollo óptimo de las cabezas.

- **Cosecha:** Esta es la fase final del ciclo de cultivo del brócoli. La cosecha se realiza cuando las cabezas de brócoli alcanzan el tamaño y la madurez adecuados para el consumo. El momento óptimo de cosecha puede variar según la variedad y las preferencias del mercado. Una cosecha oportuna garantiza la máxima calidad y rendimiento del producto, además, la correcta manipulación y almacenamiento post-cosecha son importantes para preservar la calidad y prolongar la vida útil del brócoli cosechado.

Figura N°. 2
Fenología del brócoli



Fuente: Agrocultura (2025)

4.2.5. Variedades

Sierra (2019), menciona que se cultivan diferentes variedades de brócoli en Perú, adaptadas a las condiciones climáticas locales y a las preferencias del mercado. Esto incluye variedades de brócoli de ciclo corto, que permiten cosechas tempranas, así como variedades de ciclo largo para cosechas extendidas.

Variedad (*Brassica oleracea var. italica*) híbrido Imperial

Gaspar (2021), indica que es una planta de crecimiento erguido, con una cabeza o pella única, de tamaño medio y grano fino a intermedio, de color verde azulado. Se adapta bien a zonas templadas con temperaturas moderadas y zonas cálidas, en condiciones de días largos con calor moderado. La distancia de siembra varía entre 0.7 x 0.25 a 0.40 metros, lo que favorece el uso de un mayor número de plantas por unidad de área. La cosecha comienza a los 80 días después del trasplante, siendo ideal tanto para el mercado fresco como para la industria, debido a su mejor conservación postcosecha.

- **Características morfológicas**

La Rossa, Vasicek, Palioni, & López (2020), señala que la planta de *Brassica oleracea var. italica* híbrido Imperial tiene un hábito de crecimiento erguido, lo que facilita la recolección y el manejo en el campo. Su cabeza floral es compacta, de tamaño mediano y de color verde intenso, que se va tornando ligeramente más claro a medida que la planta madura. El tamaño de la cabeza es adecuado tanto para el consumo fresco como para la industria de transformación. El grano o la flor del brócoli es de tamaño medio a fino, lo que le otorga una textura delicada, ideal para ser cocinado o procesado.

- **Ciclo de cultivo**

La Rossa, Vasicek, Palioni, & López (2020), señala que el ciclo de cultivo del híbrido Imperial es relativamente rápido. El tiempo desde el trasplante hasta la cosecha es de aproximadamente 80 días, lo que lo convierte en una opción eficiente para la producción comercial. Esta característica también le otorga una ventaja para su inclusión en los mercados de consumo fresco, donde la rapidez de comercialización es clave.

- **Ventajas en la postcosecha**

La Rossa, Vasicek, Palioni, & López (2020), indica que una de las características más destacadas del brócoli híbrido Imperial es su excelente capacidad de conservación postcosecha. Tras la recolección, la calidad del producto se mantiene bien durante el almacenamiento y el transporte, lo que lo hace ideal tanto para el mercado fresco como para la industria. Su resistencia a la descomposición y su frescura prolongada aseguran que mantenga su valor durante más tiempo, lo que es una ventaja para los productores y comercializadores.

- **Uso y mercado**

La Rossa, Vasicek, Palioni, & López (2020), señala que el híbrido Imperial es altamente demandada tanto en el mercado fresco como en la industria. Su excelente presentación, sabor y textura lo hacen muy popular entre los consumidores, mientras que su fácil manejo en la postcosecha le otorga una ventaja competitiva en el mercado de exportación. Además, su adaptación a diversas condiciones climáticas y de suelo lo convierte en una opción atractiva para los agricultores que buscan un cultivo rentable y de bajo mantenimiento.

4.2.6. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de brócoli

4.2.6.1. Clima

Gaspar (2021), menciona que el brócoli prefiere climas fríos templados, pues se desarrolla mejor a temperaturas diurnas entre 18°C y 23°C, y temperaturas nocturnas entre 10°C y 18°C. No tolera bien las temperaturas extremas, ya que el calor excesivo puede provocar un crecimiento prematuro de las cabezas y la formación de floretes de baja calidad, mientras que las heladas pueden dañar las plantas.

4.2.6.2. Suelo

Gaspar (2021), menciona que el brócoli crece mejor en suelos fértiles, bien drenados y ricos en materia orgánica. Un pH del suelo entre 6.0 y 7.0 es óptimo para el crecimiento del brócoli. Antes de la siembra, se recomienda realizar análisis del suelo para determinar los niveles de nutrientes y ajustarlos según sea necesario.

4.2.6.3. Luz

Gaspar (2021), menciona que el brócoli necesita luz solar directa para un crecimiento óptimo. Se debe plantar en un área que reciba al menos 6-8 horas de luz solar al día. La falta de luz puede afectar el desarrollo de las cabezas de brócoli y reducir el rendimiento.

4.2.6.4. Agua

Gaspar (2021), señala que el brócoli requiere un suministro constante de agua para un crecimiento saludable. Se debe mantener el suelo uniformemente húmedo, pero no saturado, durante todo el ciclo de crecimiento. La falta de agua puede provocar estrés en las plantas y afectar el desarrollo de las cabezas de brócoli. El cultivo de brócoli necesita alrededor de 700 mm de agua

a lo largo de su ciclo. No requiere riego constante, sino que debe aplicarse en intervalos de dos a diez días, dependiendo del clima, la estación y la fase de desarrollo de la planta.

Vallejo (2013), señala que las raíces pueden alcanzar profundidades entre 0,10 m y 0,2 m, por lo que es esencial regar inmediatamente después del trasplante. Luego, el suelo debe mantenerse con suficiente humedad hasta la etapa de maduración. Es recomendable suspender el riego 20 días antes de la cosecha, ya que un exceso de agua puede afectar negativamente la producción. En total, el requerimiento hídrico del brócoli por cosecha oscila entre 650 y 700 mm.

4.2.6.5. Fertilización

Pletsch (2006), señala que la fertilización se define como el proceso de incorporar toda sustancia o mezcla de sustancias que aplicada dentro del suelo o aplicada sobre la parte aérea de las plantas, suministre él o los elementos que requieren los vegetales para su nutrición, con el propósito de estimular su crecimiento, aumentar su productividad y mejorar la calidad de las cosechas.

Gaspar (2021), menciona que el brócoli es un cultivo exigente en nutrientes, especialmente en nitrógeno, fósforo y potasio. Se recomienda aplicar fertilizantes orgánicos o químicos antes de la siembra y durante el crecimiento de las plantas, según sea necesario. Es importante seguir las recomendaciones de fertilización basadas en análisis del suelo para evitar la sobrealimentación o deficiencias de nutrientes.

Bolea (1982), menciona que el brócoli demanda una alta absorción de nitrógeno (N) y potasio (K), mientras que su requerimiento de fósforo (P) es relativamente bajo. Las recomendaciones de fertilización sugieren aplicar entre 100 y 120 kilogramos de N por hectárea, junto con 50 a 80

kilogramos de P por hectárea. En cuanto al potasio, su aplicación se realiza únicamente si es necesario, sin embargo, se recomienda aplicar una cantidad de Potasio equivalente al del Fosforo.

Ley de Liebig

Sierra et al. (2019), precisan que el elemento esencial proveído en menores cantidades (factor limitante) determina el éxito del programa de fertilización. Es decir, si un elemento se encuentra deficiente, el crecimiento y rendimiento del cultivo no será el óptimo, y para poder incrementar la productividad (expresada en crecimiento o rendimiento) es necesario suplir el elemento deficiente. La Ley de Liebig, también conocida como la Ley del Mínimo, es un principio en la ecología y la agricultura propuesta por el químico y agricultor alemán Justus Von Liebig en el siglo XIX. Esta ley establece que el crecimiento de las plantas está limitado por el nutriente que se encuentra en menor cantidad en relación con las necesidades de la planta, independientemente de la abundancia de otros nutrientes. En otras palabras, el rendimiento de un cultivo está determinado por el nutriente que está presente en menor cantidad en proporción a las necesidades de la planta. La Ley de Liebig es fundamental para la fertilización y el manejo de nutrientes en la agricultura. Según este principio, agregar nutrientes adicionales a un suelo ya rico en un nutriente en particular no aumentará el rendimiento de las plantas si otro nutriente es limitante. Por lo tanto, para maximizar el rendimiento de los cultivos, es crucial identificar y corregir las deficiencias de nutrientes que pueden ser limitantes para el crecimiento de las plantas. Esto puede lograrse mediante la aplicación equilibrada de fertilizantes que contengan los nutrientes necesarios en proporciones adecuadas para satisfacer las demandas de las plantas.

Bolea (1982), según las recomendaciones el nivel de abonamiento para el cultivo de brócoli es de 110-60-60 de NPK (Nitrógeno-Fosforo-Potasio).

4.2.6.6. Espaciado y densidad de siembra

Gaspar (2021), menciona que el brócoli necesita suficiente espacio para un desarrollo adecuado y recomienda que las plantas deben espaciarse de 40 centímetros entre sí y 80 cm entre surcos haciendo un total de 31,250 plantas por hectárea para permitir un crecimiento óptimo de las cabezas florales. Así mismo señala que la densidad de siembra puede variar según la variedad y las prácticas de cultivo locales.

4.2.6.7. Control de malezas, plagas y enfermedades

Gaspar (2021), menciona que es importante mantener el cultivo de brócoli libre de malezas para evitar la competencia por nutrientes, agua y luz. Además, se deben implementar medidas de control integrado de plagas y enfermedades para prevenir daños en las plantas y garantizar un rendimiento óptimo.

4.2.7. Manejo del cultivo

4.2.7.1.Preparación del suelo

Zamora (2016), señala que la preparación del suelo es importante para el éxito del cultivo de brócoli, esto implica trabajos como arado, nivelación, eliminación de malezas y aplicación de enmiendas orgánicas o minerales para mejorar la estructura y fertilidad del suelo.

4.2.7.2. Trasplante

Zamora (2016), el trasplante es el proceso de mover las plántulas desde la almaciguera hasta su lugar de cultivo definitivo. Se lleva a cabo cuando las plántulas alcanzan una altura promedio de 15 cm, lo que generalmente ocurre entre los 30 y 40 días. Es fundamental evitar daños en las raíces y asegurarse de no enterrarlas en exceso, permitiendo que el cuello de la planta quede a nivel del suelo. Además, se recomienda humedecer la tierra antes de realizarlo.

4.2.7.3. Cosecha

Zamora (2016), la cosecha del brócoli se realiza cuando las cabezas florales están firmes y compactas, pero antes de que comiencen a florecer.

4.2.7.4. Post cosecha

Zamora (2016), después de la cosecha, es importante manejar y almacenar correctamente el brócoli para mantener su frescura y calidad, esto puede incluir la eliminación de hojas exteriores dañadas, el lavado y la clasificación según el tamaño y la calidad, así como el almacenamiento en condiciones adecuadas de temperatura y humedad para prolongar la vida útil del producto.

4.2.8. El brócoli en el Perú

4.2.8.1. Zonas productoras de brócoli en el país

Andrade (2017) señala que, en el Perú, las principales zonas productoras de brócoli se encuentran distribuidas en varias regiones del país. Algunas de las áreas más destacadas incluyen:

Regiones de cultivo: El brócoli se cultiva en varias regiones del país, incluyendo la sierra y la costa. Algunas zonas destacadas de cultivo de brócoli en Perú incluyen los valles interandinos de la sierra central y sur, así como áreas costeras con condiciones climáticas favorables.

- **La Libertad (Valle de Chao):** Esta región, ubicada en la costa norte del país, es conocida por su producción de brócoli de alta calidad. El clima templado y la disponibilidad de agua para el riego hacen que el Valle de Chao sea ideal para el cultivo de brócoli.
- **Lima (Valle de Huaura):** Ubicado en la costa central de Perú, el Valle de Huaura es otra importante zona productora de brócoli. Las condiciones climáticas favorables y la infraestructura de riego bien desarrollada contribuyen al éxito del cultivo en esta región.

- **Lima (Valle de Cañete):** También en la costa central, el Valle de Cañete es conocido por su producción agrícola diversificada, que incluye el cultivo de brócoli.
- **Lima (Valle de Lurín):** Esta área cerca de la ciudad de Lima es una importante región productora de hortalizas, incluido el brócoli.
- **Junín (Valle del Mantaro):** En la sierra central de Perú, el Valle del Mantaro es una región productora de brócoli que se beneficia de un clima fresco y de tierras fértiles. Aunque el cultivo de brócoli en la sierra presenta desafíos adicionales debido a la altitud y las condiciones climáticas variables, esta región ha logrado establecer una producción exitosa.

4.2.9. Rendimiento del cultivo de brócoli

4.2.9.1. Rendimiento a nivel internacional por países

Vázquez, Mejía, Robles, & Ramírez (2020), señalan que en Centro y Sudamérica, Guatemala, Ecuador y Perú son los principales productores de brócoli y coliflor, aunque Colombia, Chile y Venezuela también tienen producción significativa. Guatemala lideró en 2021 con 119,009 toneladas, seguido de Ecuador con 112,652 toneladas y Perú con 60,808 toneladas. Mientras la producción en Guatemala y Ecuador ha sido estable, indicando madurez en la industria, Perú y otros países de la región han experimentado una disminución en su producción.

4.2.9.2. Rendimiento nacional del cultivo de brócoli

Raya, Apaez, Guillén, & Lara (2019) , señalan que el brócoli (*Brassica oleracea var. Italica*) es un cultivo de creciente importancia a nivel nacional debido a su alto valor nutritivo y beneficios para la salud. En el contexto nacional, el rendimiento del cultivo de brócoli ha mostrado una tendencia ascendente en los últimos años. Según el Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (2018), la producción de brócoli en el país ha crecido significativamente debido a las mejoras en

las técnicas de cultivo y el aumento de la superficie sembrada. Las principales regiones productoras incluyen Lima, La Libertad, y Arequipa, donde se han implementado prácticas agrícolas avanzadas que han permitido alcanzar en esos departamentos rendimientos promedio de 12 a 15 toneladas por hectárea.

4.2.9.3. Rendimiento del cultivo de brócoli en la región del Cusco

Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA] (2023), señala que, en la región del Cusco, el cultivo de brócoli también ha ganado relevancia, aunque los rendimientos aún no alcanzan los niveles observados en las principales regiones productoras del país, los agricultores en Cusco han comenzado a adoptar variedades de brócoli más resistentes y técnicas de cultivo mejoradas, lo que ha resultado en un aumento del rendimiento promedio a aproximadamente 8 toneladas por hectárea. Sin embargo, factores como la altitud, las variaciones climáticas y el acceso limitado al agua representan problemas importantes para los productores de la región.

4.2.9.4. Consumo per cápita de brócoli

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2020) , indica que el consumo de brócoli en Perú ha mostrado una tendencia al alza, impulsada por una mayor conciencia sobre los beneficios para la salud asociados con su consumo. El consumo per cápita de brócoli en el país es de aproximadamente 1.5 kg por persona al año. Este incremento se atribuye a campañas de promoción de alimentos saludables y a una creciente inclusión del brócoli en la dieta diaria de los peruanos. En la región del Cusco, el consumo per cápita de brócoli sigue la tendencia nacional, aunque con variaciones significativas entre áreas urbanas y rurales, donde el acceso y la disponibilidad del brócoli pueden ser limitados.

4.3. Hidrogel

Katime I. et al. (2004), definen a un gel como una red tridimensional de cadenas flexibles, constituidas por segmentos conectados de una determinada manera e hinchada por un líquido. También menciona que si el líquido que solventa las cadenas es orgánico recibe el nombre de organogel, mientras que, si el responsable de la solvatación es el agua, entonces se denomina hidrogel. En la actualidad existen dos tipos de geles, en función de la naturaleza de las uniones de la red tridimensional que los constituyen físicos y químicos.

Escobar G. (2002), señala que el término hidrogel se utiliza para denominar a un tipo de material de base polimérica caracterizado por su extraordinaria capacidad para absorber agua y diferentes fluidos.

Estrada R. (2012), indica que los materiales denominados como hidrogeles son polímeros hidro absorbentes que tienen la capacidad de absorber y ceder grandes cantidades de agua y otras disoluciones acuosas sin disolverse. Dicho proceso ocurre a distintas velocidades de acuerdo al grado de polimerización del monómero constituyente

4.3.1. Uso de polímeros

Estrada, R., Lemus, D., Mendoza, D., & Rodríguez, V. (2010), señala que los polímeros tienen la capacidad de absorber agua y liberarla gradualmente hacia las raíces de las plantas, lo que ayuda a mejorar la calidad del suelo. Gracias a esto, el suelo retiene mejor la humedad, permite una mejor circulación de aire y evita que se compacte demasiado. En agricultura, su uso es clave para optimizar el consumo de agua, logrando reducirlo hasta en un 50%. Además, en terrenos áridos o desérticos, estos polímeros contribuyen a mejorar la estructura del suelo, aumentando su humedad y favoreciendo su fertilidad natural.

4.3.2. Poliacrilato de Potasio

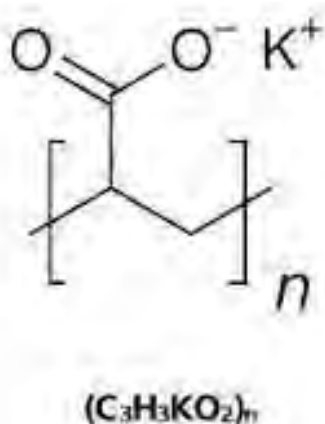
Valera (2018), señala que el poliacrilato de potasio se caracteriza por su elevada capacidad de absorción y retención de agua. Su estructura molecular, conformada por cadenas repetitivas de acrilato de potasio, le otorga la propiedad de formar una red tridimensional que se expande significativamente al contacto con líquidos. Gracias a esta cualidad, se convierte en un insumo apropiado para diversos usos que demandan almacenamiento hídrico prolongado, como en la agricultura y en productos de uso personal. En condiciones óptimas, este polímero puede llegar a captar entre 300 y 500 veces su propio peso en agua.

4.3.3. Composición química

Zuchem (2007), menciona que los poliacrilatos son una familia de polímeros aniónicos súper absorbentes, compuestos principalmente por poliacrilamida. Están formados por una estructura reticulada de acrilamida y acrilato de potasio, lo que les otorga la propiedad de no disolverse en agua. Estos polímeros pueden absorber, en promedio, hasta 700 veces su peso en agua destilada, transformándose en un gel.

Figura N°. 3

Molécula de Poliacrilato de Potasio



Fuente: Gelsap (2025)

4.3.4. Estructura de composición del hidrogel

Macías et al., (2019) precisa que la disposición molecular del material que compone el hidrogel. Los hidrogeles están formados por cadenas largas de polímeros que tienen una estructura reticulada, lo que les confiere la capacidad de retener grandes cantidades de agua en su interior.

Recinos (2013), señala que cuando el agua entra en contacto con estas cadenas poliméricas, es absorbida por ósmosis y se introduce en la molécula. Dentro de la estructura del polímero, el agua se almacena de manera eficiente. A medida que el suelo se va secando, el polímero libera hasta el 95% del agua retenida, proporcionando humedad de forma gradual.

4.3.5. Nombres comerciales del hidrogel

Alvarez, Briceño, & Valverde (2023), señala que existen varios nombres comerciales para el hidrogel, dependiendo del fabricante y del país. Algunos ejemplos comunes incluyen Aquasorb, Hydrosorb, Water Crystals, Hydrosorce, Gelgro, entre otros.

4.3.6. Capacidad de retención de agua del hidrogel

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo [CIAD] (2022), es la cantidad máxima de agua que el hidrogel puede absorber y retener en su estructura. Esta capacidad varía según el tipo y la calidad del hidrogel, pero generalmente es considerablemente alta en comparación con otros materiales de su tamaño.

Gonzales, J. (2011), señala que un kilo de hidrogel tiene la capacidad de contener entre 330 y 440 litros de agua.

4.3.7. El hidrogel en las características del suelo para el desarrollo de las plantas

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (2022), el hidrogel puede mejorar las características físicas y químicas del suelo al retener agua y nutrientes, proporcionando un entorno más favorable para el desarrollo de las raíces de las plantas. También puede ayudar a reducir la erosión del suelo y la lixiviación de nutrientes.

4.3.8. Propiedad característica del hidrogel

Ramos G. et al (2009), señala que el hidrogel cumple la función de incrementar la capacidad del suelo para retener agua y, en consecuencia, permite espaciar los intervalos de riego. Este polímero no modifica las propiedades físicas del agua ni altera la porosidad total del suelo; sin embargo, sí influye directamente en la retención hídrica (mejorándola) y en la aireación del suelo (reduciéndola). Su acción consiste en absorber el agua disponible durante los riegos y liberarla progresivamente a medida que el entorno del polímero se seca, formando así una reserva hídrica que facilita un mejor aprovechamiento del agua de lluvia y contribuye a reducir la frecuencia de riego necesaria.

4.3.9. Beneficios del uso de hidrogel

Recinos (2013), señala los siguientes beneficios:

- Favorece el incremento de la capacidad de retención hídrica en el suelo.
- Retrasa el momento en que las plantas alcanzan punto de marchitamiento.
- Mantiene la humedad por el doble de tiempo en comparación con suelos sin tratamiento.
- Disminuye la mortalidad ocasionada por el trasplante y estimula el desarrollo radicular, lo que se traduce en un mejor crecimiento y establecimiento. Los ensayos de campo

evidencian que el uso de hidrogeles puede incrementar los rendimientos agrícolas hasta en un 30% frente a los sistemas convencionales.

- Contribuye a espaciar los riegos, además de absorber fertilizantes y agroquímicos solubles en agua, disminuyendo su lixiviación y escorrentía.
- El poliacrilato de potasio también ayuda a mitigar la contaminación ambiental, ya que optimiza la eficiencia de los fertilizantes y reduce la pérdida de urea por volatilización.

4.3.10. Efectos sobre las propiedades físicas del suelo

Sanz (2015), indica que mejora la permeabilidad del suelo, optimiza su densidad aparente y mejora su estructura. Además, gracias a los ciclos de absorción y liberación de agua, las partículas del polímero se expanden y contraen, lo que incrementa la aireación, especialmente en suelos arcillosos. También actúa como un acondicionador del suelo, aportando características propias de tierras fértiles a suelos arenosos y sustratos de baja calidad.

4.3.11. Efectos sobre las propiedades químicas del suelo

Sanz (2015), indica que contribuyen a un uso más eficiente de los nutrientes al funcionar como un mecanismo de liberación gradual, lo que facilita su absorción por las plantas. Además, retienen los nutrientes y ralentizan significativamente su disolución, reduciendo la necesidad de aplicaciones frecuentes mientras aseguran que las plantas sigan obteniendo los elementos esenciales para su desarrollo.

4.3.12. El hidrogel en la producción agrícola

Alvarez, Briceño, & Valverde (2023), señala que en la agricultura, el hidrogel se utiliza para mejorar la eficiencia del riego, reducir el estrés hídrico de las plantas y aumentar el

rendimiento de los cultivos. También puede ser utilizado en la germinación de semillas, en la producción de plántulas y en la producción de hortalizas y frutas.

Thomas, B. et al. (2003), señalan que los polímeros súper absorbentes, conocidos como hidrogeles, cumplen en el suelo la función de captar agua proveniente de la lluvia o del riego y liberarla de manera gradual para atender los requerimientos hídricos de las plantas durante su desarrollo. La humedad almacenada en estos compuestos se libera a un ritmo más lento que la pérdida ocasionada por la evapotranspiración natural del sistema suelo-planta. Este proceso reduce las pérdidas de agua en condiciones de sequía, favorece la recuperación fisiológica de los cultivos y eleva significativamente la eficiencia en la producción de biomasa fresca por cada unidad de agua suministrada.

Freitas A. et al. (2002), destacan que la aplicación de hidrogel en la agricultura evidencia sus ventajas como enmienda del suelo, ya que optimiza sus propiedades físicas e hídricas. Este polímero actúa como un eficiente retenedor de humedad, contribuye a reducir la lixiviación de nutrientes, incrementa la capacidad de intercambio catiónico y mejora la disponibilidad de agua para los cultivos, generando así un impacto favorable en su desarrollo productivo.

