

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE FERTIRRIEGO EN EL CULTIVO
DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea L.* variedad Itálica Híbrido “Legacy”)
BAJO CONDICIONES DEL CENTRO AGRONÓMICO K’AYRA-SAN
JERÓNIMO-CUSCO.”**

Presentada por:

Br. THALIA LUCHITA MOSQUEIRA ONOFRIO.

Para optar al título profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO.

ASESOR:

DR. CARLOS JESUS BACA GARCIA.

Cusco-Perú

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN DE
TRES NIVELES DE FERTIRIEGO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (BRASSICA
oleracea L. variedad Italiana Híbrido "Legacy") BAJO CONDICIONES DEL CENTRO AGRARIO LILLO KÓYRA
SAN JERÓNIMO - CUSCO
presentado por: THAUA LUCHITA MOSQUEIRA OMOFRIO con DNI Nro.: 70134377
presentado por: con DNI Nro.:
para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO AGRÓNOMO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

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

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

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 18 de Octubre de 2022



Firma

Post firma CARLOS JESÚS BACA GARCÍA

Nro. de DNI 23952035

ORCID del Asesor 0000-0002-8289-0614

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: OID: 21259.173633176

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACION DE TRES NIVELES DE
FERTIRRIEGO EN EL CULTIVO DE
BRÓCOLI, BAJO CONDICIONES
EDAFOCLIMATICAS DEL CENTRO AG

AUTOR

THALIA LUCHITA MOSQUEIRA ONOFRI
O

RECUENTO DE PALABRAS

26410 Words

RECUENTO DE CARACTERES

116979 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

126 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.6MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 18, 2022 9:28 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

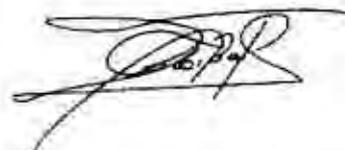
Oct 18, 2022 9:36 PM GMT-5**● 10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base d

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● Excluir del Reporte de Similitud

- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)



Dr. Carlos Jesus Baca Garcia

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón y cariño a mi madre Justa Onofrio Huacac que me ha sabido apoyar en los momentos más difíciles de mi vida y a mi padre Lucio Mosqueira Salinas que con su sacrificio de los dos hicieron posible de mi formación personal.

A mis hermanos Lucho Sayje y Indira Liz por su aliento y por ser la razón de sentirme tan orgullosa de culminar mi vida profesional.

A mi abuelita Estefanía por haberme cuidado y brindado una familia hermosa.

A Todas las personas que me ayudaron en mi vida universitaria familia, amigos y docentes por esa fortaleza que me dieron cada día.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Justa Onofrio Huacac y Lucio Mosqueira Salinas que me apoyaron en todo mi transcurso de mis estudios.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO y a la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela profesional de Agronomía por brindarme buenos docentes y aulas donde me desenvolví por varios años para llegar a ser un buen profesional.

A mi asesor Dr. Carlos Jesús Baca García por todo su apoyo y sobre todo haberme brindado sus conocimientos para así poder culminar con este proyecto de investigación.

Al mejor compañero de Agronomía Ing. Luis Angel Quillahuaman quien me apoyó incondicionalmente para poder culminar mi tesis del cual estoy muy agradecida.

A mis tías y tíos en especialmente a mi tía Leonor por sus palabras de aliento y haber creído en mí.

A mis primos, primas y sobrinos que con mucho amor me dieron consejos y fueron la inspiración para llegar a este primer logro.

A mis amigos, Carlos Davila, Alejandro Juchasara, Giancarlo Alfaro, Henry Champi, Jhoanny Parra, Nila Aliaga y demás queridos amigos quienes me apoyaron y compartimos conocimientos, alegrías y tristezas hasta la culminación de esta primera etapa de mi vida.

Al grupo de estudios (GEIR) por el apoyo incondicional que me brindaron.

INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	vii
I. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Problema General	1
1.2. Problemas específicos.....	1
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	3
2.1. Objetivos.....	3
2.1.1. Objetivo general	3
2.1.2. Objetivos específicos	3
2.2. Justificación	4
III. HIPÓTESIS	5
3.1. Hipótesis general.....	5
3.2. Hipótesis específica	5
IV. MARCO TEÓRICO	7
4.1. Fertilización	7
4.2. Fertirrigación.....	9
4.3. Riego localizado.....	14
4.4. Diseño Agronómico de cultivo.....	19

4.5.	Cultivo de brócoli.....	25
4.6.	Manejo del cultivo.....	32
4.7.	Rendimiento	36
V.	DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	38
5.1.	Ubicación del campo experimental	38
5.2.	Materiales.....	40
5.3.	Métodos	42
5.5.	Instalación de riego en la parcela experimental	74
5.6.	Manejo del cultivo.....	77
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	83
6.1.	Resultados.....	83
6.1.1.	Determinación del requerimiento nutricional durante el ciclo fenológico.	83
6.1.2.	Cálculo de la demanda hídrica	86
6.1.3.	Resultados de la comparación del comportamiento agronómico.....	87
6.1.4.	Rendimiento del cultivo de Brócoli.....	132
VII.	CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	138
VIII.	BIBLIOGRAFIA	141
	ANEXOS.....	149

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó entre febrero del 2022 y Mayo del 2022 en una área total de 176 m², teniendo así como objetivo general evaluar el requerimiento nutricional, demanda hídrica, comportamiento biométrico y rendimiento de tres niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli (*brassica oleracea l. variedad itálica* híbrido “legacy”).

En cuanto a la fertirrigación, se optó por evaluar la dosificación correcta para el cultivo de brócoli, ya que no se presentaron deficiencias nutricionales durante el trabajo de investigación, se consideró 6 etapas en 100 días, obteniendo mejores resultados con el nivel propuesto de Floria Bertsch.

Teniendo en cuenta los datos de la planilla de riego como el cálculo de tiempo de riego y precipitación de obtuvo 32.65 mm (1326.5 m³/ ha) fue la demanda hídrica del cultivo de brócoli en 100 días.

En cuanto al análisis estadístico se adoptó, el no paramétrico de Kruskal-Wallis (de William Kruskal y W. Allen Wallis), para la variable de rendimiento y características biométricas, donde se compara más de dos muestras con el propósito de conocer si provienen de la misma población, y se observa si existe diferencias, entre los tres niveles de fertirriego, a un nivel de significancia menor del 0.05, teniendo así que el tratamiento nivel propuesto por Bertsch fue superior con un rendimiento de 13.55 kg/ha.

En la altura de planta con nivel propuesto por INIA muestra un mayor crecimiento con un promedio de 30.58 cm de altura de planta en la última etapa vegetativa.

En número de hojas con nivel propuesto de Floria Bertsch, donde presenta una mayor cantidad, con un promedio de 20.60 números de hojas en la última etapa.

Para el diámetro de hoja con nivel propuesto por Floria Bertsch, presenta un mayor diámetro. Con un promedio de 16.46 cm, en la última semana con respecto a los demás observando que no tiene un comportamiento regular ya que se tomó los datos de manera aleatoria.

En promedio, para el largo de hoja con nivel propuesto por Floria Bertsch presenta una mayor longitud de las hojas con un promedio 35.73 cm, pero dicha diferencia es muy similar a la del tratamiento INIA con un promedio 35.15 cm.

En diámetro de pella, el tratamiento con nivel propuesto por Floria Bertsch son ligeramente superiores a los demás tratamientos con un promedio de 19.13 ± 2.48 .

Palabras clave: Fertirriego, Fertilizante, Evapotranspiración, Plan nutricional.

INTRODUCCIÓN

El Brócoli (*Brassica oleracea L.*), es una especie importante que tiene un desarrollo económico creciente en estos últimos años, de igual manera el consumo tiene una tendencia ascendente y esta se basa en su calidad nutritiva coincidiendo con la predisposición general en los principales mercados mundiales, Soncco (2019).

En cuanto a su composición nutricional, el nutriente más abundante es la vitamina K, también tiene una excelente fuente de otros nutrientes como la vitamina C, así mismo se observan diferentes vitaminas como la B2, B8, B5, B6, HERBAZET (2020). En cuanto al requerimiento nutricional es importante dotar al cultivo de cantidades suficientes de N-P-K, el cual el N se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas, el P es indispensable para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta y el K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad, FAO & IFA (2002). En consideración a lo anterior, es necesario saber cuánto de fertilizante aportar en cada etapa fenológica sin que se presenten problemas de toxicidad o deficiencia de otro nutriente que redunde en menores rendimientos.