4.3.13. Dosificación y aplicación en la agricultura

Recinos (2013), señala que la dosificación del hidrogel en la agricultura se refiere a la cantidad adecuada de hidrogel que se debe aplicar al suelo para obtener los beneficios deseados. La aplicación se puede realizar mezclando el hidrogel con el suelo antes de la siembra o mediante la aplicación superficial en el área de la raíz de las plantas. La dosificación y aplicación adecuada dependen del tipo de cultivo, las condiciones del suelo y el clima, así como de los objetivos específicos del agricultor debido a que el hidrogel es altamente higroscópico. Se puede utilizar en

dos formas: hidratado, cuando el poliacrilato de potasio ya ha absorbido agua, o seco, cuando se aplica directamente en el suelo sin haber retenido líquido previamente.

Hidrosorb (2019), recomienda una dosificación de 60 kg por hectárea para hortalizas dentro de sus usos en la agricultura.

4.3.14. Hidrosorb

Yaipén (2011), señala que es un conservador de agua ecológico basado en potasio, con tecnología alemana, cuya función principal es absorber, retener y liberar agua a los cultivos. Este producto no es tóxico, no contamina ni los cultivos ni el agua, y cumple con los estándares más recientes para la protección del medio ambiente”

Asimismo, detalló que el Hidrosorb actúa en contacto con el agua mediante presión osmótica (la presión que debe aplicarse a una solución para detener el flujo de disolvente a través de una membrana semipermeable), aumentando su volumen más de 200 veces "dependiendo del tipo del suelo donde se aplique, lo que permite una mayor eficiencia en las reservas de agua de la planta, evitando su pérdida por evaporación y filtración, un proceso común durante el riego." Su alta estabilidad, tanto mecánica, física como química, garantiza su uso adecuado en áreas que van desde desérticas hasta tropicales, durante un período de 5 años (cinco ciclos agrícolas).

Beneficios:

Yaipén (2011), menciona que el uso de Hidrosorb tiene los siguientes beneficios:

- Ahorro de agua: Dado que ayuda a retener la humedad, se requiere menos agua para mantener los cultivos.

- Sostenibilidad: Contribuye a la sostenibilidad de la agricultura al reducir el consumo de agua en áreas donde este recurso es limitado.
- Mejor calidad del suelo: Ayuda a mejorar la estructura del suelo, promoviendo una mejor aireación y facilitando el crecimiento de las raíces.
- Facilidad de uso: Se puede aplicar fácilmente en el suelo, en mezclas con sustratos, o directamente en la zona de raíces.

4.4. Capacidad de retención hídrica del suelo

4.4.1. El suelo

Domínguez (1997), señala que el suelo se define como la zona donde se desarrollan las raíces, permitiendo la absorción de agua y nutrientes esenciales para las plantas, además de proporcionar soporte a lo largo de su ciclo biológico. Debido a la importancia del sistema radicular y su función en el crecimiento vegetal, es fundamental comprender las características del suelo para analizar, interpretar y aplicar estrategias adecuadas para su uso y manejo.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2006), indica que el suelo está compuesto por minerales meteorizados, materia orgánica en descomposición, microorganismos, pequeños organismos vegetales y animales, agua y aire. Su formación es un proceso extremadamente lento, que puede durar siglos y ocurre como resultado de la desintegración de las rocas. Las variaciones de temperatura, junto con la acción del agua y el viento, generan cambios en la superficie terrestre. Cuando las plantas y los animales completan su ciclo de vida, sus restos caen sobre el suelo y son rápidamente descompuestos por hongos y bacterias. Este proceso da origen al humus, el cual se mezcla con las partículas sólidas del suelo.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2006), los principales componentes del suelo son:

- **Los minerales**, que provienen de la descomposición de distintos tipos de rocas debido al intemperismo. Constituyen la fase sólida del suelo, la más estable y ampliamente estudiada. Esta fase es altamente heterogénea, compuesta por elementos inorgánicos que conforman la estructura del suelo. La disposición de estas partículas permite la existencia de poros de diferentes tamaños.
- **La materia orgánica**, que resulta de la descomposición de organismos vegetales y animales tras completar su ciclo biológico. Este material es capaz de retener grandes cantidades de agua y contiene minerales esenciales que las plantas aprovechan para su desarrollo.
- **Los microorganismos u organismos diminutos**, que se dividen en dos grupos:
 - a) los encargados de fragmentar los restos orgánicos, como insectos y lombrices.
 - b) aquellos que descomponen la materia y liberan nutrientes, como hongos y bacterias.
- **El agua y el aire**, que ocupan los poros del suelo, los cuales pueden variar en forma y tamaño. La cantidad y distribución de estos poros son fundamentales para la calidad del suelo.

4.4.2. El agua

Zavaleta (1992), indica que el agua, elemento fundamental para la vida, también desempeña un papel dinámico en el suelo. Su efecto en el crecimiento de las plantas depende tanto de la cantidad presente como del tiempo que permanece en el suelo. Un exceso de agua puede generar la pérdida de nutrientes debido al lavado, mientras que, en condiciones de alta evaporación

y escasez de agua, las sales disueltas tienden a acumularse en la capa superficial, alcanzando concentraciones perjudiciales para las plantas. Además, el agua influye en el suelo desde su formación y a lo largo de su desarrollo.

4.4.3. Retención hídrica del suelo

Traxco (2023), menciona que la capacidad de retención hídrica del suelo se define como la cantidad de agua que un suelo puede contener en su capacidad de campo bajo condiciones naturales. Este parámetro es crucial para entender cómo el suelo puede almacenar y liberar agua para las plantas, influenciando directamente el crecimiento y la salud de la vegetación. Factores como la textura del suelo, la estructura y el contenido de materia orgánica afectan esta capacidad, siendo fundamental en la gestión del riego y en la agricultura sostenible.

Zavaleta (1992), menciona que los suelos poseen tanto cargas negativas como positivas. La atracción que ejercen las partículas secas del suelo sobre las moléculas polares del agua se conoce como adhesión. La adsorción del agua en forma de una película compuesta por múltiples moléculas sobre las partículas sólidas recibe el nombre de agua de adhesión. Este proceso reduce el movimiento de las moléculas de agua, disminuye su energía y libera calor, lo que provoca una transformación del agua a un nivel energético inferior. El agua de adhesión no está disponible para las plantas y solo puede ser eliminada al secar el suelo en una estufa; por ello, se clasifica como agua higroscópica. Más allá de la zona de atracción de las partículas sólidas, las moléculas de agua se atraen entre sí, formando una película líquida continua alrededor de las partículas del suelo y dentro de los microporos, debido a la tensión superficial. Este tipo de agua se denomina agua de cohesión. El agua contenida en los microporos y aproximadamente los dos tercios externos de la película de cohesión se consideran agua capilar, la cual es accesible para las plantas y puede ser absorbida por sus raíces.

4.4.3.1.El agua en el suelo

Pachéz (2019), indica que el suelo es un sistema poroso formado de infinidad de partículas sólidas y agregados de diferentes tamaños y composición química. Entre estas partículas del suelo van apareciendo espacios vacíos (poros) que son ocupados por agua o por aire. Estos espacios presentan mucha variabilidad en cuanto a tamaño y forma; el rango de tamaño de poros varía desde diámetros inferiores a 0.0002 mm (microporos) hasta 50 mm (macroporos). Cuando estos poros son ocupados por agua ésta no aparece siempre de la misma forma ni presenta la misma disponibilidad para las plantas. Por ello se habla de diversos tipos de agua en el suelo en función de su utilidad.

4.4.3.2.Movimiento del agua en el suelo

Ortiz & Ortiz (1990), menciona que el desplazamiento del agua dentro del suelo está determinado por la gravedad, la acción capilar y los cambios de temperatura. La influencia gravitatoria es más notoria cuando hay una gran cantidad de agua y los poros del suelo están casi completamente ocupados por la fase líquida. En este estado, el suelo se considera saturado y el movimiento del agua recibe el nombre de flujo saturado, aunque aún puedan quedar bolsas de aire atrapadas. El movimiento del agua también puede producirse debido a diferencias de temperatura, un fenómeno que requiere un flujo de aire constante. En este caso, el agua se evapora en las zonas más cálidas, atraviesa los poros del suelo y se condensa en las áreas más frías. Este proceso, conocido como transporte de vapor, es relativamente lento, pero puede acelerarse en suelos secos. Por otro lado, el movimiento capilar se debe a un gradiente de tensión generado por la atracción entre las moléculas de agua y la superficie de las partículas del suelo (adhesión) y la interacción entre las propias moléculas de agua (cohesión). La fuerza que regula este fenómeno se conoce como tensión de la humedad del suelo.

4.4.3.3. Clases de agua en el suelo

4.4.3.3.1. Agua de gravedad o libre

Aguilera C.M. y Martínez E.R. (1980), indica que se denomina agua gravitacional a aquella que se desplaza a través del perfil del suelo impulsada por la acción de la gravedad. Cuando los poros del suelo se encuentran completamente ocupados por agua, se considera que este alcanza un estado de saturación máxima en su capacidad de retención. En estas condiciones, la película de agua que rodea a las partículas del suelo incrementa su grosor hasta que las fuerzas de cohesión que la mantienen unida son superadas por la gravedad, lo que ocasiona su infiltración. Este tipo de agua abandona rápidamente la zona radicular de los cultivos, siendo su drenaje más veloz en suelos arenosos en comparación con los de textura arcillosa.

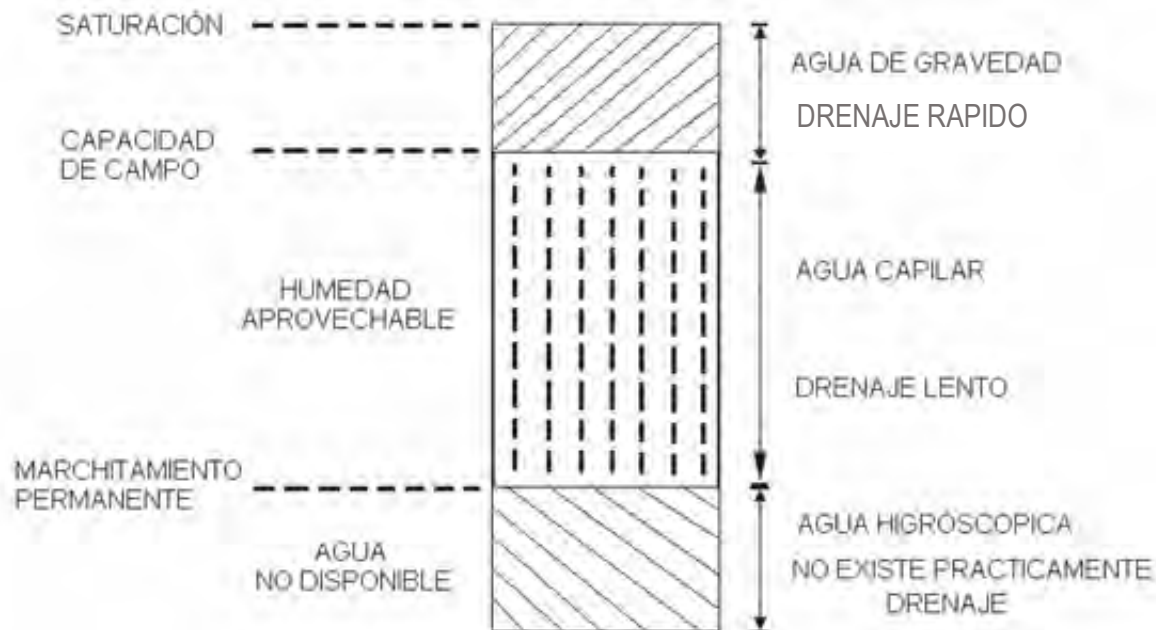
4.4.3.3.2. Agua capilar

Aguilera C.M. y Martínez E.R. (1980), indica que el agua capilar corresponde al porcentaje de humedad que permanece en los poros del suelo y que se desplaza gracias a las fuerzas de capilaridad. Una vez que cesa el riego o el aporte de agua en la superficie, esta continúa distribuyéndose entre los poros durante varios días, hasta que el exceso gravitacional se ha filtrado. En ese proceso, los poros vuelven a llenarse de aire mientras el agua retenida sigue movilizándose por acción capilar. Esta fracción de agua es utilizable por las plantas y se define como la diferencia existente entre la humedad a capacidad de campo y la humedad en el punto de marchitez permanente.

4.4.3.3. Agua higroscópica

Aguilera C.M. y Martínez E.R. (1980), señalan que el agua higroscópica corresponde a la fracción de humedad que permanece fuertemente adherida a las partículas del suelo, perdiendo su condición líquida y desplazándose únicamente en forma de vapor. Es importante precisar que este tipo de agua no puede ser utilizada por las plantas, razón por la cual también se le denomina agua no disponible.

Figura N°. 4
Clasificación del agua



Fuente: Thorne, D.W. y Peterson, H.B (1980)

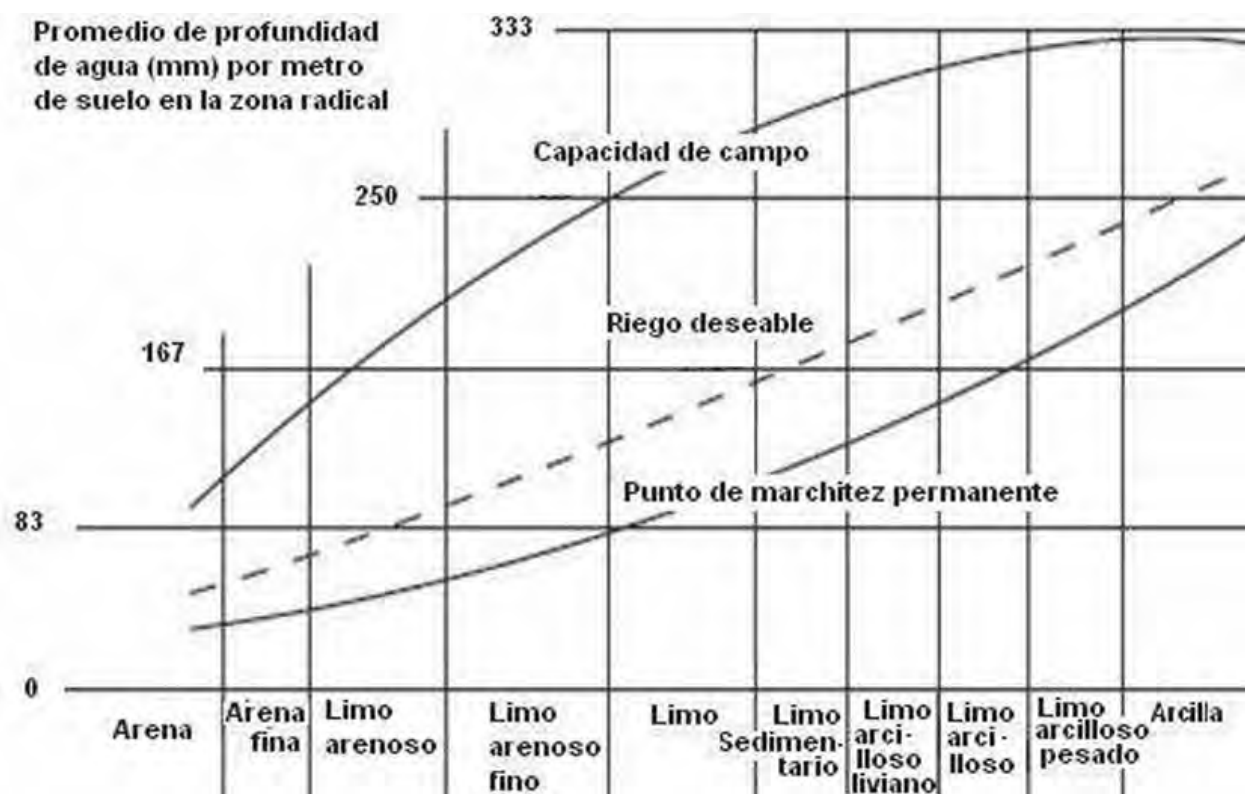
4.4.3.4. Relación entre textura de suelo y el contenido de humedad

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2006), indica que la cantidad máxima de agua que un suelo puede almacenar y poner a disposición de las plantas depende de factores intrínsecos como la textura, el contenido de materia orgánica, la estructura y la profundidad efectiva de las raíces, entre otros. En términos generales, los suelos de

textura franca presentan la mayor capacidad de retención de agua disponible, mientras que los arenosos muestran una disponibilidad limitada. Los suelos orgánicos y aquellos de textura franca con elevados contenidos de arena muy fina y sedimentos suelen registrar la más alta capacidad de agua disponible; en cambio, los suelos arcillosos poseen valores intermedios y los de arena gruesa presentan la menor capacidad.

Figura N°. 5

Relaciones entre la textura del suelo y el contenido de humedad



Fuente: Smith, G.D. y Ruhe, R.V. (1955)

4.4.3.5.Importancia de la porosidad sobre el suelo

Hernández (2008), señala que el análisis de la porosidad del suelo reviste una importancia fundamental, ya que está estrechamente ligado a su función como medio a través del cual se produce el flujo de agua, aire, solutos y alberga tanto microorganismos como macroorganismos,

proporcionando así un ambiente propicio para la rizosfera. Los poros, concebidos como un sistema de sólidos y espacios vacíos, se clasifican generalmente en poros macroscópicos y poros microscópicos. Los primeros, de dimensiones notables, suelen contener aire y permiten el paso rápido del agua, impulsada por la gravedad, por otro lado, los poros microscópicos están predominantemente ocupados por agua retenida debido a fuerzas capilares.

Hernández (2008), menciona que la alta porosidad del suelo indica la presencia de un buen sitio para el crecimiento vegetal, siendo este un factor relevante al comparar suelos similares en otras características. La distribución de la vegetación y las decisiones relacionadas con el manejo del suelo se ven influidas por su porosidad. La relación entre la capacidad de retención y movimiento del agua en el suelo con la porosidad es evidente y crucial. Sin embargo, no solo la cantidad total de poros en el suelo determina su comportamiento hídrico, sino también, y en muchos casos de manera predominante, las características específicas del sistema poral en términos de forma, tamaño y distribución. Desde la perspectiva agronómica, la distribución del tamaño de los poros no solo afecta la cantidad de agua que el suelo puede retener, sino que también regula la energía con la que el agua está retenida y su movimiento hacia la planta, la atmósfera y otras zonas del suelo. Estos procesos están regulados por las diferencias en los estados de energía dentro del sistema poral. En consecuencia, comprender la porosidad del suelo y sus implicaciones es esencial para optimizar la gestión de recursos hídricos y promover un desarrollo agrícola sostenible.

4.4.4. Humedad del suelo

Benites (2001), señala que la capacidad de un suelo para almacenar agua depende directamente de la cantidad de poros que posee, así como de la proporción y tamaño de sus partículas. En este sentido, los suelos de textura arenosa permiten un drenaje rápido, los de textura

limosa presentan una capacidad de retención intermedia y los arcillosos destacan por su elevada eficiencia para retener agua.

4.4.4.1.Humedad aprovechable

Ramírez, Camacho y Delgado (2014), definen la humedad aprovechable como un indicador que permite evaluar las condiciones que brinda el suelo para el establecimiento y desarrollo de los cultivos, además de orientar la elección del sistema de riego más adecuado según su magnitud. Este parámetro se determina a partir de la diferencia existente entre la capacidad de campo y el punto de marchitez.

- **Capacidad de campo**

Hillel (1998), define la capacidad de campo como la máxima cantidad de agua que un suelo bien drenado puede retener después de que el exceso gravitacional ha sido eliminado, generalmente entre 24 y 72 horas posteriores a un riego o precipitación abundante. Este valor depende principalmente de la textura, estructura y contenido de materia orgánica del suelo, y representa la condición de máxima disponibilidad de agua para las plantas sin problemas de saturación.

Ladrón de Guevara (2021), indica que para determinar el valor de capacidad de campo se tiene la siguiente formula:

$$CC= 0.48 Ac + 0.162 Li + 0.023 Ar + 2.62$$

Donde:

CC: Capacidad de campo

Ac: Contenido de arcilla

Li: Contenido de limo

Ar: Contenido de arena

- **Punto de marchitez permanente**

Richards & Weaver (1944) menciona que el punto de marchitez permanente corresponde al contenido de humedad del suelo en el cual las plantas ya no pueden extraer suficiente agua para mantener su turgencia, aun cuando el suelo aún contenga cierta cantidad de humedad. A este nivel, el agua está retenida con fuerzas superiores a la capacidad de absorción de las raíces, por lo que se considera agua no disponible para las plantas.

Ladrón de Guevara (2021), indica que para determinar el valor de punto de marchitez permanente se tiene la siguiente formula:

$$\text{PMP} = 0.302 \text{ Ac} + 0.102 \text{ Li} + 0.0147 \text{ Ar}$$

Donde:

PMP: Punto de marchitez permanente

Ac: Contenido de arcilla

Li: Contenido de limo

Ar: Contenido de arena

4.4.4.2. Medición del contenido de humedad

Olalla, López y Calera (2005), menciona que la medición de la humedad del suelo es un aspecto fundamental en la gestión agrícola, ya que permite optimizar el uso del agua, mejorar la eficiencia de los sistemas de riego y garantizar un adecuado desarrollo de los cultivos. En este

contexto, los sensores electrónicos modernos representan una alternativa confiable frente a los métodos tradicionales de determinación de humedad gravimétrica o tensiométrica

Olalla, López y Calera (2005), señala que la aplicación de tecnologías de monitoreo, como los sensores electrónicos, ha cobrado relevancia frente a los métodos tradicionales de laboratorio, que, aunque son precisos, resultan poco prácticos para el trabajo en campo debido a su carácter destructivo y a los tiempos prolongados de procesamiento

a) Método directo o gravimétrico

Olalla, López y Calera (2005), explican que este procedimiento se basa en extraer muestras de suelo, registrando inicialmente su peso, para luego someterlas a un proceso de secado en estufa hasta alcanzar un peso constante, momento en el cual se realiza un nuevo pesaje. Con el fin de asegurar la precisión de los resultados, la desecación debe efectuarse en rangos de temperatura donde las variaciones sean mínimas. En el caso de suelos con un contenido moderado de materia orgánica, el intervalo recomendado se encuentra entre 105 °C y 110 °C.

b) Método indirecto

- **Tensiómetro**

Moratiel (2017), señala que los tensiómetros son instrumentos que permiten estimar de forma indirecta la humedad del suelo. Estos dispositivos consisten en un tubo impermeable al agua, provisto en un extremo de una cápsula porosa de porcelana y en el otro de un vacuómetro o medidor de vacío. Su principal aplicación es en la programación del riego, ya que ofrecen un rango de valores que refleja la disponibilidad de agua para las raíces. Generalmente, sus lecturas oscilan entre 0 y -85 kPa. De acuerdo con el manual IRROMETER para riego localizado, la instalación de estos equipos se realiza junto a la planta, en la zona expuesta al sol y sobre la línea de goteo.

- **Sensor de humedad del suelo ML3 ThetaProbe**

Delta-T Devices (2019), señala que el ML3 ThetaProbe es un sensor diseñado para realizar mediciones directas del contenido volumétrico de agua en el suelo. Su principio de funcionamiento consiste en generar un campo electromagnético alrededor de sus electrodos, de tal manera que la permitividad dieléctrica del suelo directamente relacionada con el contenido de agua modifique la señal eléctrica registrada por el equipo (Delta-T Devices, 2019).

Delta-T Devices (2019), indica que entre sus principales características destacan:

- Alta precisión y estabilidad en lecturas en diferentes texturas de suelos.
- Respuesta confiable en suelos con elevada salinidad, con tolerancia de hasta $2000 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$.
- Resistencia estructural y protección ambiental IP68, lo que le permite ser enterrado y operar en condiciones adversas.
- Amplio rango de temperatura de operación, hasta -40°C en cables no flexibles.
- Incorporación de un sensor de termistor, lo que permite simultáneamente medir la temperatura del suelo, variable clave para la interpretación de datos de humedad y dinámica de agua.

Medidor portátil HH2 Moisture Meter

Delta-T Devices (2019), menciona que el HH2 Moisture Meter es un dispositivo portátil compatible con el ML3 ThetaProbe, diseñado para facilitar la lectura inmediata de datos en campo. Este equipo permite:

- Conexión directa con el sensor para obtener lecturas instantáneas.
- Almacenamiento y transferencia de datos a sistemas de gestión y análisis.

- Aplicación en diferentes contextos, desde agricultura de precisión hasta investigación científica en edafología e hidrología.

Delta-T Devices (2019), menciona que la combinación de ambos dispositivos ofrece una herramienta integral que supera la limitación de los métodos tradicionales, ya que posibilita mediciones rápidas de humedad del suelo, no destructivas y repetibles, convirtiéndose en un aliado esencial en la programación eficiente de riegos.

Aplicaciones del ML3 + HH2 en la agricultura

Delta-T Devices (2019), señala que la integración del ML3 con el HH2 contribuye a:

- Programación de riegos: optimizando la frecuencia y la cantidad de agua aplicada según el contenido real de humedad en el suelo.
- Manejo sostenible del agua: evitando pérdidas por lixiviación y reduciendo riesgos de salinización.
- Monitoreo de cultivos en tiempo real: facilitando decisiones rápidas para mejorar la productividad.

Figura N°. 6

Sensor de humedad del suelo ML3 ThetaProbe con medidor de humedad del suelo HH2



Fuente: Delta-T Devices (2019)

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo y nivel de investigación

5.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo explicativo, porque busca determinar la relación causal entre la aplicación de 3 dosis de Hidrosorb sobre la capacidad de retención hídrica del suelo y el rendimiento del cultivo de brócoli.

5.1.2. Nivel de investigación

El trabajo de investigación es aplicado, porque busca generar soluciones prácticas a una problemática concreta: optimizar la retención de agua del suelo y mejorar el rendimiento del cultivo de brócoli.

5.2. Ubicación del campo experimental

5.2.1. Ubicación Espacial

Figura N°. 7

Ubicación del campo experimental



El estudio se realizó en el potrero C-2, que forma parte del área experimental del Grupo de Estudios en Ingeniería del Riego (GEIR) de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), ubicado en K'ayra, San Jerónimo, Cusco.

5.2.2. Ubicación Política

- **Región** : Cusco
- **Provincia** : Cusco
- **Distrito** : San Jerónimo
- **Localidad** : K'ayra

5.2.3. Ubicación Geográfica

- **Latitud sur** : 13°33'24"
- **Longitud oeste** : 71°52'30"
- **Altitud** : 3,219 m.

5.2.4. Ubicación Hidrográfica

- **Cuenca** : Vilcanota
- **Sub cuenca** : Huatanay
- **Micro cuenca** : Huanacaure

5.2.5. Ubicación Ecológica

Holdridge (1967), de acuerdo con la clasificación de zonas de vida el Centro Agronómico K'ayra se ubica en la categoría de **Bosque seco – Montano Bajo Subtropical (bs-MBS)**.

5.2.6. Ubicación Temporal

El presente trabajo de investigación se realizó desde febrero del 2023 a julio del 2023.

5.3. Materiales

5.3.1. Material vegetativo

El material vegetativo utilizado en la presente investigación estuvo constituido por 720 semillas de brócoli híbrido Imperial (*Brassica oleracea L. var. italica*), variedad de hábito de crecimiento uniforme, ciclo intermedio y alta adaptabilidad a condiciones de clima templado-frío. Las semillas empleadas fueron semillas certificadas, con alto poder germinativo, superior al 85 %, conforme a las especificaciones técnicas del proveedor. La procedencia del material vegetativo corresponde a semillas producidas por la empresa SAKATA Seed Corporation, reconocida internacionalmente por la calidad genética de sus semillas hortícolas. Las semillas fueron adquiridas en la Agro Veterinaria Belén, establecimiento comercial especializado en insumos agrícolas, ubicado en la calle Tres Cruces de Oro, distrito de Santiago, provincia y región Cusco, garantizando la trazabilidad y autenticidad del material utilizado en la investigación.

Fotografía N°. 1

Semilla de brócoli híbrido Imperial



5.3.2. Insumos

- Semilla de brócoli híbrido Imperial
- Hidrogel agrícola (Hidrosorb)
- Urea 46 % de N
- Fosfato di amónico

5.3.3. Material de campo

- Manguera para riego de 1 pulgada
- Manguera p.e 25 mm x 100 mts c-4 pn10 esp. 2mm
- Acometida 16mm poesan
- Válvula ramal 16 x 16 mm escamado
- Manguera p.e 16 mm x 500 mts polimag
- Codo p.e 16 mm escamado
- Tee p.e 16 x 16 x 16 escamado
- Unión p.e cinta manguera 16 mm
- Tapón p.e para cinta
- Cinta de goteo c/40 cm clase 16 mil
- Tapón 25 mm
- Válvula p.e 25 x 25 azul
- Letreros de señalización

5.3.4. Herramientas

- Wincha 5 metros
- Cinta métrica 100 metros
- Kituchi
- Pico
- Lampa

- Hoz dentado
- Saca bocado
- Hoja de sierra

5.3.5. Equipos de campo

- Mochila de pulverización de 15 l
- Balanza de precisión
- Bascula gramera
- Cámara fotográfica
- Vernier electrónico
- Sensor de humedad del suelo ML3 ThetaProbe

5.4. Metodología

5.4.1. Diseño experimental

Para el trabajo de investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 4 tratamientos incluyendo el testigo y 4 repeticiones siendo un total de 16 unidades experimentales.

5.4.2. Características del campo experimental

5.4.2.1. Dimensiones del campo experimental

Largo	: 36.8 m.
Ancho	: 9 m
Área total	: 331.2 m^2

5.4.2.2. Número y dimensiones de los bloques

Numero de bloques	: 4
Largo de los bloques	: 6 m.

Ancho de los bloques	: 7.7 m
Distanciamiento entre bloques	: 1 m
Área de cada bloque	: 46.2 m^2

5.4.2.3. Número y distanciamiento de plantas

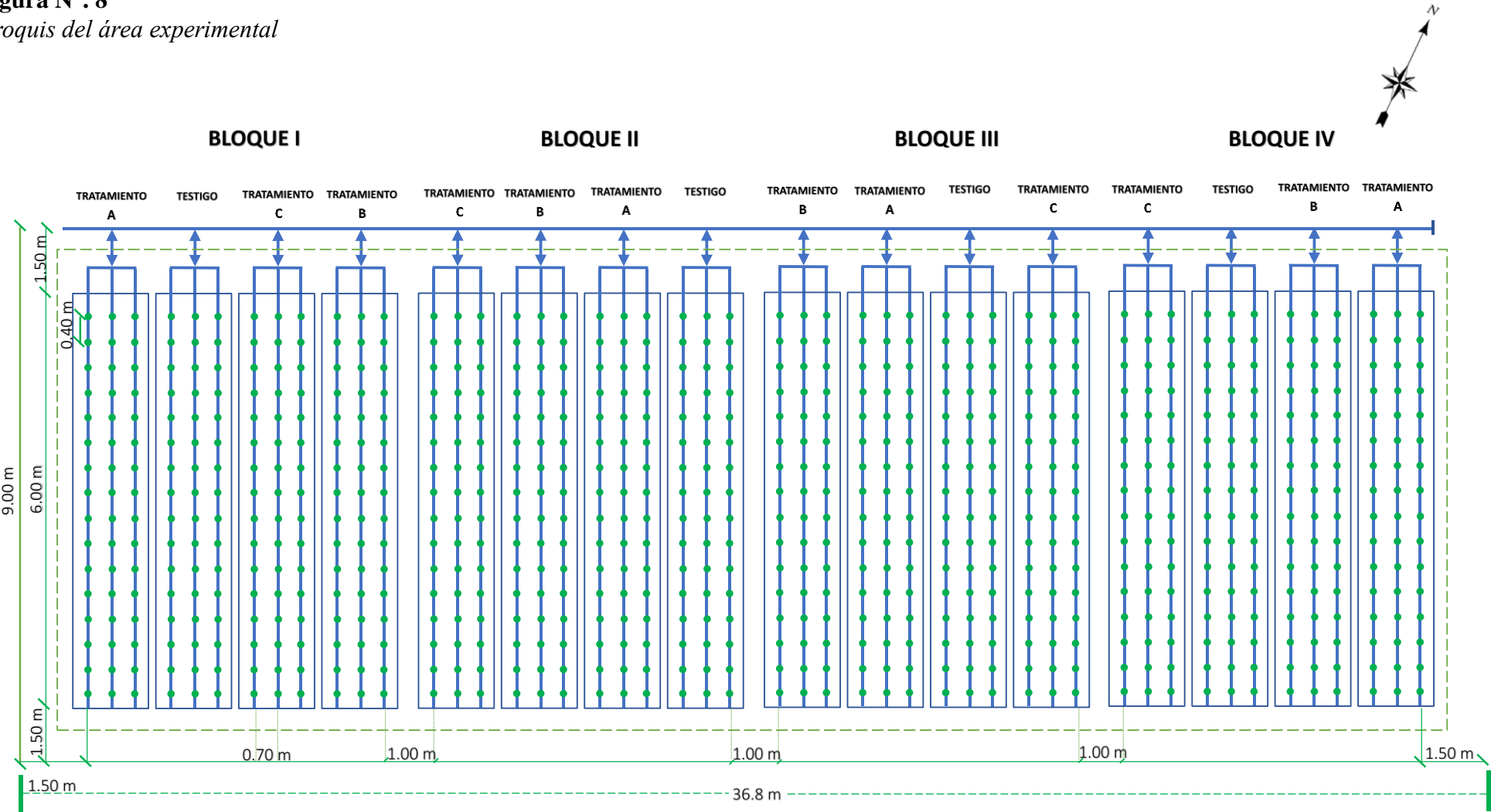
Distanciamiento entre plantas	:0.40 m.
Distanciamiento entre líneas	:0.70 m.
Numero de golpes por línea	:15
Número de líneas por unidad experimental	: 3
Numero de golpes por unidad experimental	: 45
Numero de golpes por tratamiento	:180
Numero de bloques	: 4
Numero de repeticiones	: 4
Numero de tratamientos	: 4
Número total de plantas	: 720

5.4.2.4. Factores

Factor A

- a1: Dosis alta de Hidrosorb (2.2 g/planta)
- a2: Dosis media de Hidrosorb (1.7 g/planta)
- a3: Dosis alta de Hidrosorb (1.12 g/planta)
- a4: Testigo (no se aplicó Hidrosorb)

Figura N°. 8
Croquis del área experimental



LEYENDA:
TRATAMIENTO A: DOSIS BAJA DE HIDROGEL (1.12 gr/planta)
TRATAMIENTO B: DOSIS MEDIA DE HIDROGEL (1.7 gr/planta)
TRATAMIENTO C: DOSIS ALTA DE HIDROGEL (2.2 gr/planta)
TESTIGO: SIN APLICACIÓN DE HIDROGEL

5.4.3. Conducción del trabajo de investigación

5.4.3.1. Almacigado

Se realizó el 01 de febrero del 2023 en bandejas de propagación. Se utilizó el sustrato rico con materia orgánica y la humedad adecuada para favorecer la germinación.

Fotografía N°. 2

Plántulas de brócoli en bandeja de propagación



5.4.3.2. Riego a las plántulas de almacigo

Se realizó posterior a la siembra, se aplicó riegos diarios con una regadora manual para de mantener la humedad del sustrato a capacidad de campo hasta el día del trasplante en campo definitivo.

5.4.3.3. Endurecimiento de las plántulas

Esta labor se realizó una semana antes del trasplante y consistió en someter las plántulas a condiciones climáticas de campo definitivo, exposición a luz solar directa por más tiempo, aumento de ventilación, frecuencia de riego más prolongados, etc. con el objetivo de que las plántulas estén con mayor vigor y resistencia al momento del trasplante.

5.4.3.4. Determinación del área experimental

El área que se utilizó para el presente estudio de investigación fue de 331.2 m^2 del potrero C-2, en el área experimental del Grupo de Estudios en Ingeniería del Riego (GEIR) de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

5.4.3.5. Muestreo de suelo

Para la recolección de muestras de suelo, se empleó el método manual, seleccionando cinco puntos de muestreo distribuidos en una trayectoria en forma de zigzag. Utilizando una pala, se realizó cortes en forma de V a una profundidad aproximada de 25 cm para obtener las submuestras. Estas se mezclaron de manera homogénea, y de esta mezcla se extrajo un kilogramo de suelo que fue enviado para el análisis al laboratorio de química de Valle Grande San Vicente de Cañete, ubicado en la capital Lima-Perú.

Fotografía N°. 3

Extracción de muestras del suelo



5.4.3.6. Análisis de suelo

Resultados proporcionados por el laboratorio de química agrícola de Valle Grande, se tiene:

Tabla N°.1

Análisis del suelo

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD
TEXTURA		
Arena	34.00	%
Limo	33.67	%
Arcilla	32.33	%
CLASE TEXTURAL	FRANCO ARCILLOSO	
Carbonato de calcio total	2.13	%
Conductividad electrica (e.s) a 25°C	2.80	dS/m
pH (1/1) A TEMP 27.4 °C	7.56	
Fosforo disponible	27.40	ppm
Materia orgánica	2.93	%
Densidad aparente	1.29	g/cm ³
Potasio disponible	130.60	ppm
CATIONES CAMBIABLES		
Calcio	21.43	mEq / 100g
Magnesio	1.02	mEq / 100g
Sodio	0.71	mEq / 100g
Potasio disponible	0.33	mEq / 100g
P.S.I	3.04	%
C.I.C.E	23.49	mEq / 100g
MICRONUTRIENTES DISPONIBLES		
Cobre	2.72	ppm
Zinc	1.31	ppm
Magnesio	28.48	ppm
Hierro	18.66	ppm
Boro	0.45	ppm

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola “Valle grande”- Lima

La muestra de suelo analizada indica que el suelo es franco arcilloso, equilibrado para retener agua y permitir aireación. Presenta una densidad aparente moderada (1.29 g/cm³) que puede limitar ligeramente la infiltración, y una materia orgánica algo baja (2.93 %), por lo que conviene enriquecerlo. Su pH de 7.56 es levemente alcalino, adecuado para el brócoli.

La conductividad eléctrica de 2.8 dS/m indica una salinidad que debe vigilarse para evitar efectos en el cultivo. Los micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe y B) están en niveles apropiados para el crecimiento, y la capacidad de intercambio catiónico de 23.49 mEq/100 g revela buena habilidad para retener nutrientes, favorable para el desarrollo del brócoli.

5.4.3.7. Análisis de agua

Se extrajo una muestra de 2 litros de la captación del manante Intipata ubicada en el centro agronómico de K'ayra, San Jerónimo-Cusco y fue almacenada en un recipiente de vidrio previamente esterilizado, debidamente etiquetado y llevado al laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la UNSAAC.

Tabla N°. 2

Análisis físicoquímico de agua

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
pH		7.7
C.E	uS/cm	628,00
Dureza	ppmCaCO ₃	312,00
Calcio	ppm	106,40
Magnesio	ppm	9,20
Sodio	ppm	5,00
Potasio	ppm	1,80
Cloruros	ppm	8,75
Sulfatos	ppm	186,20
Bicarbonatos	ppm	136,00
Carbonatos	ppm	0
Hierro	ppm	0,14
Boro	ppm	0,04
Sales solubles total	ppm	592,70

Fuente: Laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la UNSAAC.

El agua analizada presenta condiciones adecuadas para uso agrícola. El pH es ligeramente alcalino, dentro del rango óptimo para cultivos como el brócoli. La conductividad eléctrica (628 $\mu\text{S}/\text{cm}$) refleja un nivel moderado de sales, sin riesgo inmediato para las plantas. La dureza (312 ppm) indica presencia importante de calcio, que a largo plazo podría afectar la estructura del suelo. Los minerales como magnesio (106.40 ppm) y potasio (9.20 ppm) resultan beneficiosos, mientras que el sodio (5.00 ppm) se mantiene en niveles bajos y favorables. Los sulfatos (8.75 ppm) y cloruros (186.20 ppm) se encuentran en rangos aceptables, aunque el exceso de cloruros podría limitar la absorción de nutrientes. Finalmente, las sales solubles totales (592.7 ppm) confirman una salinidad moderada, que requiere un manejo adecuado para prevenir riesgos de salinización del suelo.

5.4.3.8. Determinación y cálculo de la dosificación de Hidrosorb

El Hidrogel que se utilizó en esta investigación fue el Hidrosorb, la dosis a aplicar se realizó de acuerdo con las recomendaciones técnicas de la propia empresa del mismo nombre “Hidrosorb”. Este hidrogel está especialmente formulado para uso agrícola, ya que mejora la eficiencia del riego, mejora la retención de agua en el suelo y favorece un mejor desarrollo de las plantas.

Dosis de Hidrosorb

DOSIS (Kg/Ha)	BAJA	MEDIA	ALTA
HIDROSORB	40 kg/Ha	60 kg/Ha	80 kg/Ha

Fuente: Hidrosorb (2019)

El requerimiento de Hidrosorb se calculó para cada tratamiento y planta, teniendo en cuenta la dosis expresada en ton/ha de Hidrosorb, motivo por el cual se realizó los cálculos de la siguiente manera:

Cálculo de cantidad de plántulas de brócoli por hectárea.

$$\frac{10,000m^2}{0.40m \times 0.70m} = \frac{10,000m^2}{0.28m^2} = 35,714 \text{ plantas por } 1.0 \text{ hectarea}$$

Densidad de plantas por m²

Distanciamiento:

$$0.40 \text{ m} \times 0.70 \text{ m} = \mathbf{0.28 \text{ m}^2/\text{planta}}$$

Plantas por m²:

$$1 / 0.28 = \mathbf{3.57 \text{ plantas/m}^2}$$

Dosis de aplicación por m²

- **Dosis baja: 40 kg/ha**

$$40 \text{ kg} / 10,000 \text{ m}^2 = 0.004 \text{ kg/m}^2$$

$$0.004 \text{ kg} = \mathbf{4 \text{ g/m}^2, \text{equivalente a } 1.12 \text{ g/planta}}$$

- **Dosis media: 60 kg/ha**

$$60 \text{ kg} / 10,000 \text{ m}^2 = 0.006 \text{ kg/m}^2$$

$$0.006 \text{ kg} = \mathbf{6 \text{ g/m}^2, \text{equivalente a } 1.7 \text{ g/planta}}$$

- **Dosis alta: 80 kg/ha**

$$80 \text{ kg} / 10,000 \text{ m}^2 = 0.008 \text{ kg/m}^2$$

$$0.008 \text{ kg} = \mathbf{8 \text{ g/m}^2, \text{equivalente a } 2.2 \text{ g/planta}}$$

La dosificación del Hidrosorb en gramos por planta se emplea debido a que la planta constituye la unidad experimental, permitiendo una aplicación precisa y homogénea del polímero en la zona radicular, lo que reduce la variabilidad experimental y posibilita una

evaluación confiable de su efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo. En ese entender se tiene:

• **Cálculo de Hidrosorb dosis baja 40 kg/hectárea:**

$$\frac{35,714 \text{ plantas}}{180 \text{ plantas}} \frac{40 \text{ kg}}{x} = \frac{180 \text{ plantas} \times 40 \text{ kg}}{35,714 \text{ plantas}} = \frac{7,200}{35,714} = 0.2016 \text{ kg}$$

Cálculo de Hidrosorb dosis baja gr/planta

$$\frac{1 \text{ kg}}{0.2016 \text{ kg}} \frac{1,000 \text{ g}}{x} = \frac{0.2016 \text{ kg} \times 1,000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 201.6 \text{ g}$$

$$\frac{180 \text{ plantas}}{1 \text{ planta}} \frac{201.6 \text{ g}}{x} = \frac{1 \text{ planta} \times 201.6 \text{ g}}{180 \text{ plantas}} = 1.12 \text{ g/planta}$$

• **Cálculo de Hidrosorb dosis media 60 kg/hectárea:**

$$\frac{35,714 \text{ plantas}}{180 \text{ plantas}} \frac{60 \text{ kg}}{x} = \frac{180 \text{ plantas} \times 60 \text{ kg}}{35,714 \text{ plantas}} = \frac{10,800}{35,714} = 0.3024 \text{ kg}$$

Cálculo de Hidrosorb dosis media gr/planta

$$\frac{1 \text{ kg}}{0.3024 \text{ kg}} \frac{1,000 \text{ g}}{x} = \frac{0.3024 \text{ kg} \times 1,000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 302.4 \text{ g}$$

$$\frac{180 \text{ plantas}}{1 \text{ planta}} \frac{302.4 \text{ g}}{x} = \frac{1 \text{ planta} \times 302.4 \text{ g}}{180 \text{ plantas}} = 1.7 \text{ g/planta}$$

• **Cálculo de Hidrosorb dosis alta 80 kg/hectárea:**

$$\frac{35,714 \text{ plantas}}{180 \text{ plantas}} \frac{80 \text{ kg}}{x} = \frac{180 \text{ plantas} \times 80 \text{ kg}}{35,714 \text{ plantas}} = \frac{14,400}{35,714} = 0.4032 \text{ kg}$$

Cálculo de Hidrosorb dosis alta gr/planta

$$\frac{1 \text{ kg}}{0.4032 \text{ kg}} \frac{1,000 \text{ g}}{x} = \frac{0.4032 \text{ kg} \times 1,000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 403.2 \text{ g}$$

$$\frac{180 \text{ plantas}}{1 \text{ planta}} \frac{403.2 \text{ g}}{x} = \frac{1 \text{ planta} \times 403.2 \text{ g}}{180 \text{ plantas}} = 2.2 \text{ g/planta}$$

5.4.3.9. Cálculo de planilla de manejo de riego

La humedad del suelo se determinó a través de un sensor digital de humedad. Sin embargo, y para tener un mejor control de las frecuencias de riego, se utilizó la siguiente planilla de riego:

Figura N° 9

Planilla de cálculo y manejo de riego para el testigo

PLANILLA DE CALCULO Y MANEJO DE RIEGO- CAMPAÑA 2023														
REGION:	CUSCO		Ln PARA LLEGAR A CC:	47.99	AREA DEL TERRENO (Ha)	0.02							DATOS DE LABORATORIO	
PROVINCIA:	CUSCO		Ln(Fin):	21.60	CULTIVO	BROCOLI							CC	24.33
DISTRITO:	SAN JERONIMO		SISTEMA DE RIEGO:	GOTEO	VARIEDAD	IMPERIAL							PMP	13.7
COMUNIDAD CAMPESINA:	GRANJA KAYRA		EFICIENCIA (%):	0.9	RESPONSABLE	DIEGO TALAVERANO							Da	1.29
SECTOR:	POTRERO DE RIEGO		FECHA DE TRANSPLANT	15/03/2023	f	0.45							z	35
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DDS	FECHA	V(m/s)	HR%	Kp	Evaporación (mm)	Eto	Kc	Etc (mm)	REPOSICION DE AGUA DE RIEGO			CONSUMO DE AGUA		TIEMPO DE RIEGO
									Pp	Nec. Netas (mm)	Nec. Totales (mm)	C.C.	Descenso tolerable	
18	15/03/2023	2.0	74.9	0.70	2.1	1.47	0.7	1.03	1.4			47.99	48.37	
19	16/03/2023	2.0	74.9	0.70	1.2	0.84	0.7	0.59	0			48.37	47.78	
20	17/03/2023	1.3	75.8	0.80	3.2	2.56	0.7	1.79	0			47.78	45.99	
21	18/03/2023	0.0	78.8	0.80	3.5	2.80	0.7	1.96	4.8			45.99	48.83	
22	19/03/2023	0.0	88.1	0.80	1.0	0.80	0.7	0.56	7.9			48.83	56.17	
23	20/03/2023	0.0	77.1	0.80	2.2	1.76	0.7	1.23	2.7			56.17	57.63	
24	21/03/2023	0.0	81	0.80	0.7	0.56	0.7	0.39	1.9			57.63	59.14	
25	22/03/2023	0.0	90.6	0.80	0.4	0.32	0.7	0.22	4.9			59.14	63.82	
26	23/03/2023	2.0	73.1	0.70	2.5	1.75	0.7	1.23	0.8			63.82	63.39	
27	24/03/2023	0.0	80.8	0.80	0.3	0.24	0.7	0.17	4.1			63.39	67.32	
28	25/03/2023	0.0	86.9	0.80	1.0	0.80	0.7	0.56	0			67.32	66.76	
29	26/03/2023	2.0	80.7	0.70	0.9	0.63	0.7	0.44	0			66.76	66.32	
30	27/03/2023	1.3	73.1	0.80	2.5	2.00	0.7	1.40	0			66.32	64.92	

Fuente: Baca (2013)

5.4.3.10. Preparación del terreno

La labor de preparación del terreno se realizó el 15 de febrero de 2023 utilizando tractor agrícola con arado de discos y rastra. Esta labor resultó fundamental para controlar las malezas y, al mismo tiempo, favorecer la exposición y eliminación de plagas presentes en el suelo, tales como huevos, larvas y pupas, reduciendo así su incidencia en el cultivo.