Se resalta que el desconocimiento de los niveles de fertilización nos lleva a dosificar cantidades inadecuadas de nutrientes, obteniendo bajos rendimientos por lo que se ve por conveniente plantear un mejor uso de agua con fertilizantes a través del trabajo de investigación titulado “EVALUACION DE TRES NIVELES DE FERTIRRIEGO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea L.* variedad Itálica Híbrido “Legacy”) BAJO CONDICIONES DEL CENTRO AGRONOMICO K’AYRA-SAN JERÓNIMO-CUSCO”.

“la autora”

I. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú, se tiene un 88% de áreas de cultivo que no poseen riego y tan solo el 12% cuenta con un sistema de riego presurizado, ya sea riego por goteo o riego por aspersión.

En la región del Cusco el cultivo de Brócoli tiene rendimientos bajos debido a la baja eficiencia en el uso de fertilizantes, obtención de semillas certificadas y deficiente manejo de plagas y enfermedades, así como también la poca tecnología que el agricultor posee, en cuanto a aplicación de nutrientes juntamente con el agua de manera uniforme en su campo de cultivo.

El brócoli requiere diferentes cantidades de nutrientes por etapa fenológica por lo cual es de mucha importancia. El estudio de las dosificaciones adecuadas de fertilizante por etapa fenológica lo cual nos llevará a tener rendimientos superiores a los del promedio.

Por consiguiente, se ha visto, la gran importancia del estudio del manejo eficiente de fertilizantes y riego, en beneficio al agricultor Cusqueño, ya que es escasa la información que se posee en cuanto al manejo de fertilizantes mediante riego por goteo en el cultivo de hortalizas.

1.1. Problema General

¿Cómo es el plan nutricional, demanda hídrica, comparación biométrica y rendimiento en los tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”***) en condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco?

1.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo es el plan nutricional de los tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”***) durante el ciclo productivo bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco?
2. ¿Cuánto es la demanda hídrica del cultivo de **Brócoli (*Brassica***

oleracea L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”) en su ciclo productivo bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco?

3. ¿Cómo será la comparación del comportamiento biométrico en tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”***) bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco?
4. ¿Cuál es el rendimiento de peso fresco de pella en tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”***) bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Evaluar el plan nutricional, demanda hídrica, comparación biométrica y rendimiento en los tres niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea* L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”**) en condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco.

2.1.2. Objetivos específicos

1. Determinar el requerimiento nutricional de los tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea* L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”**) durante el ciclo productivo bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco.
2. Calcular la demanda hídrica del cultivo de Brócoli (***Brassica oleracea* L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”**) en su ciclo productivo bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco.
3. Realizar la comparación del comportamiento biométrico: altura de la planta, número de hojas, diámetro de hojas, largo de hojas y diámetro de la pella, mediante los tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea* L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”**) bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco.
4. Obtener el rendimiento de peso fresco de pella en tres niveles de

fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea L.* variedad **Itálica Híbrido “Legacy”**) bajo condiciones del Centro Agronómico K’ayra-San Jerónimo-Cusco.

2.2. Justificación

Es de gran importancia determinar el requerimiento nutricional en todo el ciclo fenológico para hacer el uso adecuado de los fertilizantes mediante el requerimiento nutricional que necesita la planta en el proceso de su crecimiento para mejorar la absorción de nutrientes y así conseguir una mayor producción.

La evaluación con nuevas tecnologías para el agricultor cusqueño y la facultad de ciencias agrarias es de gran importancia en el cual se está implementando sistemas de riego tecnificado promovidos por el grupo de estudios GEIR, la utilización de fertilizantes aplicados vía inyectores Venturi en un sistema de riego localizado. Es una tecnología para facilitar el proceso de fertilización y mejorar la inducción de fertilizantes directamente a la planta mediante el riego localizado.

El trabajo de investigación pretende realizar la comparación de tres niveles de fertirrigación recomendados por los siguientes autores (INIA, AGRORURAL y BERTSH), evaluando la comparación biométrica como altura de la planta, diámetro de la pella, número, ancho y largo de hojas del brócoli para observar el mejor crecimiento del cultivo de acuerdo con cada nivel planteado.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

El plan nutricional, demanda hídrica, comparación biométrica y rendimiento con tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”***) bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco, son superiores a los niveles tradicionales.