5.4.3.11. Trazo y replanteo del campo experimental

El trazo y replanteo del campo experimental se realizó el 13 de marzo de 2023. Para esta actividad se emplearon estacas, letreros, cordel y yeso. Para delimitar las unidades experimentales.

Fotografía N°. 4

Señalización de las unidades experimentales



5.4.3.12. Instalación del sistema de riego por goteo

El 14 de marzo se realizó la instalación del sistema de riego por goteo para asegurar el suministro de agua en la zona radicular de las plantas, optimizando el uso y reduciendo pérdidas. La red de irrigación se estructuró con una válvula maestra de control, tuberías de polietileno (HDPE) de $\frac{3}{4}$ " y válvulas independientes por tratamiento, lo que permitió un manejo preciso del flujo de agua. Finalmente, se colocaron cintas de goteo clase 1500 de $\frac{5}{8}$ ", de 6 m de longitud y emisores cada 40 cm, garantizando una distribución uniforme en las parcelas experimentales.

Fotografía N°. 5

Sistema de riego por goteo instalado en la parcela



5.4.3.12.1. Prueba de uniformidad del sistema de riego por goteo

La pluviometría del sistema de riego por goteo se determinó a partir del caudal promedio de los emisores y del área húmeda cubierta por el sistema, permitiendo estimar la lámina de agua aplicada de manera uniforme sobre la superficie del suelo. Este cálculo es fundamental para evaluar la eficiencia del riego y su relación con las necesidades hídricas del cultivo de brócoli.

Para evaluar la calidad del riego, se realizó la prueba de uniformidad del sistema de riego por goteo, mediante la determinación del Coeficiente de Uniformidad (CU), el cual expresa el grado de homogeneidad en la distribución del agua aplicada por los goteros en el área experimental. El coeficiente de uniformidad se calculó utilizando la siguiente expresión:

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

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%.

En la evaluación de campo se obtuvo un caudal promedio del 25 % de los emisores con menor descarga de 0,0685 L/h, y un caudal promedio total de 0,074906 L/h, obteniéndose:

$$CU = \frac{0,0685}{0,074906} \times 100$$

$$CU = 0.914479 \times 100$$

$$CU = 91.45 \%$$

En referencia los parámetros recomendados del Coeficiente de uniformidad:

Funcionamiento	Coeficiente de Uniformidad (CU)
Excelente	90-100%
Buena	80-90%
Aceptable	70-80%
Inaceptable	<70%

Fuente: Sotelo (2019)

El resultado de 91.45% se encuentra dentro del rango 90-100 %, por lo tanto, la uniformidad de riego para el presente trabajo de investigación es excelente.

5.4.3.13. Trasplante

El trasplante del cultivo de brócoli se realizó el 15 de marzo de 2023, cuando las plántulas alcanzaron una altura promedio entre 8 y 15 cm y adecuado vigor vegetativo. Se trasplantaron 720 plántulas, previamente seleccionadas por su uniformidad y buen estado fitosanitario. El establecimiento se efectuó en campo definitivo con un distanciamiento de

0,40 m entre plantas y 0,70 m entre surcos. La labor se realizó durante las horas de la tarde, con la finalidad de reducir el estrés hídrico y favorecer la adaptación inicial del cultivo.

5.4.3.14. Aplicación de Hidrosorb

Esta actividad se realizó el 15 de marzo, para la aplicación del Hidrosorb se utilizaron las dosis previamente establecidas: Alta (2.2 g/planta), Media (1.7 g/planta) y Baja (1.12 g/planta), pesadas en una báscula gramera de precisión. Cada dosis se incorporó en la circunferencia del hoyo donde se ubicarán las raíces de las plantas según el tratamiento que corresponda.

Tabla N°. 03

Dosificación de Hidrosorb

T	No se aplicará Hidrosorb.
A	Dosis baja de Hidrosorb: 1,12 gr/planta
B	Dosis media de Hidrosorb: 1.7 gr/planta
C	Dosis alta de Hidrosorb: 2.2 gr/planta

Fotografía N°. 6

Proceso de peso de la dosis de hidrogel para cada tratamiento en una báscula de precisión



Registro y análisis de periodos de presencia y ausencia de lluvias según datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

Se obtuvo el registro de precipitación correspondientes al periodo comprendido entre marzo y julio de 2023 de la estación meteorológica de K'ayra, dado que este periodo de tiempo corresponde al proceso de crecimiento del cultivo de brócoli. La información fue necesaria para la evaluación de la variable capacidad de retención hídrica del suelo, considerando como indicador el porcentaje de humedad del suelo.

A continuación, se presentan la información meteorológica y los gráficos que muestran el comportamiento de la precipitación diaria:

Figura N°. 10

Información de la precipitación diaria en mm de la estación granja K'ayra

ESTACIÓN GRANJA KCAYRA

ESTACIÓN: GRANJA KCAYRA
PARAMETRO:

LATITUD: 13°33'24.26"
LONGITUD: 71°52'36.62"
ALTITUD: 3 219 m.s.n.m.

DPTO.: CUSCO
PROV: CUSCO
DIST. SAN JERONIMO

PRECIPITACION TOTAL DIARIA EN (mm)

DÍA	ENERO 2023	FEBRERO 2023	MARZO 2023	ABRIL 2023	MAYO 2023	JUNIO 2023	JULIO 2023
1	1.3	3.2	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
2	13.1	1.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0
3	0.0	3.3	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0
4	0.9	1.5	4.7	10.1	6.3	0.0	0.0
5	4.6	2.2	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0
6	0.0	4.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
7	0.0	18.5	0.0	0.0	32.4	0.0	0.0
8	0.4	16.1	5.4	0.0	3.4	0.0	0.0
9	11.8	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
10	27.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0
12	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	7.5	21.3	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0
15	0.0	14.9	1.4	13.6	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	4.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.6	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
21	2.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	1.8	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
24	4.2	14.4	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0
25	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	1.4	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	5.6		2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	7.1		0.0		0.0		0.0

Fuente: SENAMHI (2023)

Gráfico N°. 1

Registro de precipitaciones en mm para el mes de marzo



En el Gráfico 1 se presentan los registros de precipitación acumulada (mm) a partir del 15 de marzo de 2023, fecha en la que se realizó el trasplante de las plántulas de brócoli. Durante este periodo se evidencio precipitación de distinta intensidad, siendo la máxima registrada posterior a la fecha de trasplante de 7,9 mm el día 19/03/2023. En general, las lluvias de este mes pueden clasificarse como moderadas, pero fueron suficientes para favorecer la activación y saturación de los hidrogeles aplicados en el suelo, alcanzando así su máxima capacidad de absorción y beneficiando la etapa inicial de desarrollo del cultivo.

Gráfico N°. 2

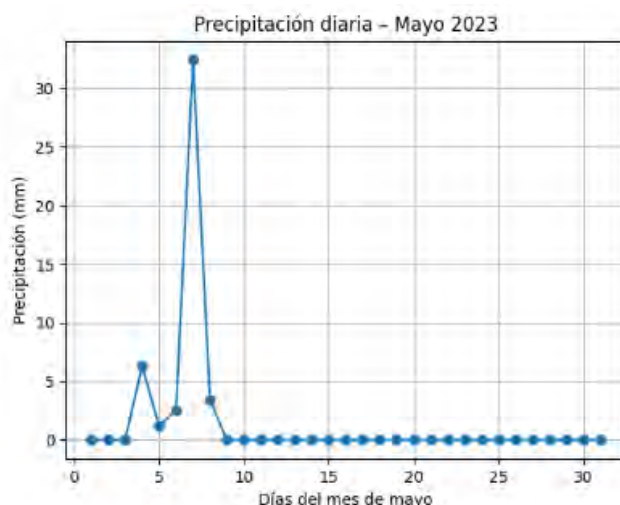
Registro de precipitaciones en mm para el mes de abril



En el Gráfico 2 se presentan los registros de precipitación (mm) correspondientes al mes de abril. El mayor valor alcanzado fue de 13,6 mm el día 15/04/2023. Sin embargo, a partir del 16/04/2023 en adelante no se registraron precipitaciones, situación que resulta particularmente relevante para el presente estudio, dado que permitió evaluar con mayor precisión el comportamiento del hidrogel en condiciones de ausencia de lluvias, escenario crítico para analizar su eficacia en la retención de humedad del suelo.

Gráfico N°. 3

Registro de precipitaciones en mm para el mes de mayo



En el Gráfico 3, correspondiente al mes de mayo, se observa un registro máximo de precipitación de 32,40 mm, según los datos proporcionados por el SENAMHI. No obstante, de acuerdo con Estrada (2012), los hidrogeles son polímeros hidro absorbentes capaces de captar y liberar grandes cantidades de agua sin disolverse, lo que implica que la precipitación registrada no generó procesos de sobrecarga ni lixiviación en el polímero. Por el contrario, esta cantidad de lluvia permitió que el hidrogel alcanzara su máxima capacidad de absorción, asegurando un adecuado almacenamiento hídrico para el cultivo. Posteriormente, a partir del 09/05/2023 hasta el 31/05/2023, no se evidencian precipitaciones, condición que resulta de

gran relevancia para evaluar la eficiencia del hidrogel como mecanismo de retención de humedad en ausencia de lluvias.

De acuerdo con los datos proporcionados por el SENAMHI, en los Gráficos 4 y 5, correspondientes a los meses de junio y julio de 2023, no se registraron precipitaciones. Esta ausencia de lluvias resulta fundamental para la investigación, ya que permite evaluar de manera precisa la capacidad de retención hídrica del hidrogel en el suelo.

5.4.3.15. Manejo agronómico de cultivo

5.4.3.15.1. Control de malezas

Se realizó el 31 de marzo del 2023, al momento del primer aporque y semanalmente se realizó la limpieza para mantener el cultivo libre de malezas.

Fotografía N°. 7

Control manual de malezas



5.4.3.15.2. Aporque

Se realizaron dos aporques en forma manual, el primero fue el 31 de marzo y el segundo aporque se realizó el 28 de abril, el aporque es una labor cultural indispensable para

mejorar el desarrollo fisiológico del cultivo, garantizar la firmeza de la planta y optimizar la eficiencia del uso de recursos hídricos y nutricionales.

Fotografía N°. 8

Segundo aporque manual



5.4.3.15.3. Fertilización

Se realizó junto con el primer aporque el 31 de marzo del 2023. Se consideró el nivel de fertilización recomendado para el cultivo de brócoli que es de 110-60-60 de N- P-K.

Se tiene los siguientes datos de laboratorio:

- Nitrógeno: x
- Fosforo disponible: 27.40 ppm
- Potasio disponible: 130.60 ppm
- Da: 1.29 g/cm^3
- Capa arable: 0.20 m
- Materia orgánica: 2.93%

Cálculo del volumen del suelo:

$$V_s = 100 \times 100 \times 0.2m$$

$$V_s = 2000 m^3$$

Cálculo de la masa del suelo:

$$Ms = V_s \times Da$$

$$Ms = 2,000 m^3 \times 1.29 tn/m^3$$

$$Ms = 2,580 \frac{tn}{ha} = 2,580,000 kg/ha$$

Se procede a calcular el Nitrógeno:

$$\frac{100 kg de Suelo}{2,580,000 kg de Suelo} \frac{2.93 kg de M.O}{x} = \frac{2,580,000 kg de Suelo \times 2.93 kg de M.O}{100 kg de Suelo}$$

$$x = 75,594 kg de M.O$$

Si de cada 100 kg de materia orgánica, existe 5 kg de Nitrógeno Total en el suelo, entonces:

$$\frac{75,594 kg de M.O}{x} \frac{100\%}{5\%} = \frac{75,594 kg de M.O \times 5\%}{100\%}$$

$$x = 3,779.7 kg de Nitrogeno Total$$

Solo el 2% de Nitrógeno Total es disponible para las plantas, entonces:

$$\frac{3,779.7 kg de Nitrogeno Total}{x} \frac{100\%}{2\%} = \frac{3,779.7 kg de Nitrogeno Total \times 2\%}{100\%}$$

$$x = 75,594 kg de Nitrogeno Disponible$$

Se procede a calcular el nitrógeno asimilable (40%):

$$\frac{75,594 kg de Nitrogeno}{x} \frac{100\%}{40\%} = \frac{75,594 kg de Nitrogeno \times 40\%}{100\%}$$

$$x = 30.23 kg N$$

Contenido de fosforo en el suelo:

$$\frac{27.40 \text{ kg P}}{x} = \frac{1,000,000 \text{ kg de suelo}}{2,580,000 \text{ kg de Suelo}} = \frac{27.40 \text{ kg P} \times 2,580,000 \text{ kg de Suelo}}{1,000,000 \text{ kg de suelo}}$$

$$x = 70.692 \text{ kg P}$$

Fosforo asimilable (10%):

$$\frac{70.692 \text{ kg P}}{x} = \frac{100\%}{10\%} = \frac{70.692 \text{ kg P} \times 10\%}{100\%}$$

$$x = 7.06 \text{ kg P2O5}$$

Cálculo del contenido de potasio en el suelo:

$$\frac{130.60 \text{ kg K}}{x} = \frac{1,000,000 \text{ kg de suelo}}{2,580,000 \text{ kg de Suelo}} = \frac{130.60 \text{ kg P} \times 2,580,000 \text{ kg de Suelo}}{1,000,000 \text{ kg de suelo}}$$

$$x = 336,948 \text{ kg K}$$

Potasio asimilable (20%):

$$\frac{336,948 \text{ kg K}}{x} = \frac{100\%}{20\%} = \frac{336,948 \text{ kg K} \times 20\%}{100\%}$$

$$x = 67,39 \text{ kg K2O}$$

Así tenemos la siguiente tabla que nos muestra el nuevo nivel de fertilización a aplicar:

Tabla N°. 4

Nivel de fertilización

	Nitrógeno kg/ha	Fosforo kg/ha	Potasio kg/ha
Demanda	110	60	60
Nutriente del suelo	30	7	60
Nuevo nivel	80	53	0

Bolea (1982), en el caso del potasio, su aplicación solo se lleva a cabo si es indispensable es decir si el suelo donde se cultivará presenta niveles muy bajos de este elemento. Para el trabajo de investigación, realizando la conversión de Potasio disponible en el suelo según los datos de laboratorio se considera que el suelo ya cuenta con el potasio indispensable para el correcto crecimiento de la planta de brócoli, por lo cual solo se realizara el cálculo de fertilizante para compensar el nitrógeno y fosforo necesario para alcanzar el nuevo nivel de fertilización.

Cálculo de fertilizante a requerir:

- Urea: 46 % N
- Fosfato diamónico: 18 % Nitrógeno (N) total y 46% P₂O₅

Para el fertilizante “fosfato diamónico”:

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de Fosfato diamónico} & \text{———} & 46 \text{ kg de P}_{2}\text{O}_{5} \\ x & & 53 \text{ kg de P}_{2}\text{O}_{5} \end{array}$$

$$x = \frac{100 \text{ kg de Fosfato diamónico} \times 53 \text{ kg de P}_{2}\text{O}_{5}}{46 \text{ kg de P}_{2}\text{O}_{5}}$$

$$x = 115 \text{ kg Fosfato diamónico/ha}$$

Contenido de nitrógeno en el fertilizante:

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de Fosfato diamónico} & \text{———} & 18 \text{ kg de N} \\ 115 \text{ kg Fosfato diamónico} & \text{———} & x \end{array}$$

$$x = \frac{115 \text{ kg Fosfato diamónico} \times 18 \text{ kg de N}}{100 \text{ kg de Fosfato diamónico}}$$

$$x = 20.7 \text{ kg de N/ha}$$

Para una hectárea se requiere 115 kg Fosfato diamónico y para los 184.8 m² de area neta total se necesitó 2.1 kg de Fosfato diamónico

El adicional de N se resta al nivel de fertilización para ver cuánto de Urea se va requerir:

$$80 \text{ kg de } \frac{\text{N}}{\text{ha}} - 20.7 \text{ kg de } \frac{\text{N}}{\text{ha}} = 59.3 \text{ kg de N/ha}$$

Se tiene:

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de Urea} & \text{———} & 46 \text{ kg de Nitrogeno} \\ x & \text{———} & 59.3 \text{ kg de Nitrogeno} \end{array}$$

$$x = \frac{100 \text{ kg de Urea} \times 59.3 \text{ kg de Nitrogeno}}{46 \text{ kg de Nitrogeno}}$$

$$x = 128.91 \text{ kg de Urea/ha}$$

Para una hectárea se requiere de 128.91 kg de Urea y para los 184.8 m² de área neta total se necesitó 2.38 kg de Urea.

5.4.3.15.4. Riego

Se realizó de manera controlada utilizando el sistema de riego por goteo. Se establecieron horarios y frecuencias de riego óptimos en función al porcentaje de humedad del suelo registrado de manera diaria a las 4 de la tarde cada 24 horas por el sensor de humedad del suelo ML3 ThetaProbe, lo que garantizó un suministro adecuado de agua a las plantas durante todo el ciclo de crecimiento.

5.4.3.15.5. Manejo, preparación y aplicación del Hidrosorb

Se aplicó Hidrosorb en el suelo alrededor de las plantas trasplantadas con el propósito de optimizar la retención de agua y disminuir la frecuencia de riego. El Hidrosorb fue incorporado siguiendo las dosis previamente establecidas para cada tratamiento: Alta (2,2 g/planta), Media (1,7 g/planta) y Baja (1,12 g/planta), las cuales fueron pesadas en una báscula gramera de precisión para garantizar exactitud en la aplicación. La incorporación se

realizó mediante una excavación circular de 10 cm de profundidad en el perímetro radicular de cada planta trasplantada. En este espacio se distribuyó homogéneamente la dosis correspondiente de Hidrosorb, asegurando su contacto directo con la zona donde se desarrollarán las raíces del brócoli. Posteriormente, el Hidrosorb fue activado hasta lograr que el suelo se encuentra en capacidad de campo mediante el sistema de riego por goteo, permitiendo su expansión y fijación en el suelo.

La eficacia del Hidrosorb fue monitoreada de acuerdo con las lecturas del sensor de humedad del suelo ML3 ThetaProbe, reponiendo el contenido hídrico únicamente cuando los valores disminuyeron por debajo del rango óptimo (cerca al punto de marchitez permanente), a través del registro diario de humedad anotado en la planilla de riego lo que permitió una gestión más eficiente del agua.

Fotografía N°. 9

Monitoreo de la humedad del suelo con el sensor de humedad ML3 ThetaProbe donde se ubica el Hidrosorb mezclado con el sustrato en la zona de desarrollo de las raíces del brócoli.



5.4.3.15.6. Control de plagas y enfermedades

Se llevó a cabo el monitoreo constante de plagas y enfermedades, se identificó pulgones (*myzus persicae*). Para el control se utilizó la asperjadora manual y el insecticida “Campin triple acción”. fue pulverizado el 11 de mayo del 2023.

Fotografía N°. 10

Monitoreo de plagas, se encontró la presencia de pulgones verdes (myzus persicae)



5.4.3.15.7. Etiquetado de plantas

La investigación comprende 180 plantas por tratamiento y testigo, en total 720 plantas distribuidas en 4 bloques, para la evaluación de las variables se etiquetaron 80 plantas por tratamiento y testigo de manera aleatoria “al azar” como indica el modelo estadístico utilizado.

5.4.3.15.8. Cosecha

La cosecha del brócoli se realizó el 10 de julio de 2023 en forma manual, una vez que las cabezas florales alcanzaron el tamaño, firmeza y compacidad óptima para su recolección. Efectuando un corte preciso de las cabezas maduras a nivel del tallo. Posteriormente, las cabezas cosechadas fueron almacenadas bajo condiciones adecuadas, garantizando su conservación hasta la fase de las evaluaciones correspondientes.

5.4.4. Evaluación de variables

La evaluación de las variables, se describen a continuación:

5.4.4.1. Capacidad de retención hídrica en el suelo (% de humedad)

Para la evaluación de esta variable se realizó la medición diaria del % de humedad del suelo durante el desarrollo del cultivo de brócoli desde la instalación en campo definitivo hasta el momento de la cosecha. Se realizó en el horario de las 4 de la tarde (cada 24 horas). Para la medición de esta variable de capacidad de retención hídrica en el suelo, se utilizó el sensor de humedad del suelo ML3 ThetaProbe para las lecturas diarias de humedad en porcentaje.

5.4.4.2. Características agronómicas

Para la evaluación de los parámetros como: Diámetro de tallo, longitud de cabeza floral, peso de cabeza floral, longitud de raíz y peso total de planta se realizaron después de la cosecha, de la siguiente manera:

- **Diámetro de tallo (mm)**

La evaluación se realizó con un vernier para medir el diámetro del tallo que sostiene la cabeza floral del brócoli, cuyos datos están en milímetros para el procesamiento estadístico.

- **Diámetro de cabeza floral (cm)**

La evaluación se realizó una vez separado la cabeza floral del resto de la planta y empleando una wincha, se midió el diámetro considerando la parte ancha de la cabeza floral del brócoli, cuyos datos están en cm para el procesamiento estadístico.

- **Peso de cabeza floral (g)**

El peso de la cabeza floral se evaluó considerando esta parte de la planta como el principal producto comercial del cultivo de brócoli. Para ello, una vez alcanzada la madurez fisiológica, se procedió al corte manual de las cabezas florales seleccionadas y se pesó individualmente utilizando una balanza digital de precisión, previamente calibrada. El registro del peso se realizó en gramos (g), consignando los resultados en fichas de campo diseñadas para el presente estudio. Los datos fueron organizados y procesados estadísticamente para el análisis comparativo entre tratamientos.

- **Longitud de raíz (cm)**

La longitud de raíz se evaluó al finalizar la etapa de cosecha, mediante la extracción completa de las plantas seleccionadas. Para ello, las raíces fueron cuidadosamente lavadas con agua limpia, eliminando restos de suelo adheridos que pudieran alterar la precisión de la medición. Una vez obtenida la raíz desnuda, se procedió a medir su longitud total desde la base del tallo hasta el ápice radicular, empleando una regla graduada en centímetros (cm). Los datos se registraron en fichas de campo previamente diseñadas, con el fin de asegurar uniformidad y precisión en la recopilación de información para el posterior análisis estadístico.

- **Peso de planta (g)**

El peso de planta se determinó considerando la biomasa total, que incluyó hojas, raíz y cabeza floral. Para ello, cada planta seleccionada fue extraída en su totalidad y acondicionada, eliminando el exceso de suelo adherido a las raíces. Posteriormente, se procedió a la pesada individual utilizando una balanza digital de precisión, registrando los valores en gramos (g).

- **Rendimiento por unidad experimental (t/ha)**

Hurtado (1999), señala que el rendimiento agrícola se entiende como la cantidad de biomasa o producto cosechado por unidad de superficie en un periodo de tiempo determinado. Este parámetro generalmente se expresa en kilogramos o toneladas por hectárea y puede calcularse mediante la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento total} \left(\frac{t}{ha} \right) =$$

$$\text{Peso promedio de la cabeza de brocoli} \times \text{Número de cabezas de brocoli por hectarea}$$

Donde:

- El peso promedio de la cabeza floral de brócoli se obtiene a partir de una muestra representativa de las cabezas cosechadas, registradas en una balanza de precisión.
- El número de cabezas florales de brócoli por hectárea se determina en función de la densidad de siembra y la superficie cultivada.

Se realizó al culminar la cosecha, las muestras seleccionadas fueron pesadas de manera individual utilizando una balanza digital de precisión, registrando los resultados en gramos (g). Los valores obtenidos se sistematizaron y posteriormente se emplearon para el análisis estadístico correspondiente.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

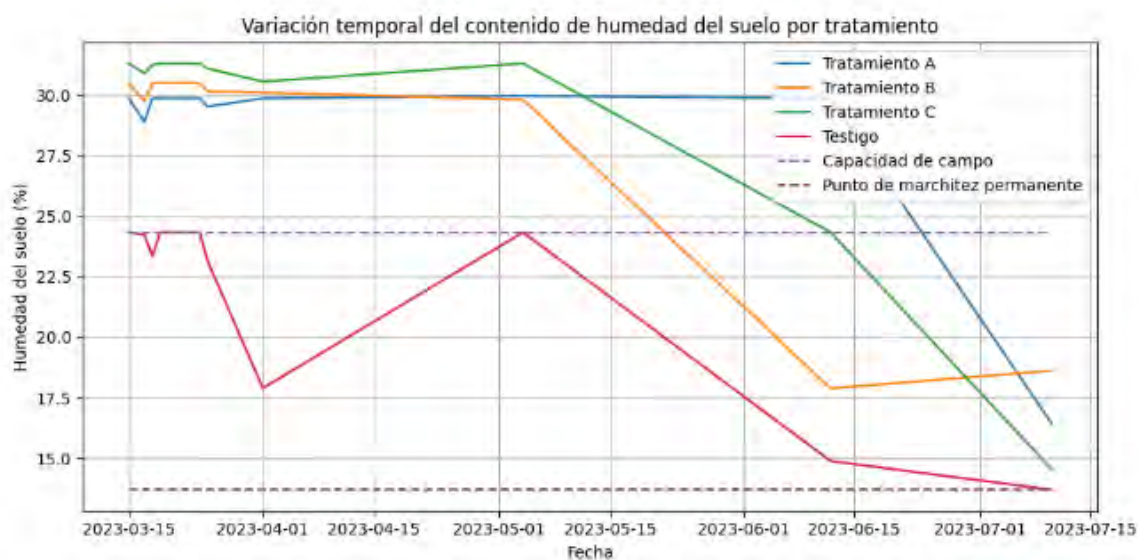
6.1. Efecto de tres dosis de Hidrosorb en la capacidad de retención hídrica del suelo en K'ayra, San Jerónimo.

6.1.1. Capacidad de retención hídrica del suelo

En el siguiente gráfico, se observa la variación diaria de % de humedad en el suelo del cultivo de brócoli.

Gráfico N°. 4

Variación de % de humedad en el suelo



En el gráfico 6 se muestra la dinámica diaria de humedad del suelo en los tratamientos A, B, C y el testigo (T). Tras las últimas precipitaciones registradas del 06 al 08 de mayo del 2023, el Hidrosorb alcanzó su máxima capacidad de absorción, estabilizando la humedad del suelo por encima del Punto de Marchitez Permanente (PMP = 13.70%) y cercana a la Capacidad de Campo (CC = 24.33%).

- Tratamiento C (2.2 g/planta): No requirió riego en todo el ciclo; humedad mínima registrada 18.62%.

- Tratamiento B (1.7 g/planta): Requirió riego el 24/06/2023 (101 días después del trasplante) al registrar 13.86%.
- Tratamiento A (1.12 g/planta): Necesitó riego el 12/06/2023 (90 días después) al registrar 13.74%.
- Testigo (sin hidrogel): Primer riego el 24/04/2023, a 41 días de la siembra, con riegos frecuentes (8 en total).

Los promedios registrados por el sensor de humedad del suelo ML3 ThetaProbe fueron: C = 27.51%, B = 25.59%, A = 25.02% y T = 20.00%.

Tabla N°. 5

Media de muestra poblacional de % de humedad del suelo

Bloques	Tratamientos				Σ Bloques
	A	B	C	T	
I	25.01	25.95	27.38	20.17	98.52
II	24.90	26.13	27.49	19.63	98.15
III	25.08	24.98	27.54	20.13	97.73
IV	25.10	25.30	27.64	20.08	98.12
Σ	100.09	102.36	110.05	80.01	392.52
PROMEDIO	25.0227	25.5907	27.5119	20.0036	24.5322

Tabla N°. 6

Análisis de varianza para % de humedad del suelo

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)	SIG
BLOQUES	3	0.08	0.03	0.22	3.86	NS
TRATAMIENTOS	3	123.04	41.01	351.60	3.86	*
Error	9	1.05	0.12			
Total	15	124.16				
CV (%)						1.39 %

El análisis de varianza (ANOVA) ayuda a determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos y bloques. Los valores son los siguientes:

- BLOQUES: El valor F_c es 0.22 y el valor F_t es 3.86. Este valor F_t es mayor que F_c , lo que indica que no hay una diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a porcentaje de humedad del suelo.
- TRATAMIENTOS: El valor F_c es 351.60 y el valor F_t es 3.86. Este valor F_t es menor que F_c , lo que indica que hay una alta diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto porcentaje de humedad en el suelo.

En cuanto al porcentaje de humedad del suelo se tiene un promedio total de 24.53 %, siendo el dato mayor del bloque IV tratamiento C con 27.64 % y el menor es del bloque II del testigo con 19.63 %.

En el análisis de varianza presentado en la tabla 6 de acuerdo a los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente. Existe una alta diferencia significativa en los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 1.39 % 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:

Comparación de medias para tratamientos del porcentaje de humedad del suelo

Tabla N°. 7

Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

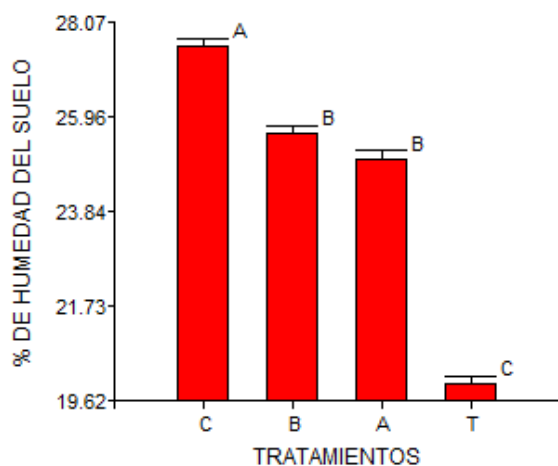
OM	TRATAMIENTOS	N	Medias	Agrupación
I	C	4	27.51	A
II	B	4	25.59	B
III	A	4	25.02	B
IV	T	4	20.00	C

$ALST_{(0.05)}: 0.73$

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N°. 5

Intervalo de confianza de Tukey al 95% para porcentaje de humedad del suelo



El tratamiento C con una dosis alta de Hidrosorb de 2.2 gr/planta con un promedio de 27.51 % de humedad del suelo es el que ha mejorado más la capacidad de retención de humedad en el suelo y es estadísticamente diferente al testigo que no cuenta con ninguna dosis de Hidrosorb con un promedio humedad en el suelo de 20.00 % haciendo una diferencia de 7.51 % que representa el 27.29 % de mejora en la capacidad de retención hídrica del suelo en comparación con la dosis alta de Hidrosorb con un 95 % de confianza. Mientras que la dosis media de 1.7 gr/planta de Hidrosorb y la dosis baja de 1.12 gr/planta de Hidrosorb son estadísticamente iguales.

Cayambe (2023) encontró que la dosis más alta de hidrogel logro retener más humedad y redujo la aplicación de agua frente al testigo; estos resultados permiten concluir de la misma manera donde se evidencia que a mayor dosis de hidrogel mejora la capacidad de retención hídrica de un suelo.

Valera Castillo (2018) concluye que el uso de poliacrilato de potasio incremento la retención hídrica del suelo en un 30% en comparación de su testigo sin hidrogel; valor que se asemeja a lo obtenido en el presente trabajo de investigación donde la diferencia entre los valores de

porcentaje de humedad del suelo entre el tratamiento con una dosis alta de Hidrosorb en comparación con el testigo equivale a un 27.29 %, siendo este un valor muy cercano a lo conseguido por el autor.

6.2.Efecto de tres dosis de Hidrosorb en las características agronómicas como rendimiento por unidad experimental, peso de planta, peso de pella, diámetro de pella, diámetro de tallo, longitud de raíz del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica Imperial*.)

6.2.1. Altura de la planta

Tabla N°. 8

Media de muestra poblacional de altura de planta en cm

Bloques	Tratamientos				Σ Bloques
	A	B	C	T	
I	42.60	43.43	44.50	39.32	169.85
II	44.70	43.90	46.88	40.00	175.47
III	39.45	42.49	44.50	40.27	166.71
IV	44.20	44.55	42.70	39.43	170.88
Σ	170.95	174.36	178.58	159.02	682.90
PROMEDIO	42.7375	43.5894	44.6438	39.7538	42.6811

Tabla N°. 9

Análisis de varianza de altura de la planta

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)	SIG
BLOQUES	3	9.88	3.29	1.59	3.86	NS
TRATAMIENTOS	3	53.01	17.67	8.54	3.86	*
Error	9	18.63	2.07			
Total	15	81.52				
					CV (%)	3.37 %

El análisis de varianza (ANOVA) determina si hay diferencias significativas entre los tratamientos y bloques. Los valores son los siguientes:

- BLOQUES: El valor F_c es 1.59 y el valor F_t es 3.86. Este valor F_t es mayor que F_c , lo que indica que no hay una diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a la altura de la planta.
- TRATAMIENTOS: El valor F_c es 8.54 y el valor F_t es 3.86. Este valor F_t es menor que F_c , lo que indica que hay una diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a la altura de la planta.

En cuanto a la altura de la planta del cultivo de brócoli se tiene un promedio total de 42.68 cm, siendo el dato mayor del bloque II tratamiento C con 46.88 cm y el menor es del bloque I del testigo con 39.32 cm.

En el análisis de varianza presentado en la tabla 9 de acuerdo a los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente. Existe una diferencia significativa en los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 3.37% 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:

Comparación de medias para tratamientos de la altura del brócoli

Tabla N°. 10

Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

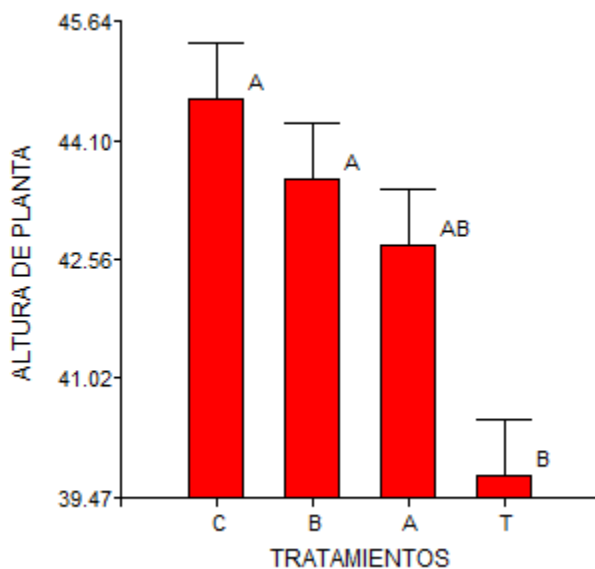
OM	TRATAMIENTOS	N	Medias	Agrupación	
I	C	4	44.65	A	
II	B	4	43.59	A	
III	A	4	42.74	A	B
IV	T	4	39.76		B

ALST (0.05): 3.03

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N°. 6

Intervalo de confianza de Tukey al 95% para la altura de planta



Según la prueba de Tukey al 95% de confianza (Tabla 10), el tratamiento C (2.2 g/planta de hidrogel Hidrosorb) presentó la mayor altura promedio de planta (44.65 cm), seguido del tratamiento B (1.7 g/planta) con 43.59 cm. En contraste, el tratamiento A (1.12 g/planta) y el testigo sin hidrogel registraron menores valores, con 42.74 cm y 39.76 cm respectivamente.

El análisis de agrupamiento estadístico indica que los tratamientos C, B y A no difieren significativamente entre sí (grupo A), mientras que A y el testigo se ubican en el grupo B, mostrando similitud estadística.

Varela Castillo (2018) reportó que la variable altura de planta tuvo significancia para dosis de hidrogel; este resultado coincide con lo obtenido en el presente trabajo de investigación donde se tiene una diferencia significativa entre los tratamientos.

6.2.2. Diámetro del tallo

Tabla N°. 11

Media de muestra poblacional para diámetro de tallo en cm

Bloques	Tratamientos				Σ Bloques
	A	B	C	T	
I	3.41	3.42	3.63	3.06	13.51
II	3.53	3.63	3.66	3.16	13.97
III	3.47	3.34	3.60	3.15	13.55
IV	3.30	3.38	3.72	3.17	13.56
Σ	13.70	13.75	14.59	12.54	54.58
PROMEDIO	3.4238	3.4375	3.6475	3.1350	3.4109

Tabla N°. 12

Análisis de varianza de diámetro de tallo

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)	SIG
BLOQUES	3	0.04	0.01	1.77	3.86	NS
TRATAMIENTOS	3	0.54	0.18	27.37	3.86	*
Error	9	0.06	0.01			
Total	15	0.64				
					CV (%)	2.38 %

El análisis de varianza (ANOVA) determina si existen diferencias significativas entre los tratamientos y los bloques. La tabla de ANOVA muestra lo siguiente:

- **BLOQUES:** El valor Fc es 1.77 y el valor Ft es 3.86. Esto sugiere que no hay diferencias significativas entre los bloques al nivel de confianza del 5% ($F_c < F_t$).
- **TRATAMIENTOS:** El valor Fc es 27.37 y el valor de Ft es 3.86. Esto significa que, al comparar los tratamientos, el valor Ft es menor que Fc, indicando que existen altas diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al diámetro de tallo de la planta.

En la tabla 11 se observa lo datos por tratamientos y bloques correspondiente a diámetro de tallo del cultivo de brócoli, donde se tiene un promedio total de 3.41 cm y como resultado mayor se tiene al tratamiento C en el bloque IV con un promedio de 3.72 cm y como promedio menor se tiene el valor de 3.06 cm correspondiente al bloque I del testigo T.

En el análisis de variancia presentado en la tabla 12 según los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente. Existe una alta diferencia significativa en los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 2.38 % 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 la diferencia entre ellas:

Comparación de medias para tratamientos de diámetro de tallo

Tabla N°. 13

Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

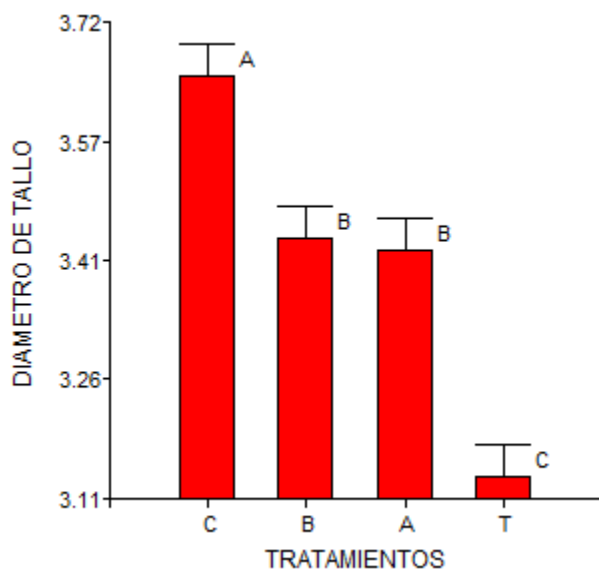
OM	TRATAMIENTOS	N	Medias	Agrupación
I	C	4	3.65	A
II	B	4	3.44	B
III	A	4	3.43	B
IV	T	4	3.14	C

ALST (0.05): 0.21

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N°. 7

Intervalo de confianza de Tukey al 95% para diámetro de tallo



Según la prueba de Tukey al 95% de confianza (tabla N°13), el tratamiento C (2.2 g/planta de Hidrosorb) presentó el mayor diámetro promedio de tallo (3.65 cm), superando significativamente a los demás tratamientos y al testigo. El testigo T, sin aplicación de Hidrosorb, registró el valor más bajo con 3.14 cm.

El análisis de grupos en el gráfico N°9 muestra que el tratamiento C (grupo A) es estadísticamente superior de todos los demás con un diámetro de tallo promedio de 3.65 cm, mientras que los tratamientos B (1.7 g/planta) con un diámetro de tallo promedio de 3.44 cm y el tratamiento A (1.12 g/planta) con un diámetro de tallo promedio de 3.43 cm conforman el grupo B, siendo estadísticamente similares entre sí. El testigo T se ubicó en el grupo C con un diámetro de tallo promedio de 3.14, siendo significativamente menor en comparación con los demás tratamientos. Estos resultados demuestran que una dosis alta de Hidrosorb de 2.2 gr/planta tiene efectos determinantes en el diámetro de tallo del brócoli.

Los resultados obtenidos para el diámetro de tallo en brócoli evidencian que la aplicación de Hidrosorb en dosis altas (2.2 g/planta) promovió un crecimiento significativamente superior frente a las demás dosis y al testigo, alcanzando un promedio de 3.65 cm. Este hallazgo coincide con lo reportado por Varela Castillo (2018), quien al evaluar el poliacrilato de potasio en el cultivo de brócoli híbrido Avenger observó que la incorporación de polímeros absorbentes incrementó la productividad y calidad del cultivo. El incremento en diámetro de tallo registrado en este estudio puede explicarse por el mismo principio: la mayor disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo favorece procesos fisiológicos asociados al engrosamiento del tallo, lo cual constituye un indicador de vigor vegetativo y potencial productivo.

Así mismo, los resultados guardan relación con lo reportado por Cayambe (2023) en tomate riñón, donde la dosis más alta de hidrogel (15 g/planta) también generó efectos superiores en variables de desarrollo vegetativo de las plantas.

6.2.3. Diámetro de la cabeza floral

Tabla N°. 14

Media de muestra poblacional de diámetro de la cabeza floral en cm

Bloques	Tratamientos				Σ Bloques
	A	B	C	T	
I	15.13	15.20	16.36	13.99	60.67
II	14.66	14.94	16.15	13.80	59.54
III	15.55	15.67	16.27	13.97	61.45
IV	15.27	15.53	16.74	13.97	61.50
Σ	60.61	61.33	65.50	55.72	243.15
PROMEDIO	15.1513	15.3325	16.3750	13.9288	15,1969

Tabla N°. 15*Análisis de varianza de diámetro de cabeza floral*

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)	SIG
BLOQUES	3	0.63	0.21	5.74	3.86	*
TRATAMIENTOS	3	12.08	4.03	110.16	3.86	*
Error	9	0.33	0.04			
Total	15	13.04				
						CV (%) 1.26 %

La tabla 15 presenta el Análisis de Varianza (ANOVA) realizado para determinar si hay diferencias significativas en el diámetro de la cabeza floral de brócoli entre los tratamientos y los bloques.

- BLOQUES: El valor Fc para los bloques es 5.74 y el valor de Ft es 3.86. Dado que el valor Ft es menor que Fc. Esto sugiere que los bloques tienen una diferencia significativa en el diámetro de la cabeza floral.
- TRATAMIENTOS: El valor Fc para los tratamientos es 110.16 y el valor Ft es de 3.86. Dado que el valor Ft es menor que Fc, podemos concluir que hay altas diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al diámetro de la cabeza floral.

De la tabla 14 se puede decir en cuanto a diámetro de la cabeza floral del brócoli se tiene un promedio total de 15.20 cm, siendo el dato mayor de 16.74 cm del tratamiento C correspondiente al bloque IV y el dato menor corresponde al testigo T del bloque II con un valor de 13.80 cm de diámetro de cabeza floral.

En la tabla 15 del análisis de variancia según los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente, existe una alta diferencia significativa en los tratamientos, con un coeficiente de

variabilidad de 1.26% 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:

Comparación de medias para tratamientos de diámetro de cabeza floral

Tabla N°. 16

Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

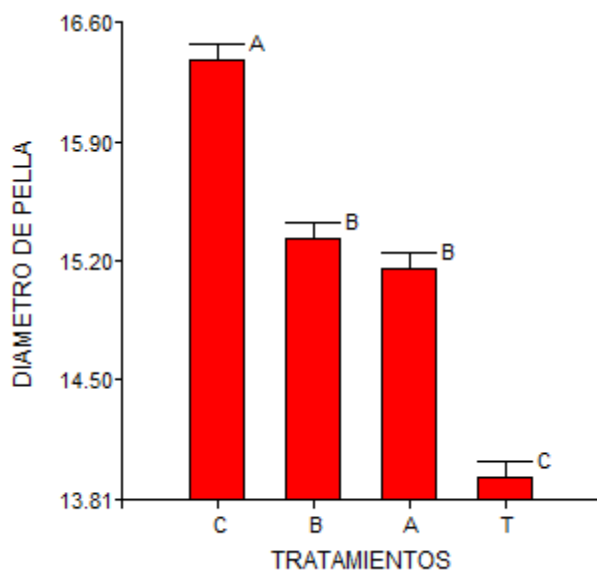
OM	TRATAMIENTOS	N	Medias	Agrupación
I	C	4	16.38	A
II	B	4	15.34	B
III	A	4	15.15	B
IV	T	4	13.93	C

$ALST_{(0.05)}: 0.42$

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N°. 8

Intervalo de confianza de Tukey al 95% para diámetro de cabeza floral



Según la prueba de Tukey al 95% de confianza (tabla N°16), el tratamiento C (2.2 g/planta de Hidrosorb) presentó el mayor diámetro promedio de cabeza floral (16.38 cm), superando significativamente a los demás tratamientos y al testigo. El testigo T, sin aplicación de Hidrosorb, registró el valor más bajo con 13.93 cm.

El análisis de grupos en el gráfico N°10 muestra que el tratamiento C (grupo A) es estadísticamente superior a todos los demás con un diámetro de cabeza floral promedio de 16.38 cm, mientras que los tratamientos B (1.7 g/planta) con un diámetro de cabeza floral promedio de 15.34 cm y el tratamiento A (1.12 g/planta) con un diámetro de cabeza floral promedio de 15.15 cm conforman el grupo B, siendo estadísticamente similares entre sí. El testigo T se ubicó en el grupo C con un diámetro de cabeza floral promedio de 13.93 cm, siendo significativamente menor en comparación con los demás tratamientos. Estos resultados demuestran que una dosis alta de Hidrosorb de 2.2 g/planta tiene efectos determinantes en el incremento del diámetro de cabeza floral del brócoli.

6.2.4. Peso de cabeza floral

Tabla N°. 17

Media de muestra poblacional de peso de cabeza floral en gramos

Bloques	Tratamientos				Σ Bloques
	A	B	C	T	
I	389.10	410.00	479.40	389.10	1,667.60
II	408.90	424.85	446.50	408.90	1,689.15
III	405.65	417.65	478.40	405.65	1,707.35
IV	388.20	388.20	506.40	353.45	1,636.25
Σ	1,591.85	1,640.70	1,910.70	1,557.10	6,700.35
PROMEDIO	397.9625	410.1750	477.6750	389.2750	418.77

Tabla N°. 18*Análisis de varianza de peso de cabeza floral*

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)	SIG
BLOQUES	3	700.76	233.59	0.51	3.86	NS
TRATAMIENTOS	3	19386.32	6462.11	14.04	3.86	*
Error	9	4143.23	460.36			
Total	15	24230.31				
						CV (%) 5.12 %

La tabla 18 presenta el Análisis de Varianza (ANOVA) realizado para determinar si hay diferencias significativas en el peso de la cabeza floral de brócoli entre los tratamientos y los bloques.

- BLOQUES: El valor Fc para los bloques es 0.51 y el valor Ft es 3.86, lo que indica que al ser mayor el Ft en comparación con Fc no hay diferencias significativas entre los bloques en cuanto al peso de la cabeza floral.
- TRATAMIENTOS: El valor Fc para los tratamientos es 14.04 y el valor Ft es 3.86. Como el valor Ft es menor que Fc, podemos rechazar la hipótesis nula y concluir que hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al peso de la cabeza floral de brócoli.

De la tabla 17 se puede decir en cuanto al peso de cabeza floral del brócoli se tiene un promedio total de 418.77 gr, siendo el dato mayor de 506.40 gr del tratamiento C correspondiente al bloque IV y el dato menor corresponde al testigo T del bloque IV con un valor de 353.45 gr cm de peso de cabeza floral.

En la tabla 18 del análisis de variancia según los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente, existe una diferencia significativa en los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 5.12 % 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 N°. 19

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

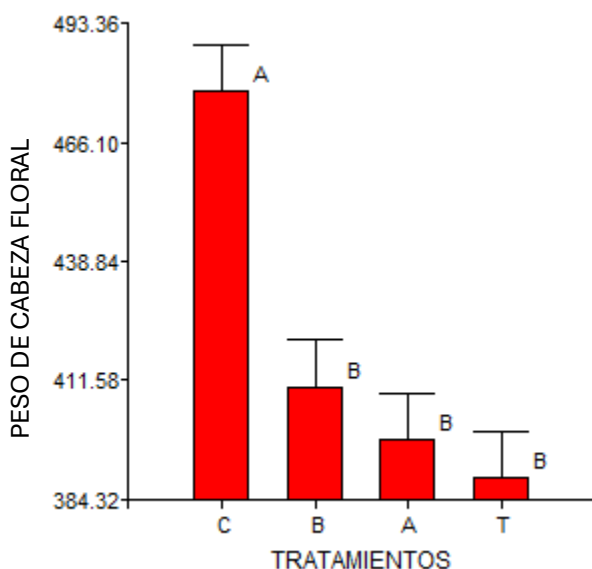
OM	TRATAMIENTOS	N	Medias	Agrupación
I	C	4	477.68	A
II	B	4	410.18	B
III	A	4	397.96	B
IV	T	4	389.28	B

$ALST_{(0.05)}: 45.27$

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N°. 9

Intervalo de confianza de Tukey al 95% para peso de cabeza floral



Según la prueba de Tukey al 95% de confianza (tabla N°19), el tratamiento C (2.2 g/planta de Hidrosorb) presentó el mayor peso promedio de cabeza floral (477.68 g), siendo significativamente superior en comparación con los demás tratamientos y el testigo.

El análisis de grupos en el gráfico N°11 muestra que el tratamiento C (grupo A) alcanzó un peso de cabeza floral promedio de 477.68 g, siendo estadísticamente superior en comparación con los demás. Los tratamientos B (1.7 g/planta) con un promedio de 410.11 g, A (1.12 g/planta) con 397.96 g y el testigo T (sin Hidrosorb) con 389.28 g conformaron el grupo B, sin diferencias significativas entre ellos.

Valera Castillo (2018) , quien al evaluar el uso de poliacrilato de potasio en brócoli híbrido Avenger determino que los mejores pesos de cabeza floral se obtiene con una dosis alta, donde reporto su peso promedio de cabeza floral con un valor de 1099,6 g; resultado que no se asemeja a lo obtenido con un peso promedio de 477.68 g con la dosis alta, este valor es influido por la variedad utilizada en la investigación; sin embargo se llega a la misma afirmación donde se evidencia que una dosis alta de uso de hidrogel tiene un efecto positivo para la variable de peso de cabeza floral.

6.2.5. Longitud de raíz

Tabla N°. 20

Media de muestra poblacional de longitud de raíz en cm

Bloques	Tratamientos				Σ Bloques
	A	B	C	T	
I	22.32	22.44	22.55	21.85	89.15
II	22.29	22.35	23.53	22.02	90.18
III	22.28	22.41	22.76	21.82	89.27
IV	20.14	20.75	20.87	20.02	81.77
Σ	87.03	87.94	89.69	85.70	350.36
PROMEDIO	21.7575	21.9850	22.4225	21.4238	21.90

Tabla N°. 21*Análisis de varianza de longitud de raíz*

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)	SIG
BLOQUES	3	11.45	3.82	66.55	3.86	*
TRATAMIENTOS	3	2.12	0.71	12.31	3.86	*
Error	9	0.52	0.06			
Total	15	14.08				
						CV (%) 1.09 %

La tabla 21 presenta el Análisis de Varianza (ANOVA) realizado para determinar si hay diferencias significativas en la longitud de raíz de brócoli entre los tratamientos y los bloques.

- BLOQUES: El valor Fc para los bloques es 66.55 y el valor Ft es 3.86. Como el valor Ft es menor que Fc, los bloques tienen un efecto significativo en la longitud de la raíz.
- TRATAMIENTOS: El valor Fc para los tratamientos es 12.31 y el valor Ft es 3.86. Como el valor Ft es menor que Fc, podemos rechazar la hipótesis nula y concluir que hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la longitud de raíz.

De la tabla 20 se puede decir en cuanto a la longitud de la raíz del brócoli se tiene un promedio total de 21.90 cm, siendo el dato mayor de 23.53 cm del tratamiento C correspondiente al bloque II y el dato menor corresponde al testigo T del bloque IV con un valor de 20.02 cm longitud de raíz.

En la tabla 21 del análisis de variancia según los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente, existe una diferencia significativa en los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 1.09 % 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:

Comparación de medias para tratamientos de longitud de raíz

Tabla N°. 22

Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

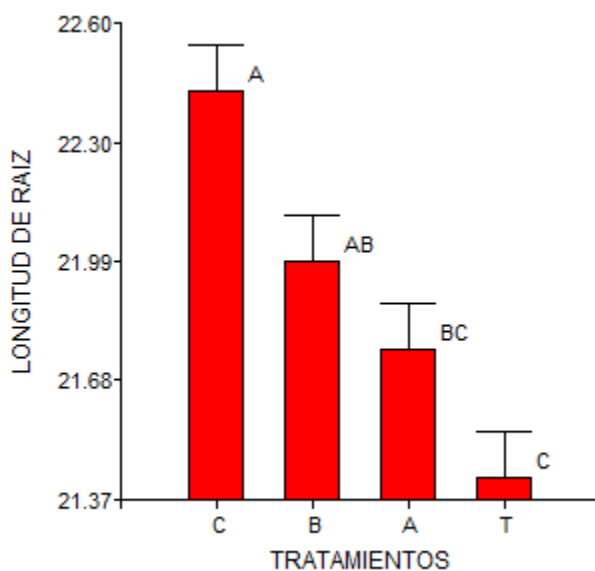
OM	TRATAMIENTOS	N	Medias	Agrupación	
I	C	4	22.43	A	
II	B	4	21.99	A	B
III	A	4	21.76	B	C
IV	T	4	21.43		C

$ALST_{(0.05)}: 0.52$

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N°. 10

Intervalo de confianza de Tukey al 95% para longitud de raíz



Según la prueba de Tukey al 95% de confianza (tabla N°22), el tratamiento C (2.2 g/planta de Hidrosorb) obtuvo la mayor longitud promedio de raíz (22.43 cm), superando al resto de

tratamientos. El testigo T, sin aplicación de Hidrosorb, presentó el valor más bajo con 21.43 cm. El análisis de grupos en el gráfico N°12 muestra que el tratamiento C (2.2 g/planta) y el tratamiento B (1.7 g/planta) conformaron el grupo A, siendo estadísticamente similares y superiores en longitud de raíz. A su vez, el tratamiento B (1.7 g/planta) y el tratamiento A (1.12 g/planta) integraron el grupo B, mientras que el tratamiento A (1.12 g/planta) y el testigo T (sin Hidrosorb) se ubicaron en el grupo C, mostrando que no existen diferencias significativas dentro de cada grupo. Estos resultados evidencian que, aunque la dosis alta (2.2 g/planta) mostró la mayor media, existe un efecto progresivo entre los tratamientos, con diferencias estadísticas en la longitud de raíz del brócoli.

6.2.6. Peso total de planta

Tabla N°. 23

Media de muestra poblacional de peso total de planta en g

Bloques	Tratamientos				Σ Bloques
	A	B	C	T	
I	1,012.20	1,085.55	1,003.05	981.25	4,082.05
II	1,005.00	1,042.50	1,024.50	1,017.50	4,089.50
III	1,047.75	1,045.00	1,082.50	887.50	4,062.75
IV	985.00	1,170.00	1,272.50	1,040.00	4,467.50
Σ	4,049.95	4,343.05	4,382.55	3,926.25	16,701.80
PROMEDIO	1,012.4875	1,085.7625	1,095.6375	981.5625	1043,86

Tabla N°. 24

Análisis de Varianza para peso total de planta

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)	SIG
BLOQUES	3	28526.36	9508.79	2.00	3.86	NS
TRATAMIENTOS	3	37207.77	12402.59	2.61	3.86	NS
Error	9	42798.24	4755.36			
Total	15	108532.37				
						CV (%) 6.61 %

La tabla 24 presenta el Análisis de Varianza (ANOVA) realizado para determinar si hay diferencias significativas en el peso total de la planta de brócoli entre los tratamientos y los bloques.

- BLOQUES: El valor F_c para los bloques es 2.00 y el valor de F_t es 3.86. Como el valor de F_t es mayor que el valor de F_c , los bloques no presentan diferencias significativas en el peso total de la planta.
- TRATAMIENTOS: El valor F_c para los tratamientos es 2.61 y el valor de F_t es 3.86. Como el valor F_t es mayor que el valor de F_c , podemos concluir que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al peso total de la planta de brócoli.

De la tabla 23 se puede decir en cuanto peso total de planta del brócoli se tiene un promedio total de 1,043.86 gramos, siendo el dato mayor de 1,272.50 gramos del tratamiento C correspondiente al bloque IV y el dato menor corresponde al testigo T del bloque III con un valor de 887.50 gramos de peso total de planta.

En la tabla 28 del análisis de variancia según los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente, no existe una diferencia significativa entre los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 6.61 % lo que indica que los datos analizados y procesados de esta variable expresan confiabilidad en los resultados. Al no existir una diferencia significativa por lo menos para un par de medias de los tratamientos no se realiza la prueba Tukey.

6.2.7. Rendimiento

Tabla N°. 25

Media de muestra poblacional para rendimiento en t/ha

Bloques	Tratamientos				Σ Bloques
	A	B	C	T	
I	13.90	14.64	17.12	13.90	59.56
II	14.60	15.17	15.95	14.60	60.33
III	14.49	14.92	17.09	14.49	60.98
IV	13.86	13.86	18.09	12.62	58.44
Σ	56.85	58.60	68.24	55.61	239.30
PROMEDIO	14.2128	14.6490	17.0597	13.9026	14.96

Tabla N°. 26

Análisis de varianza de rendimiento

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)	SIG
BLOQUES	3	0.90	0.30	0.51	3.86	NS
TRATAMIENTOS	3	24.78	8.26	14.06	3.86	*
Error	9	5.29	0.59			
Total	15	30.97				
						CV (%) 5.12 %

La tabla 26 presenta el Análisis de Varianza (ANOVA) realizado para determinar si hay diferencias significativas en el rendimiento entre los tratamientos y los bloques.

- BLOQUES: El valor Fc para los bloques es 0.51 y el valor Ft es 3.86. Como el valor Ft es menor que Fc, nos indica que no hay diferencias significativas entre los bloques para rendimiento.
- TRATAMIENTOS: El valor Fc para los tratamientos es 14.06 y el valor Ft es 3.86. Como el valor Ft es menor que Fc, podemos concluir que hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al rendimiento.

De la tabla 25 se puede decir en cuanto al rendimiento del brócoli se tiene un promedio total de 14.96 t/ha, siendo el dato mayor de 18.09 t/ha del tratamiento C correspondiente al bloque IV y el dato menor corresponde al testigo T del bloque IV con un valor de 12.62 t/ha.

En la tabla 26 del análisis de variancia según los resultados obtenidos se interpreta lo siguiente, existe una diferencia significativa en los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 5.12 % 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:

Comparación de medias para tratamientos de rendimiento

Tabla N°. 27

Agrupación de medias utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

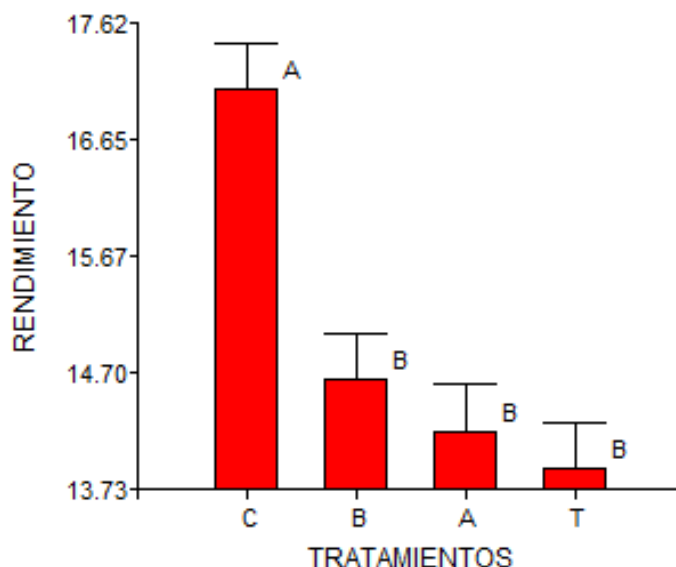
OM	TRATAMIENTOS	N	Medias	Agrupación
I	C	4	17.06	A
II	B	4	14.65	B
III	A	4	14.21	B
IV	T	4	13.90	B

ALST(0.05): 1.62

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N°. 11

Intervalo de confianza de Tukey al 95% para rendimiento



Según la prueba de Tukey al 95% de confianza (tabla N°27), el tratamiento C (2.2 g/planta de Hidrosorb) obtuvo el promedio mayor de rendimiento con un valor de 17.06 t/ha, superando al resto de tratamientos. El testigo T, sin aplicación de Hidrosorb, presentó el valor más bajo con 13.90 tn/ha.

El análisis de grupos en el gráfico N°13 muestra que el tratamiento C (2.2 g de Hidrosorb/planta) con un promedio de rendimiento de 17.06 t/ha conforma el grupo A, siendo el tratamiento estadísticamente superior en promedio de rendimiento alcanzado en comparación con los demás tratamientos y testigo. A su vez, el tratamiento B (1.7 g de Hidrosorb/planta) con un valor de 14.65 t/ha, el tratamiento A (1.12 g de Hidrosorb/planta) con 14.21 t/ha y el testigo T (sin Hidrosorb) con un valor de 13.90 t/ha para rendimiento se ubicaron en el grupo B, mostrando que no existen diferencias significativas entre estos tratamientos. Estos resultados evidencian que la dosis alta de aplicación de Hidrosorb (2.2

g/planta) mostró la mayor media y es estadísticamente superior a los tratamientos al 95 % de confianza.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la aplicación de 2.2 g/planta de Hidrosorb incrementó el rendimiento de brócoli a 17.06 t/ha, siendo significativamente superior al testigo (13.90 t/ha) y a las demás dosis evaluadas. Este hallazgo es consistente con investigaciones previas que destacan la importancia del uso de hidrogeles en la productividad agrícola.

Los resultados concuerdan con lo reportado por Cayambe (2023) en tomate riñón, donde la dosis más alta de hidrogel (15 g/planta) generó una mayor productividad; en el presente estudio, la dosis más alta de Hidrosorb permitió obtener un mayor rendimiento por hectárea en comparación a los demás tratamientos.

Varela Castillo (2018) reportó en su investigación que el poliacrilato de potasio obtuvo mayores rendimientos con las dosis altas en comparación con los rendimientos de las parcelas donde no hubo aplicación del poliacrilato de potasio; esta afirmación concuerda con los resultados obtenidos donde existe diferencia significativa para rendimiento entre el tratamiento con dosis alta de Hidrosorb y el testigo sin ninguna dosis de Hidrosorb.

Pincay Rodríguez (2016), al evaluar el efecto de tres dosis de gel hidratante en lechuga, no reportó diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, sí destacó que la dosis más baja (2 g/planta) presentó mejores resultados en peso y follaje que influyó bastante en su rendimiento. Estos hallazgos muestran que la respuesta de los cultivos al uso de hidrogeles puede variar según la especie y las condiciones de cultivo. No obstante, en el presente estudio, el brócoli respondió de forma positiva a la dosis alta de Hidrosorb (2.2 g/planta)

donde si hubo una diferencia significativa en comparación con los demás tratamientos, alcanzando el máximo rendimiento.

Finalmente, el informe de Vamont Agro (1999) en fresa mostró que el uso de Hidrosorb Agro elevó el rendimiento de 8 t/a a 15 t/ha. Este antecedente guarda estrecha relación con los resultados obtenidos, ya que en ambos casos el Hidrosorb incrementó significativamente la producción, demostrando que este polímero no solo mejora la disponibilidad de agua en el suelo, sino que también optimiza los rendimientos agrícolas en condiciones de limitación hídrica.

CONCLUSIONES

1. Capacidad de retención hídrica del suelo

De los resultados obtenidos se concluye que la dosis alta de Hidrosorb de 2.2 g/planta alcanzo un mayor promedio en porcentaje de humedad del suelo, con 27.51 %, seguido por la dosis media de Hidrosorb de 1.7 g/planta con 25.59 % y la dosis baja de Hidrosorb de 1.12 g/planta con 25.02%. En contraste el testigo, que no recibió ninguna dosis de Hidrosorb, mostro un promedio significativamente más bajo de 20.00 %, evidenciando que a mayor dosis de aplicación de Hidrosorb se mejora significativamente la capacidad de retención hídrica del suelo. Además, la dosis alta de Hidrosorb presenta una diferencia de 7.51% de humedad en comparación con el tratamiento que representa el 27.9 % demostrando el efecto significativo del Hidrosorb en la capacidad de retención hídrica del suelo. Esto demuestra que el Hidrosorb optimiza la disponibilidad de agua en el suelo, especialmente en condiciones de sequía como las registradas durante la investigación.

2. Efecto de tres dosis de Hidrosorb en las características agronómicas como rendimiento por unidad experimental, peso de planta, peso de pella, diámetro de pella, diámetro de tallo, longitud de raíz del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica Imperial*.)

De los resultados obtenidos se concluye la efectividad de las 3 dosis de Hidrosorb en el cultivo de brócoli. En cuanto a altura de las plantas, la dosis alta de Hidrosorb de 2.2 g/planta y la dosis media de Hidrosorb de 1.7 g/planta mostraron las alturas promedio superiores con valores de 44.65 cm y 43.59 cm respectivamente, mientras que la dosis baja de Hidrosorb 1.12 g/planta y el testigo presentaron alturas de 42.74 cm y 39.76 cm que son estadísticamente similares. Respecto al diámetro de tallo, la dosis alta genera el mayor promedio con 3.65 cm, seguida de la dosis media y baja con promedios de 3.44 cm y 3.43

cm, mientras que el testigo sin aplicación de Hidrosorb presenta solo 3.14 cm. En cuanto al diámetro de la cabeza floral, la dosis alta de Hidrosorb muestra un promedio de 16.38 cm, superando a la dosis media y baja, que tienen promedios de 15.34 cm y 15.15 cm respectivamente. el testigo presenta un diámetro promedio notablemente inferior de 13.93 cm. Para el peso de la cabeza floral la dosis alta mostro un valor superior en su promedio con 477.68 g en comparación con la dosis media, baja y el testigo que obtuvieron promedios de 410.18g, 397.96 g, 389.28 g respectivamente. En lo que respecta a longitud de raíz la dosis alta y media de Hidrosorb presentaron los promedios más altos con valores de 22.43 cm y 21.99 cm respectivamente, mientras que el tratamiento con dosis baja y el testigo presentaron los promedios más bajos con valores de 21.76 cm y 21.43 cm. En peso total de la planta las tres dosis de Hidrosorb y el tratamiento no presentaron diferencias significativas. Finalmente, para rendimiento, la dosis alta de Hidrosorb con una ampliación de 2.2 g/planta alcanzo el mayor promedio con 17.06 t/ha, seguidos por el tratamiento con dosis media de Hidrosorb 1.7 g/planta, la dosis baja de Hidrosorb 1.12 g/planta y el testigo sin aplicación de Hidrosorb que alcanzaron promedios de rendimiento de 14.65 t/ha, 14.21 t/ha y 13.90 t/ha respectivamente , evidenciando el efecto significativo de la aplicación de Hidrosorb en el rendimiento y desarrollo vegetativo del cultivo de brócoli híbrido Imperial bajo condiciones de K'ayra, San Jerónimo, Cusco.

SUGERENCIAS

- A la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, realizar estudios comparativos sobre el efecto de diferentes dosis de Hidrosorb en la capacidad de retención hídrica y el rendimiento de diversos cultivos hortícolas.
- A la Municipalidad Distrital de San Jerónimo – Cusco, impulsar programas de capacitación dirigidos a los agricultores sobre el uso de hidrogel, manejo eficiente de las dosis de aplicación para mejorar la productividad del brócoli y otros cultivos.
- A la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, promover proyectos de investigación que evalúen la interacción del Hidrosorb con distintas texturas de suelo, a fin de optimizar la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes.
- Al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI, fomentar investigaciones y programas de transferencia tecnológica sobre la aplicación de hidrogel agrícola como estrategia para enfrentar la escasez de agua y el cambio climático en zonas agrícolas de la región Cusco.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, C. M., & Martínez, E. R. (1980). Edafología: El agua en el suelo. México: Editorial Trillas.
- Alvarez, G., Briceño, J., & Valverde, F. (2023). Hidrogel en la agricultura: usos, beneficios y aplicaciones. Lima, Perú: Editorial Agraria.
- Andrade, P. (2017). Producción de brócoli en el Perú: análisis y perspectivas. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Baca, C. J. (2013). Manual técnico de riego presurizado. Cusco, Perú.
- Benites, J. (2001). La humedad del suelo y su relación con la productividad agrícola. Lima, Perú: INIA.
- Bolea, J. (1982). Fertilización de cultivos hortícolas: principios y prácticas. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Cayambe, L. (2023). Evaluación del efecto de la adición del hidrogel en el cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) [Tesis de grado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo-CIAD. (2022). Uso del hidrogel para la agricultura. <https://www.ciad.mx/uso-del-hidrogel-para-la-agricultura/>
- Delta-T Devices. (2019). Manual de usuario: Sensor ML3 ThetaProbe y medidor portátil HH2. Cambridge, Reino Unido: Delta-T Devices Ltd.
- Domínguez, A. (1997). Tratado de fertilización (3ra ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.

- Escobar, G. (2002). Polímeros absorbentes y sus aplicaciones en el agro. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Estrada, R. (2012). Hidrogeles: características, usos y aplicaciones. Ciudad de México: UNAM.
- Estrada, R., Lemus, D., Mendoza, D., & Rodríguez, V. (2010). Uso de polímeros en la agricultura. Monterrey, México: UANL.
- Freitas, A., Silva, R., & Moreira, J. (2002). Aplicación de hidrogel en cultivos agrícolas. Sao Paulo, Brasil: EMBRAPA.
- Gaspar, R. (2021). Manejo agronómico del brócoli: variedades y características. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Gonzales, J. (2011). Capacidad de retención de agua en hidrogeles agrícolas. Arequipa, Perú: UNSA.
- Hernández, C. (2008). Porosidad del suelo y su impacto en la agricultura. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Hidrosorb. (2019). Manual técnico de uso agrícola. Lima, Perú: Hidrosorb Agro.
- Hillel, D. (1998). Environmental soil physics. San Diego, CA: Academic Press.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2020). Consumo per cápita de hortalizas en el Perú. Lima, Perú: INEI.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2023). Informe técnico de producción agrícola: brócoli en Cusco. Cusco, Perú: INIA.

- Katime, I., Mendizábal, E., & Gárate, A. (2004). Hidrogeles: síntesis, caracterización y aplicaciones. Bilbao, España: Universidad del País Vasco.
- La Rossa, J., Vasicek, A., Palioni, M., & López, A. (2020). Características del híbrido Imperial de brócoli. Buenos Aires, Argentina: INTA.
- Ladrón de Guevara Rodríguez, O. (2021). Introducción a la climatología. Cusco, Perú: Editorial Universitaria UNSAAC.
- Laredo, M. (2023). Fenología del brócoli: fases y manejo. Cusco, Perú: UNSAAC.
- Macías, P., Rodríguez, L., & Cabrera, J. (2019). Estructura molecular de los hidrogeles agrícolas. Madrid, España: CSIC.
- Ministerio de Energía y Minas. (2016). Atlas solar del Perú. Dirección General de Eficiencia Energética. Lima, Perú.
- Moratiel, R. (2017). Uso de tensiómetros en la programación de riego agrícola. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Olalla, C., López, J., & Calera, A. (2005). Medición de la humedad del suelo: métodos directos e indirectos. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). El suelo: base de la agricultura sostenible. Roma, Italia: FAO.
- Ortiz, C., & Ortiz, R. (1990). Movimiento del agua en el suelo. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Pachéz, D. (2019). Dinámica del agua en el suelo agrícola. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

- Pincay Rodríguez, M. (2016). Comportamiento de tres dosis de hidratantes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Pletsch, A. (2006). Nutrición vegetal y fertilización agrícola. Buenos Aires, Argentina: Editorial Hemisferio Sur.
- Ramírez, R., Camacho, E., & Delgado, F. (2014). Humedad aprovechable del suelo y manejo del riego. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Ramos, G., Méndez, J., & Rodríguez, F. (2009). Hidrogeles y su efecto en la retención hídrica de suelos agrícolas. Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara.
- Raya, R., Apaez, E., Guillén, M., & Lara, J. (2019). Rendimiento del cultivo de brócoli en Perú. Lima, Perú: MINAGRI.
- Recinos, A. (2013). Uso agrícola de hidrogeles: beneficios y dosificación. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos.
- Richards, L., & Weaver, L. (1944). Moisture retention by soils and its agricultural significance. Washington, DC: USDA.
- Sanz, A. (2015). Efectos de los hidrogeles en las propiedades físicas y químicas del suelo. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Sierra, L. (2019). Variedades de brócoli cultivadas en Perú. Lima, Perú: INIA.
- Sierra, L., García, P., Torres, J., & Huamán, A. (2019). La Ley de Liebig y su aplicación en la fertilización agrícola. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Thomas, B., Lewis, J., & Clarke, P. (2003). Super absorbent polymers in agriculture. Londres, Reino Unido: Cambridge University Press.

- Toledo, M. (2003). Historia y origen del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Traxco. (2023). Retención hídrica del suelo en agricultura sostenible. Zaragoza, España: Traxco Agro.
- Valera, A. (2018). Propiedades del poliacrilato de potasio en la agricultura. Ciudad de México, México: UNAM.
- Valera Castillo, A. (2018). Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de brócoli híbrido Avenger. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vallejo, F. (2013). Manejo del agua en el cultivo de brócoli. Lima, Perú: INIA.
- Vamont Agro. (1999). Informe de evaluación del cultivo de fresa en el Proyecto Majes. Arequipa, Perú: Vamont Agro.
- Vázquez, L., Mejía, C., Robles, F., & Ramírez, J. (2020). Producción de brócoli en Centro y Sudamérica. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Yaipén, M. (2011). Manual técnico del Hidrosorb Agro. Lima, Perú: Hidrosorb.
- Zamora, P. (2016). Manejo del cultivo de brócoli en el Perú. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Zavaleta, R. (1992). El agua en el suelo y su influencia en los cultivos. Lima, Perú: UNALM.
- Zuchem. (2007). Manual técnico de poliacrilatos en agricultura. Lima, Perú: Zuchem Agro.

ANEXOS

Anexo N°. 1 Análisis fisicoquímico de agua



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

N°0017-23-IAQ

SOLICITANTE : DIEGO ARMANDO TALAVERANO MAMANI
INSTITUCION : Fc. AGRONOMIA UNSAAC
MUESTRA : AGUA
FUENTE : MANANTE INTIPATA
UBICACIÓN : GRANJA KAYRA
DISTRITO : SAN JERONIMO
PROVINCIA : CUSCO
REGION : CUSCO
FECHA : C/18/01/2023

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

pH	7,70
C.E. uS/cm.	628,00
Dureza ppm CaCO ₃	312,00
Calcio ppm	106,40
Magnesio ppm	9,20
Sodio ppm	5,00
Potasio ppm	1,80
Cloruros ppm	8,75
Sulfatos ppm	186,20
Bicarbonatos ppm	136,00
Carbonatos ppm	0
Hierro ppm	0,14
Boro ppm	0,04
Sales solubles total ppm	592,70

ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER, 9ª EDICION

NOTA: Agua apto para riego.

Cusco, 23 de Enero 2023

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis Químico
Melquielles Herrera Arzú
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo N°. 2 Resultados del Análisis de suelo en laboratorio



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ANÁLISIS N° : 318-01S-2023

PREDIO : TALAVERANO MAMANI DIEGO ARMANDO

LUGAR : Cusco

MATRIZ : SUELO AGRICOLA

FECHA DE RECEP. : 18/03/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES MUESTRA : PARCELA 01 - GEIR - 06-03-23

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	34.00	%		
Limo	33.67	%		
Arcilla	32.33	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLOSO			
Carbonato de Calcio Total	2.13	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	2.80	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp 27.4 °C	7.56		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	27.40	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	2.93	%	MES - 007	Walkley y Black
Densidad Aparente	1.29	g/cm ³	MES - 038	Gravimétrico
Potasio Disponible	130.60	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante: Ac. Amonio
Calcio	21.43	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	1.02	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.71	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.33	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	3.04	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	23.49	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				Extractante: DTPA
Cobre	2.72	ppm	MES - 018	FAAS
Zinc	1.31	ppm	MES - 019	FAAS
Manganeso	28.48	ppm	MES - 020	FAAS
Hierro	18.66	ppm	MES - 021	FAAS
				Extractante: CaCl₂·2H₂O
Boro	0.45	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:

- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 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

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo N°. 3 Ficha técnica Sensor de humedad del suelo ML3 ThetaProbe (parte 1)

sonda theta tipo ML2x

- $\pm 1\%$ de precisión
- Fácil conexión del registrador de datos (DC in DC out)
- Excelente estabilidad de temperatura y salinidad.
- Doble propósito: portátil para lecturas puntuales o dejado in situ para registro de datos

El ThetaProbe tipo ML2x mide el contenido volumétrico de humedad del suelo con una precisión del 1%. El ML2x tiene ventajas decisivas sobre otras tecnologías, ofreciendo precisión y confiabilidad a un precio asequible.

Fácil de usar

Con ThetaProbe tipo ML2x es fácil realizar mediciones confiables y precisas de la humedad del suelo. Simplemente inserte la sonda en el suelo, conéctela a su registrador de datos o medidor, proporcione 5-15 V CC a 20 mA y en cuestión de segundos podrá medir la humedad del suelo.

Calibración

Después de una única calibración gravimétrica de dos puntos, ThetaProbes cumplirá con su especificación completa de precisión del 1% para su suelo específico (u otro medio).

Para mayor comodidad, muchos usuarios simplemente aplican una de las dos calibraciones estándar proporcionadas por Delta-T. Con estas calibraciones minerales u orgánicas "generalizadas" se puede conseguir una precisión del 5%.

El ML2x tiene una respuesta salina predecible (que disminuye a medida que aumenta la salinidad); se puede utilizar incluso en suelos muy salinos - hasta 2000 mS.m⁻¹.

Consulte la tabla en la página 12 para obtener más información sobre precisión y calibración.

Aplicaciones

Las áreas de aplicación típicas incluyen irrigación, hidrología, ingeniería civil, elaboración de perfiles de agua en el suelo, monitoreo de la contaminación, validación de sensores remotos y silvicultura.

Siempre que se requiera un perfil de humedad del suelo vertical, se deben considerar las sondas de perfil (consulte las páginas 6 y 7); sin embargo, debe tenerse en cuenta que la precisión de ThetaProbe es de $\pm 1\%$, en comparación con el $\pm 3\%$ de la sonda de perfil.

Horticultura y agricultura

ThetaProbes se puede utilizar en una amplia gama de suelos, compostaje y otros medios de cultivo. Debido a que son tan compactos, ThetaProbes se pueden insertar en macetas o colocarse horizontalmente en una bandeja de semillas (requieren una profundidad mínima de 50 mm de abono).

compostaje El ML2x se puede colocar en material de compostaje donde pueda tolerar temperaturas de hasta +70°C. La precisión entre 40 y 70 °C es de $\pm 2\%$, pero la densidad del medio y los niveles de contaminantes pueden afectar la precisión alcanzable (y la vida útil de la sonda).

Irrigación La precisión, la facilidad de uso y la velocidad de respuesta hacen que ThetaProbe sea muy adecuado para aplicaciones de riego. Las lecturas se pueden utilizar para optimizar la programación del riego o se pueden instalar ThetaProbes como parte de un sistema de riego automático.

Monitoreo ambiental Los estudios a largo plazo del clima global y los ambientes locales requieren el monitoreo de las interacciones tierra-atmósfera, y el agua del suelo se considera cada vez más como uno de los componentes críticos.



Mayoría automática (incluido todo el Delta-T expandido a incluir ThetaProbes: otro sensor de temperatura tan fácil

Registro de datos y

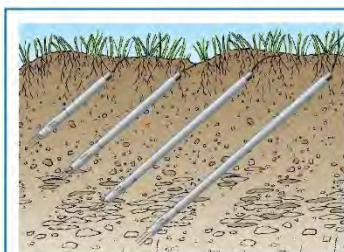
La mayoría de los tipos de registro de datos:

- Se requieren 15 VCC para encender y aceptará sus 0 - 1
- Hasta 60 ThetaProbes c registradas usando el delta

El Medidor de humedad tipo HH2 se conecta a un ThetaProbe para proporcionar un sistema portátil para la lectura instantánea de la humedad del suelo (consulte las páginas 8 y 9).

Diseño de varilla mejorado

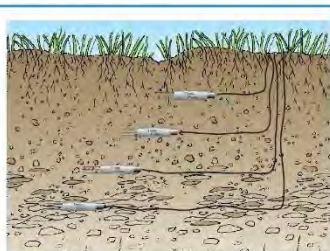
Desde principios de 2003, ThetaProbes ha sido equipado con un diseño mejorado de varilla que reduce en gran medida la posibilidad de rotura. Hay disponible un kit de conversión de bajo costo que permite instalar las nuevas varillas en ThetaProbes más antiguas.



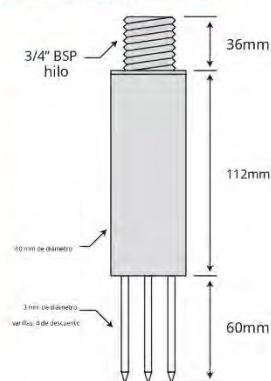
Instalación

ThetaProbes son robustas, enterrables y no requieren mantenimiento. Se pueden colocar en el suelo introduciéndolos en agujeros de barrena o, alternativamente, colocándolos en la pared de una zanja (que luego se rellena cuidadosamente).

Los tubos de extensión opcionales ayudan a colocar y retirar cómodamente al enterrar en profundidad. Los orificios de abceso deben tener un ángulo que minimice el "rastreo" de agua.



Dimensiones de la sonda Theta



Anexo N.º 4 Ficha técnica del Sensor de humedad del suelo ML3 ThetaProbe (parte 2)

Medidor de humedad tipo HH2

- Contiene múltiples tipos de suelo definidos por el usuario
- Incluye software de recopilación de datos para PC

El medidor de humedad tipo HH2 es una unidad de lectura versátil para usar con sensores de humedad del suelo Delta-T: Profile Probe, ThetaProbe, Equitensiómetro y sensor WET.

Operación simple y versátil

El HH2 ofrece una funcionalidad impresionante en una unidad portátil compacta, diseñada para uso en campo. Las lecturas se muestran en la pantalla LCD y se pueden almacenar en la memoria para descargarlas posteriormente a una PC. Se pueden almacenar hasta 2100 lecturas con marca de tiempo.

La unidad se puede operar con una mano, para mayor comodidad en el campo. Cada lectura con marca de tiempo incluye un número de muestra único, un número de identificación de parcela (A a Z) y un número de ubicación del sensor (1 a 255).

Los datos se transfieren a una PC mediante el cable RS-232 proporcionado con cada unidad. El software HH2Read para PC con Windows proporciona un asistente de importación de datos para descargar directamente en Excel u otros paquetes de hojas de cálculo para PC, o en programas de programación de riego. Los datos también se pueden descargar en formato de archivo de datos ASCII separados por comas (.CSV).

Uso con sensores HÚMEDOS

El HH2 puede mostrar y almacenar las 3 salidas de un sensor HÚMEDO. Consulte la página 11 para obtener más detalles. Las versiones anteriores del HH2 deben actualizarse antes de poder usarse con un sensor HÚMEDO (ver cuadro).

Información sobre pedidos

Medidor de humedad tipo HH2 con conector D integral de 25 pines, batería, manual de usuario, software para PC y cable RS232.

Si el HH2 está diseñado para usarse con una sola ThetaProbe, se puede pedir como parte de un conveniente kit; consulte la página al lado.

El sensor WET también se puede pedir como parte de un kit similar; consulte la página 11 para obtener más detalles.

Medidor de humedad HH2 Actualización de fábrica tipo HH2-UPGD1 incluye la instalación de la nueva versión de firmware 2.0, el software para PC HH2-READ y el manual de usuario actual.



Actualización de los medidores de humedad HH2

Si su HH2 no ejecuta PROM 2.00, le recomendamos que actualice ahora. Este es particularmente el caso de los clientes que pretenden utilizar un sensor WET, que no se puede utilizar con una versión anterior del HH2 a menos que se hayan actualizado su PROM (firmware) y el software de la PC. Las principales mejoras son: soporte para nuevos tipos de sensores, la provisión de un "Asistente de importación de conjuntos de datos" y la introducción de coeficientes de calibración específicos del suelo más amplios para los usuarios de Profile Probe. PROM 2.00 se ha instalado en todos los HH2 fabricados desde abril de 2002. Tenga en cuenta que las actualizaciones deben ser realizadas por dispositivos Delta-T. Comuníquese con Delta-T o con su distribuidor local antes de devolver su HH2.

Uso del HH2 con ThetaProbes y Profile Probes

ThetaProbes Cuando se utiliza con ThetaProbes, el HH2 muestra y almacena mediciones de humedad del suelo de un solo punto. Esto crea un sistema compacto para obtener lecturas de humedad del suelo sobre la marcha y es más adecuado para mediciones de superficie.

Sondas de perfil Cuando se utiliza con Profile Probes, el HH2 lee y almacena el contenido de humedad del suelo a 4 o 6 profundidades simultáneamente y puede calcular el déficit de agua en cada profundidad. El HH2 detecta automáticamente la cantidad de sensores presentes en cada sonda de perfil.

Esta combinación de sonda de perfil y medidor de humedad proporciona un sistema portátil y de bajo costo para recopilar rápidamente datos del perfil de humedad del suelo. Las lecturas se pueden tomar dondequiera que se hayan instalado tubos de acceso.

Tipos de suelo definidos por el usuario

Con el HH2 se suministran calibraciones estándar generalizadas para suelos minerales y orgánicos. Son adecuados para su uso con ThetaProbe o Profile Probe. El software también permite caracterizar y almacenar hasta 5 calibraciones de suelo adicionales definidas por el usuario para su uso posterior.

El tipo de suelo activo se puede cambiar en cualquier momento durante la recopilación de datos y se puede especificar por separado para cada posición del sensor en una única sonda de perfil. Las lecturas de milivoltios no convertidas se pueden almacenar junto con las lecturas de humedad del suelo.

Lectura del déficit de agua

Esta lectura indica la cantidad de agua necesaria (en mm) para restaurar la parcela a su capacidad de campo, a través de una profundidad de enraizamiento definida por el usuario. El HH2 calcula automáticamente el déficit de agua, basándose en datos de un ThetaProbe o de los sensores individuales de un PR1 dentro de esa profundidad.

La capacidad de campo (o "punto de recarga") la define el usuario. El manual del usuario del HH2 contiene tablas de clasificaciones estándar de suelos y sus valores de capacidad de campo equivalentes.

Especificaciones del medidor de humedad tipo HH2	
Rango de humedad del suelo	Cero a saturación. 0 ~ 1,5 V en rango de voltaje
Precisión/Resolución	± (0,13 % de la lectura de mV +1,0 mV). resolución de 1mV
Conexión	1 x conector macho de 25 pines, utilizado para comunicaciones RS232 y conexión de sensores
Sellado/ambiente	IP54 (A prueba de salpicaduras). Rango de temperatura de funcionamiento 0°C ~ 40°C
Choque	Mantiene las especificaciones funcionales después de una caída de 1 m sobre hormigón.
Pruebas de compatibilidad electromagnética	Cumple totalmente con la normativa europea EMC. Probado para cumplir con EN 61326 clase B
Tamaño/peso	150x80x40mm, 450g
Duración de la batería (Pila alcalina de 9V - PP3)	Normalmente: 6500 lecturas para ThetaProbe tipo ML2x; 4500 lecturas para sonda de perfil tipo PR1/6

comparación de m _{in} capacidades orales		
Depositorio	Capacidad de memoria	
	Mínimo	Típico
sonda theta	227	2186
Sonda de perfil (PR1/6)	166	782
Sonda de perfil (PR1/4)	221	1042
Sensor Húmedo	204	1272

Mínimo = todas las opciones de lectura cambian para cada lectura

Opciones de salida HH2				
Medición	theta <small>(Presión)</small>	Perfil <small>(Inclinación)</small>	HÚMEDO	Equitensio- metro
Contenido de humedad del suelo (mS metro o % Vol)	—	—	—	—
Déficit hídrico (mm)	—	—	— *	—
Salida mV no convertida	—	—	—	—
Temperatura	—	—	—	—
Conductividad del agua de los poros (CE _{sat}) mS.m ⁻¹ , mS.cm ⁻¹ o µS.cm ⁻¹ **	—	—	—	—
Permitividad del suelo (ε)	—	—	—	—
Conductividad aparente del suelo (ECa) mS.m ⁻¹ , mS.cm ⁻¹ o µS.cm ⁻¹ **	—	—	—	—

* Pero no es una aplicación típica para el sensor HÚMEDO ** Seleccionable

Anexo N°. 5 Ficha técnica de la semilla híbrida de brócoli Imperial (parte 1)



Brócoli Imperial



El brócoli líder para verano

Imperial es un híbrido adaptado a zonas intermedias y cálidas. Sus floretes son compactos, de granos finos a medios y excelente color verde.

Su cabeza única es de tamaño medio-grande, sin brotes laterales y apto para mercado fresco y la agroindustria.

Características y ventajas

Mi pella es **grande y compacta**



Soy el **brócoli preferido** para verano

Vigoro como ninguno

Características

Peso:	0,8 - 1,1 Kg.
Ciclo:	75 - 90 días
Tamaño de grano:	Fino a medio

■ Transplante

Calendario de transplante

ZONA	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEPT	OCT	NOV	DIC
XV												
IV												
V												
RM												
VI												
VII												
VIII												



SAKATA



Sargento Aldea 361
Límac, Valparaíso - Chile



www.semillasabe.cl
ventas@semillasabe.cl



SemillasAbeChile

Anexo N°. 6 Ficha técnica de la semilla híbrida de brócoli Imperial (parte 2)

Para un mejor resultado Recomendamos



Programa de aplicación en el cultivo de brócoli

Producto	Almácigo	Preparación de suelo	Transplante	Desarrollo Vegetativo
Guanito	Estimula el crecimiento de raíces y absorción de nutrientes 2 Kg / fardo de sustrato	Aumenta la fertilidad y materia orgánica del suelo 400-500 kg/ha		
TRAINER	Estimula el crecimiento de raíces y aumenta la firmeza del plantín 250-300 cc / 100 L agua		Reduce estrés post transplante $\frac{250-300 \text{ cc}}{100 \text{ L agua}}$	Estimula, nutre y protege la planta $\frac{250-300 \text{ cc}^*}{100 \text{ L agua}}$ 4-6 L/Ha*
MYR BORO				Estimula y favorece el desarrollo de la pella $\frac{200 \text{ cc}^*}{100 \text{ L agua}}$ Al inicio de formación de pella

Objetivo - Dosis foliar - Dosis riego - Preparación suelo / * = 3 a 4 aplicaciones cada 15 días
Se recomienda contactar a su zonal de ventas para asegurar una atención especializada.

Descripción de productos



El abono orgánico base más completo y de fácil aplicación (6-15-3)

Alto en fósforo orgánico, calcio, microelementos y micro-organismos benéficos. Rico en materia orgánica, ácidos húmicos y fúlvicos y de muy baja conductividad eléctrica. Libre de semillas y patógenos.



El más potente bioestimulante en base a aminoácidos vegetales

Aminograma completo y garantizado. 100% de origen vegetal y único con péptido promotor de pelos radicales (RHPP). Gran efecto anti-estrés por temperaturas extremas, sequía, fitotoxicidad, etc.



El aporte más eficaz de boro

Corrector foliar de origen vegetal con macro y microelementos quelatados con aminoácidos de origen vegetal y ácido glucónico.

Semillas abe SpA, Atens, Italtollina y Sakata no garantizan ni presuponen resultados idénticos a los descritos. Este folleto es meramente informativo. Para mayor información consulte la página web de la empresa o contacte al zonal de ventas más cercano.



Contactos comerciales:

XV región - Diego Rivera C.
+(56) 9 6496 6403

IV región - Alejandro Ríos R.
+(56) 9 8501 9627

V región - Manuel Calderón E.
+(56) 9 3867 4989

V región y RMC - José Marín R.
+(56) 9 6587 1117

RMI - Fredy Bravo M.
+(56) 9 7648 8973

VI región - Eduardo Arenas I.
+(56) 9 9827 8251

VII región - Cristián Bobadilla A.
+(56) 9 7648 8975

Oficina - Ricardo Metzger E.
+(56) 33 2418 393

Brócoli

Como usar **HYDROSORB-K**



DOSIS SUGERIDAS:

1 gramo de Hydrosorb-K hidrata 300 cc de agua

- Forestales de 3 a 5 gr en la siembra
- Palma africana 20 a 30 gr en la siembra
- Citricos de 10 a 20 gr en la siembra
- Frutales de 10 a 20 gr en la siembra
- Caucho de 3 a 5 gr en la siembra
- Café de 3 a 5 gr en la siembra

Para cultivos establecidos
dosis de acuerdo al
requerimiento
hídrico del mismo

HYDROSORB-K



Anexo N°. 8 *Tablas de registro de datos por bloques del tratamiento A para las características agronómicas evaluadas en el cultivo de brócoli- Imperial*

BLOQUE I							
TRATAMIENTO A							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B1TAP1	39.5	966	21.8	3.3	13.4	300
2	B1TAP2	42.5	933	20.1	3.4	14.2	370
3	B1TAP3	37	1126	20.2	3.6	16.1	451
4	B1TAP4	39.5	1103	22.1	3.5	16.3	406
5	B1TAP5	44.5	801	20.9	3.3	12.3	282
6	B1TAP6	42	803	20.4	3.2	14	305
7	B1TAP7	40	1016	24.5	3.5	17	425
8	B1TAP8	39	1066	24	3.3	16	406
9	B1TAP9	46	1133	24.5	3.7	16.5	470
10	B1TAP10	42.5	700	20.8	2.8	11.2	207
11	B1TAP11	43	766	20.7	3.1	12	263
12	B1TAP12	44.5	933	24.5	3.1	14.9	300
13	B1TAP13	42	1000	24.9	3.5	14.4	353
14	B1TAP14	43	833	20.7	3.2	13.7	306
15	B1TAP15	43	766	19.3	3.1	12.4	251
16	B1TAP16	46	1350	23	3.7	18	497
17	B1TAP17	40.5	1400	25	3.9	18.6	647
18	B1TAP18	48.5	1150	25.3	3.6	17.4	518
19	B1TAP19	44	1233	21.6	3.6	16.4	475
20	B1TAP20	45	1166	22.1	3.7	17.8	550
SUMA		852.00	20,244.00	446.40	68.10	302.60	7,782.00
PROM.		42.60	1,012.20	22.32	3.41	15.13	389.10

BLOQUE II							
TRAMIENTO A							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B2TAP1	39	900	23	3.5	12.1	298
2	B2TAP2	39	700	24.5	3.2	12.6	244
3	B2TAP3	44	1400	23.8	3.9	17.7	578
4	B2TAP4	44	1100	23.2	3.8	17.2	451
5	B2TAP5	43	800	18.5	3.9	13.2	368
6	B2TAP6	37	1100	18.3	3.6	16.5	438
7	B2TAP7	46	1300	24.7	3.7	18.5	556
8	B2TAP8	51.5	700	22.8	3	10	174
9	B2TAP9	46	1400	26.5	4.1	19.4	707
10	B2TAP10	46	500	22.5	2.1	8.1	94
11	B2TAP11	51	500	19	2.4	5	55
12	B2TAP12	38	900	24.6	3.2	12.5	350
13	B2TAP13	51	900	26	3.6	14.1	364
14	B2TAP14	45	700	20.5	3.5	12.9	293
15	B2TAP15	48.5	700	19.4	3.3	12.9	304
16	B2TAP16	50	1350	20.5	3.7	17.7	439
17	B2TAP17	40	1400	23.1	4.3	18.7	708
18	B2TAP18	46	1450	22.9	4.2	19.8	639
19	B2TAP19	43	1200	20	3.8	16.1	501
20	B2TAP20	46	1100	22	3.7	18.2	617
SUMA		894.00	20,100.00	445.80	70.50	293.20	8,178.00
PROM.		44.70	1,005.00	22.29	3.53	14.66	408.90

BLOQUE III							
TRAMIENTO A							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B3TAP1	45	1200	21.5	3.6	16	390
2	B3TAP2	43.5	700	18	3.1	10.5	217
3	B3TAP3	30	980	21.5	3.5	15.2	392
4	B3TAP4	33	1110	21.3	3.3	15.4	349
5	B3TAP5	44	505	23.4	2.9	7.9	139
6	B3TAP6	41	810	23.5	3.5	13.9	292
7	B3TAP7	43	1050	24.5	4.1	21.4	536
8	B3TAP8	28	1300	25.3	4.1	18.5	715
9	B3TAP9	48	1000	21.8	3.2	14.5	326
10	B3TAP10	32	800	18.4	3.2	12.8	268
11	B3TAP11	37	800	23.7	3.5	15.3	345
12	B3TAP12	42	1000	21.4	3.1	12.8	222
13	B3TAP13	35	1100	22.6	3.5	16.5	434
14	B3TAP14	39	1000	22.8	3.4	15.3	380
15	B3TAP15	39	900	20.7	2.9	13.3	254
16	B3TAP16	32	1200	23	3.6	18.1	497
17	B3TAP17	44	1700	23.8	4.2	21.7	787
18	B3TAP18	46.5	1100	22.4	3.6	17.5	569
19	B3TAP19	42	1400	23.2	3.5	15.9	475
20	B3TAP20	45	1300	22.8	3.6	18.4	526
SUMA		789.00	20,955.00	445.60	69.40	310.90	8,113.00
PROM.		39.45	1,047.75	22.28	3.47	15.55	405.65

BLOQUE IV							
TRAMIENTO A							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B4TAP1	35	800	21	2.8	12.1	532
2	B4TAP2	46	1400	18	3.9	19.6	514
3	B4TAP3	37.5	1000	15.5	3.5	15.4	196
4	B4TAP4	42.5	1100	19	3.5	16.4	246
5	B4TAP5	47	1100	19	3.2	15.8	534
6	B4TAP6	49	500	19.5	2.6	11.6	450
7	B4TAP7	31.5	700	21.3	2.7	11.2	504
8	B4TAP8	38.5	1200	20	3	19.5	616
9	B4TAP9	44	1000	21	3.8	16	433
10	B4TAP10	50	800	21.5	3.1	12.7	209
11	B4TAP11	41	1000	17.5	3.6	15.8	262
12	B4TAP12	53.5	900	25	3	19.5	392
13	B4TAP13	40	1000	20.3	3.4	12.6	275
14	B4TAP14	45.5	800	19	2.9	13.1	217
15	B4TAP15	42	700	18	3.1	11	397
16	B4TAP16	57	1500	25.5	3.9	18.3	289
17	B4TAP17	38	1100	23	3.4	15.5	446
18	B4TAP18	54	900	20.2	3.2	15	552
19	B4TAP19	48	1100	19	3.5	17.4	394
20	B4TAP20	44	1100	19.5	3.8	16.9	306
SUMA		884.00	19,700.00	402.80	65.90	305.40	7,764.00
PROM.		44.20	985.00	20.14	3.30	15.27	388.20

Anexo N°. 9 *Tablas de registro de datos por bloques del tratamiento B para las características agronómicas evaluadas en el cultivo de brócoli- Imperial*

BLOQUE I							
TRATAMIENTO B							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B1TBP1	42.5	1300	23	3.5	16.9	487
2	B1TBP2	41	1000	21.5	3.2	15.5	408
3	B1TBP3	42	1350	20.7	3.3	15.4	419
4	B1TBP4	48.5	1050	22.5	3.4	14.5	352
5	B1TBP5	45	933	21.7	3.6	15.7	420
6	B1TBP6	42.5	1066	22.8	3.1	16.7	481
7	B1TBP7	41	1000	22.2	3.3	16	440
8	B1TBP8	44	1300	22.6	3.3	16.9	517
9	B1TBP9	47	1283	23.4	3.4	15.1	414
10	B1TBP10	40	1183	23.2	3.4	15	430
11	B1TBP11	41	666	23.4	3.1	10.3	228
12	B1TBP12	40	966	20.7	3.2	14	332
13	B1TBP13	45.5	1016	21.8	3.4	15.6	391
14	B1TBP14	47	583	22.7	3.8	9.6	162
15	B1TBP15	40.5	950	23.3	3.5	14.8	351
16	B1TBP16	44	1300	22.3	3.8	15.7	418
17	B1TBP17	43	1166	21.8	3.5	15.6	456
18	B1TBP18	43.5	1233	23	3.7	17.4	556
19	B1TBP19	45	1200	22.9	3.3	16.8	419
20	B1TBP20	45.5	1166	23.2	3.5	16.4	519
SUMA		868.50	21,711.00	448.70	68.30	303.90	8,200.00
PROM.		43.43	1,085.55	22.44	3.42	15.20	410.00

BLOQUE II							
TRAMIENTO B							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B2TBP1	48.5	800	29	3.9	13.5	300
2	B2TBP2	36.5	500	25.4	3.3	9.3	147
3	B2TBP3	39	1100	22.5	3.6	15.9	434
4	B2TBP4	49	1250	17.1	3.8	15.8	430
5	B2TBP5	46.5	900	19.5	4	14.7	358
6	B2TBP6	45	1200	22	3.6	17.3	569
7	B2TBP7	46	1000	21.5	3.8	15.9	497
8	B2TBP8	42	1000	28.5	3.7	14.5	395
9	B2TBP9	48.5	1200	24.1	3.9	16.6	477
10	B2TBP10	37	1000	14	3.6	13.7	364
11	B2TBP11	39.5	850	19.5	3.3	15.3	392
12	B2TBP12	37	700	17.5	3.6	10.2	228
13	B2TBP13	38.5	1150	20.5	3	15.1	448
14	B2TBP14	43	650	18	3.8	10	151
15	B2TBP15	32	650	29	3.1	11.5	241
16	B2TBP16	48	1300	24.4	3.8	17.5	544
17	B2TBP17	49.45	1200	21.5	3.4	16.4	464
18	B2TBP18	52	1500	24.4	3.9	19.3	732
19	B2TBP19	51	1100	23.5	3.5	16.7	462
20	B2TBP20	49.5	1800	25.1	3.9	19.5	864
SUMA		877.95	20,850.00	447.00	72.50	298.70	8,497.00
PROM.		43.90	1,042.50	22.35	3.63	14.94	424.85

BLOQUE III							
TRAMIENTO B							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B3TBP1	43	1800	19.5	3	19.5	630
2	B3TBP2	42	1100	23.3	3	18.4	565
3	B3TBP3	40	1850	23.8	3.1	17.5	629
4	B3TBP4	53	1000	25.3	3.5	15.5	380
5	B3TBP5	42	900	24.7	3.6	15.5	368
6	B3TBP6	37	900	21.5	2.9	15.5	424
7	B3TBP7	35	800	16.6	3	14.3	319
8	B3TBP8	40	1100	21.4	3.3	17.9	540
9	B3TBP9	49	750	15.2	3.5	13.5	332
10	B3TBP10	45	1450	17.6	3.5	20.2	718
11	B3TBP11	43	350	25.7	3.1	10	30
12	B3TBP12	45	1200	24.8	3.1	16.8	377
13	B3TBP13	45	1000	23	3.6	18.1	450
14	B3TBP14	47	400	20.1	3.4	7.1	118
15	B3TBP15	46	900	21.6	3.5	17.5	416
16	B3TBP16	39.1	1200	25.3	3.7	15.5	422
17	B3TBP17	42	1200	22.6	3.6	15.2	460
18	B3TBP18	35.6	1000	26.7	3.6	13.2	385
19	B3TBP19	41	1100	24.9	3.2	16.5	402
20	B3TBP20	40	900	24.6	3.5	15.7	388
SUMA		849.70	20,900.00	448.20	66.70	313.40	8,353.00
PROM.		42.49	1,045.00	22.41	3.34	15.67	417.65

BLOQUE IV							
TRAMIENTO B							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B4TBP1	37	1300	20.5	3.7	17.8	532
2	B4TBP2	45	1400	21.5	3.3	19	514
3	B4TBP3	47	1100	20.2	3.2	13	196
4	B4TBP4	44	900	19	3	12.1	246
5	B4TBP5	47	1000	21	3.3	16.9	534
6	B4TBP6	46	1100	19.5	3	17.5	450
7	B4TBP7	43	1200	19	3.2	17.8	504
8	B4TBP8	50	1800	21.6	3.1	18.4	616
9	B4TBP9	44	1900	21	3	15.2	433
10	B4TBP10	39	1100	22	3.1	11.1	209
11	B4TBP11	43	800	25	3.1	13.5	262
12	B4TBP12	38	1000	20	2.9	16.6	392
13	B4TBP13	54	900	22	3.6	13.6	275
14	B4TBP14	51	700	22.3	4.2	11.9	217
15	B4TBP15	44	1300	19.5	4.1	15.5	397
16	B4TBP16	45	1400	19.8	3.9	14.2	289
17	B4TBP17	39	1100	21.4	3.6	15.2	446
18	B4TBP18	44	1200	20.6	3.7	19.9	552
19	B4TBP19	44	1400	19	3.2	17.4	394
20	B4TBP20	47	800	20	3.3	14	306
SUMA		891.00	23,400.00	414.90	67.50	310.60	7,764.00
PROM.		44.55	1,170.00	20.75	3.38	15.53	388.20

Anexo N°. 10 *Tablas de registro de datos por bloques del tratamiento C para las características agronómicas evaluadas en el cultivo de brócoli- Imperial*

BLOQUE I							
TRATAMIENTO C							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	BITCP1	41	975	20.6	3.5	15.2	466
2	BITCP2	43	1216	24.1	3.8	17.9	570
3	BITCP3	49.5	783	23.2	3.2	14	312
4	BITCP4	48	866	24	3.3	14.5	350
5	BITCP5	46.5	900	22	3.4	15.1	369
6	BITCP6	45.5	970	20.4	3.5	15.5	419
7	BITCP7	46	1030	21.3	3.4	16	471
8	BITCP8	44	752	21.5	2.9	14.3	309
9	BITCP9	46.5	999	23.1	3.9	18.4	609
10	BITCP10	42	830	20.9	3.3	12.7	380
11	BITCP11	42	844	22	3.4	14.2	334
12	BITCP12	45	1006	22.5	3.6	16.7	458
13	BITCP13	42.5	990	23.6	3.7	17.6	495
14	BITCP14	43	873	21.5	3.7	16.4	445
15	BITCP15	40	1191	23.3	4	19	693
16	BITCP16	44.5	1184	24.00	4	18.8	664
17	BITCP17	52.5	1054	22.5	4.5	17.6	520
18	BITCP18	43	1322	24.7	3.9	17.5	590
19	BITCP19	42.5	1098	23.3	3.7	17.2	529
20	BITCP20	43	1178	22.4	3.8	18.5	605
SUMA		890.00	20,061.00	450.90	72.50	327.10	9,588.00
PROM.		44.50	1,003.05	22.55	3.63	16.36	479.40

BLOQUE II							
TRAMIENTO C							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B2TCP1	42	900	22.5	3.3	12.1	324
2	B2TCP2	44	950	22.5	3.3	14.5	352
3	B2TCP3	62	650	24.5	3.6	17.7	455
4	B2TCP4	55	700	24.5	3.8	17.6	494
5	B2TCP5	53	720	26	3.4	15.3	364
6	B2TCP6	52	600	17.5	3	12	251
7	B2TCP7	55	750	21.5	3.3	13.5	331
8	B2TCP8	47	1600	23.5	3.4	16.5	432
9	B2TCP9	48	1300	28.7	3.8	18.4	565
10	B2TCP10	42	790	28.7	3.8	15.5	483
11	B2TCP11	35	960	23.5	3.7	16.5	485
12	B2TCP12	46	520	17.5	3.4	14.6	363
13	B2TCP13	43	1200	23.5	4	21.1	636
14	B2TCP14	42	1400	22	3.4	16.6	435
15	B2TCP15	42	1350	24.1	4.1	18.8	585
16	B2TCP16	41	1300	17.1	3.6	18	577
17	B2TCP17	48	1100	19.5	5.3	15	438
18	B2TCP18	49	1200	28.7	3.7	15.9	460
19	B2TCP19	48	1100	26	3.6	16.8	462
20	B2TCP20	43.5	1400	28.7	3.6	16.5	438
SUMA		937.50	20,490.00	470.50	73.10	322.90	8,930.00
PROM.		46.88	1,024.50	23.53	3.66	16.15	446.50

BLOQUE III							
TRAMIENTO C							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B3TCP1	45	1600	21.5	4.1	21.4	806
2	B3TCP2	46	1500	25	4	18.8	613
3	B3TCP3	47	600	23.4	2.8	10	173
4	B3TCP4	44	800	23	2.8	10.5	172
5	B3TCP5	42	1000	25	3.7	17.6	466
6	B3TCP6	45	900	22.6	3.8	16	428
7	B3TCP7	48	1300	22	3.4	17	496
8	B3TCP8	43	500	23.8	2.3	12.5	141
9	B3TCP9	43	1000	24	4.1	21.6	818
10	B3TCP10	46	400	22.5	2.5	4.8	82
11	B3TCP11	43	800	20.6	3.4	15.3	297
12	B3TCP12	46	1300	24	3.8	17.1	480
13	B3TCP13	43	950	22.5	3.2	14.9	338
14	B3TCP14	45	1000	22	3.9	17.5	497
15	B3TCP15	43	1300	22.6	4	19.4	685
16	B3TCP16	40	1200	22.5	4	17.6	555
17	B3TCP17	57.5	1200	21.6	4.1	18.8	575
18	B3TCP18	42	1500	20.5	4	16.8	580
19	B3TCP19	42	1200	24.5	3.9	16.3	560
20	B3TCP20	39.5	1600	21.5	4.1	21.4	806
SUMA		890.00	21,650.00	455.10	71.90	325.30	9,568.00
PROM.		44.50	1,082.50	22.76	3.60	16.27	478.40

BLOQUE IV							
TRAMIENTO C							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B4TCP1	38	800	23.4	3.1	12.3	269
2	B4TCP2	39	1700	22.7	4.1	20.4	746
3	B4TCP3	40	1100	21.2	3.2	14.5	310
4	B4TCP4	46	1100	24	3.4	15.5	384
5	B4TCP5	45	1100	20.2	3.2	12.5	278
6	B4TCP6	40	1600	18	3.8	18.7	580
7	B4TCP7	35	1300	17.5	3.7	17.7	586
8	B4TCP8	42	1100	23	3.2	14	354
9	B4TCP9	49	1200	20	3.8	15.2	444
10	B4TCP10	38	1300	18.9	3.6	18	577
11	B4TCP11	48	1000	25	3.2	10.8	222
12	B4TCP12	43	1200	18.5	3.7	18.4	533
13	B4TCP13	42	1200	19.5	4	16.8	512
14	B4TCP14	43	1000	20.5	3.8	15.1	404
15	B4TCP15	36	1400	20.4	3.9	18.8	649
16	B4TCP16	53	1600	19	4.6	21	862
17	B4TCP17	53	1300	18.5	4.2	19	549
18	B4TCP18	39	1700	25	4.2	19.9	731
19	B4TCP19	38	1500	25	3.8	18.5	566
20	B4TCP20	47	1250	17	3.8	17.6	572
SUMA		854.00	25,450.00	417.30	74.30	334.70	10,128.00
PROM.		42.70	1,272.50	20.87	3.72	16.74	506.40

Anexo N°. 11 *Tablas de registro de datos por bloques del testigo T para las características agronómicas evaluadas en el cultivo de brócoli- Imperial*

BLOQUE I							
TESTIGO							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	BITP1	39	1066	19.5	3.1	13.5	300
2	BITP2	43.8	733	22.5	2.9	14.5	370
3	BITP3	43.5	833	26	3	15	451
4	BITP4	40.6	1016	20.5	3.2	14.5	406
5	BITP5	37.5	1050	22.3	3.2	15	282
6	BITP6	45.3	833	21.5	3	15	305
7	BITP7	36	900	21.6	3	13.5	425
8	BITP8	36	1016	23	2.9	14	406
9	BITP9	38.5	950	23	3	14.5	470
10	BITP10	29.5	966	22.4	3.1	15	207
11	BITP11	35.3	800	20.3	3	12	263
12	BITP12	40.3	866	20.5	3.2	14	300
13	BITP13	39.7	866	23.5	3.1	13.3	353
14	BITP14	42	1133	21	2.9	12	306
15	BITP15	43	1016	21.2	2.9	13.2	251
16	BITP16	42.1	1166	22.2	3	14.5	497
17	BITP17	41	966	20.3	3.2	14	647
18	BITP18	41.2	1233	24	3.3	15	518
19	BITP19	42.3	1050	22.5	3.2	14.3	475
20	BITP20	29.8	1166	19.1	3	13	550
SUMA		786.40	19,625.00	436.90	61.20	279.80	7,782.00
PROM.		39.32	981.25	21.85	3.06	13.99	389.10

BLOQUE II							
TESTIGO							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B2TP1	42	1100	17.5	3.1	13.5	298
2	B2TP2	40	750	19.5	2.6	12.3	244
3	B2TP3	43	850	23.4	3.2	15	578
4	B2TP4	42	1200	21.1	3.2	14.5	451
5	B2TP5	47	1300	19.5	3	14.7	368
6	B2TP6	39.8	1050	23.2	3.5	14.2	438
7	B2TP7	36.7	1100	24.8	3.4	15.5	556
8	B2TP8	38.9	1150	23.2	3.2	14	174
9	B2TP9	42	1200	21.8	3.2	13.7	707
10	B2TP10	42.5	900	22.1	3.2	13.7	94
11	B2TP11	39.6	700	24.3	3	14.8	55
12	B2TP12	37.8	900	19.5	3.2	12.4	350
13	B2TP13	42	700	27	3.3	13.5	364
14	B2TP14	39.4	1000	22.6	2.8	12.5	293
15	B2TP15	42	600	17.1	3	13.5	304
16	B2TP16	41.8	1150	24.7	2.9	13.8	439
17	B2TP17	36	1000	20.9	3.3	13.5	708
18	B2TP18	37.9	1300	24.8	3.4	14	639
19	B2TP19	41	1100	22.6	3.2	13.5	501
20	B2TP20	28.5	1300	20.7	3.5	13.3	617
SUMA		799.90	20,350.00	440.30	63.20	275.90	8,178.00
PROM.		40.00	1,017.50	22.02	3.16	13.80	408.90

BLOQUE III							
TESTIGO							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B3TP1	38.9	700	21	3.2	14.2	390
2	B3TP2	42	550	25	3.1	13.5	217
3	B3TP3	43	750	24.3	3.2	14.5	392
4	B3TP4	42	1050	23	3.2	13.6	349
5	B3TP5	37.9	850	27	3	13.5	139
6	B3TP6	41	550	22.2	3.1	15.5	292
7	B3TP7	40	600	19	3.2	14.3	536
8	B3TP8	42	800	22	3.4	14.5	715
9	B3TP9	37	1050	19.5	3.2	13.5	326
10	B3TP10	43	1100	23.2	3.5	14.5	268
11	B3TP11	38.6	700	17	2.3	12.6	345
12	B3TP12	40	900	22	2.8	13.8	222
13	B3TP13	41	900	24.5	3	14.3	434
14	B3TP14	39.6	1000	17.5	3	12.9	380
15	B3TP15	41	950	21.7	3.3	14.3	254
16	B3TP16	42.5	1050	19	3.3	15.5	497
17	B3TP17	28.9	1000	23.5	3.2	14.2	787
18	B3TP18	42	1000	22.3	3.2	13.2	569
19	B3TP19	42	950	20	3.3	13.7	475
20	B3TP20	43	1300	22.7	3.5	13.2	526
SUMA		805.40	17,750.00	436.40	63.00	279.30	8,113.00
PROM.		40.27	887.50	21.82	3.15	13.97	405.65

BLOQUE IV							
TESTIGO							
N°	ETIQUETA	ALTURA DE PLANTA (CM)	PESO TOTAL DE LA PLANTA (GR)	LONGITUD DE RAIZ (CM)	DIAMETRO DE TALLO (CM)	DIAMETRO DE PELLA (CM)	PESO FRESCO DE PELLA (GR)
1	B4TP1	41.5	1400	20	3	14.7	213
2	B4TP2	42.5	900	23	3.2	14.5	650
3	B4TP3	42.5	900	24.5	2.9	13.4	384
4	B4TP4	38	800	17.5	2.9	12.1	418
5	B4TP5	39.6	1000	20.5	3.1	14.7	340
6	B4TP6	37	900	16.5	3.3	15	187
7	B4TP7	38.5	1000	21	3.3	15.2	183
8	B4TP8	42	1100	18.5	3.5	15	329
9	B4TP9	39	600	20	3.6	15.2	379
10	B4TP10	40	900	20	2.9	11.1	260
11	B4TP11	30	1000	18.2	3.2	13.5	390
12	B4TP12	39	800	20	3.4	13.8	329
13	B4TP13	37	1000	17.4	3.2	13.6	261
14	B4TP14	37	1400	17	2.9	11.9	245
15	B4TP15	38	1500	25	3.3	13.5	195
16	B4TP16	42	1300	23	2.9	14.2	555
17	B4TP17	42	900	16.5	3.3	15.2	448
18	B4TP18	43	1400	18.3	3.2	14.2	346
19	B4TP19	41	1100	25	3.2	14.5	449
20	B4TP20	39	900	18.4	3.1	14	508
SUMA		788.60	20,800.00	400.30	63.40	279.30	7,069.00
PROM.		39.43	1,040.00	20.02	3.17	13.97	353.45

Anexo N°. 12 Datos velocidad media del viento diaria y precipitación total diaria del SENAMHI

ESTACIÓN GRANJA KCAYRA

ESTACIÓN: GRANJA KCAYRA
PARAMETRO:

LATITUD: 13°33'24.26"
LONGITUD: 71°52'30.62"
ALTITUD: 3 219 m.s.n.m.

DPTO.: CUSCO
PROV: CUSCO
DIST. SAN JERONIMO

VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO DIARIA EN (m/s)

DÍA	ENERO 2023	FEBRERO 2023	MARZO 2023	ABRIL 2023	MAYO 2023	JUNIO 2023	JULIO 2023
1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.7	1.3	2.0	2.0	0.0	3.3
3	0.0	0.0	1.3	0.7	0.0	0.0	0.0
4	0.0	1.3	0.0	0.0	2.0	0.0	2.0
5	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
6	1.3	0.7	2.0	0.0	0.0	0.0	1.3
7	2.7	0.0	2.0	0.7	0.0	0.0	0.0
8	1.3	2.7	1.3	1.3	0.0	0.0	2.0
9	2.0	0.0	4.7	0.0	2.7	0.0	0.0
10	2.7	1.3	2.0	0.7	0.0	1.3	0.7
11	0.7	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.7
12	1.3	0.7	0.0	0.7	1.3	2.0	0.7
13	0.7	1.3	2.7	1.3	0.7	2.0	2.0
14	1.3	0.0	2.0	1.3	0.0	2.0	1.3
15	4.0	1.3	2.0	0.0	0.0	0.0	0.7
16	0.7	2.0	2.0	0.7	0.0	0.0	0.7
17	0.0	3.3	1.3	0.0	1.3	0.0	2.7
18	0.0	0.0	0.0	1.3	0.7	0.0	2.7
19	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.3	0.0
20	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.3
21	1.3	1.3	0.0	2.0	0.0	0.0	2.7
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.3	0.0
23	1.3	0.0	2.0	1.3	0.7	0.0	1.3
24	0.0	1.3	0.0	2.7	3.3	0.0	2.7
25	0.0	4.0	0.0	0.7	0.7	0.0	2.7
26	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.3	3.3
27	3.3	2.0	1.3	2.0	0.0	0.0	2.0
28	1.3	1.3	1.3	0.7	0.0	1.3	1.3
29	0.0		2.0	0.0	1.3	0.7	0.0
30	0.0		0.7	0.0	0.0	1.3	1.3
31	2.7		1.3		0.7		3.3

ESTACIÓN GRANJA KCAYRA

ESTACIÓN: GRANJA KCAYRA
PARAMETRO:

LATITUD: 13°33'24.26"
LONGITUD: 71°52'30.62"
ALTITUD: 3 219 m.s.n.m.

DPTO.: CUSCO
PROV: CUSCO
DIST. SAN JERONIMO

PRECIPITACION TOTAL DIARIA EN (mm)

DÍA	ENERO 2023	FEBRERO 2023	MARZO 2023	ABRIL 2023	MAYO 2023	JUNIO 2023	JULIO 2023
1	1.3	3.2	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
2	13.1	1.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0
3	0.0	3.3	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0
4	0.9	1.5	4.7	10.1	6.3	0.0	0.0
5	4.6	2.2	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0
6	0.0	4.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
7	0.0	18.5	0.0	0.0	32.4	0.0	0.0
8	0.4	16.1	5.4	0.0	3.4	0.0	0.0
9	11.8	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
10	27.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0
12	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	7.5	21.3	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0
15	0.0	14.9	1.4	13.6	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	4.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.6	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
21	2.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	1.8	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
24	4.2	14.4	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0
25	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	1.4	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	5.6		2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	7.1		0.0		0.0		0.0