3.2. Hipótesis específica

1. El requerimiento nutricional es variable frente a los tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”***) durante el ciclo productivo bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco.
2. Se determinará adecuadamente la demanda hídrica del cultivo de Brócoli (***Brassica oleracea L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”***) en su ciclo productivo bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco.
3. La comparación del comportamiento biométrico varía en los tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”***) bajo condiciones del Centro Agronómico K´ayra-San Jerónimo-Cusco.
4. El rendimiento de peso fresco de pella varía en los tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (***Brassica oleracea L. variedad Itálica***

Hibrido “Legacy”) bajo condiciones del Centro Agronómico K’ayra-San Jerónimo-Cusco.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Fertilización

Casseres (1981), señala que en general, el brócoli requiere sobre todo nitrógeno y potasio, es menos exigente en fósforo. En la mayoría de los casos se recomienda la incorporación de estiércol o abonos verdes al suelo, supliendo más tarde con aplicaciones de nitrógeno en el surco.

Saray et al. (2000), manifiestan que el brócoli con respecto al abonamiento y fertilización recomienda aplicar materia orgánica en la preparación del terreno o en bandas al cambio de surco, todo el fosforo y el potasio antes de trasplante, el nitrógeno debe fraccionarse en 2 o 3 momentos. Se sugiere las dosis 200 - 80 - 80 de N-P-K.

4.1.1. Nitrógeno

Casseres (1981), señala que el brócoli requiere un 75% de nitrógeno. El potasio se absorbe tan pronto como se forma la pella.

FAO (2013), menciona que el nitrógeno es un elemento que favorece el desarrollo de la masa foliar, con ello se produce una buena captación de luz existiendo una excelente tasa de coloración.

4.1.1.1. Deficiencia

Bertsch (2009), indica que en algunas plantas se pudo observar un color púrpura, en el peciolo y las nervaduras, debido a la formación del pigmento antocianina.

4.1.2. Fosforo

Rodriguez (1982), indica que el fósforo no se encuentra en estado de “pureza química”, sino que se combina para formar compuestos orgánicos e inorgánicos. Entre los compuestos orgánicos se encuentran los fosfolípidos, ácidos nucleicos, fitina e inositol, que pertenecen a la composición de la materia orgánica de plantas y animales. Compuestos inorgánicos de minerales específicos del suelo del grupo fosfato como calcio, hierro y aluminio, así como otros compuestos sin identidad química clara

4.1.2.1. Deficiencia

Bertsch (2009), manifiesta que, con frecuencia, tiende a presentarse un estado general de achaparramiento. Las puntas se secan y presentan un de color amarillo.

INFOJARDIN (2006), menciona la deficiencia de fosforo al igual que la de nitrógeno, suele comenzar en las hojas inferiores que son más viejas. Se presentan hojas con un verde oscuro apagado, que adquiere luego un color rojizo o púrpura característicos y llegan a secarse.

4.1.3. Potasio

Thompson & Troeh (1988), mencionan que el potasio es uno de los tres cationes principales que utilizan las plantas. Es un catión bastante móvil, tanto en el suelo como en la planta.

FAO (2013), recomienda en suelos arenosos, los productores deben dividir la aplicación de potasio para evitar la lixiviación. En cambio, en suelos arcillosos puede realizarse una sola vez.

4.1.3.1. Deficiencia

Ruiz (2014), Indica uno de los síntomas comunes de la deficiencia de K es el marchitamiento o la quema de los bordes de las hojas. Las plantas que carecen de K crecen lentamente; tienen raíces pobres, tallos muy débiles. En algunas plantas, la deficiencia de potasio provoca necrosis en los márgenes de las hojas.

4.2. Fertirrigación

4.2.1. Concepto

Kafkafi & Tarchitzky (2012), indica que la práctica de aplicar fertilizantes a los cultivos por vía del agua de riego, se llama fertirrigación o fertirriego. La fertirrigación es una moderna técnica agrícola que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos y a la vez reducir la contaminación ambiental.

Bello & Pino (2000), considera que esta práctica consiste en proporcionar a la planta el fertilizante disuelto en el agua de riego, distribuyéndolo uniformemente para que, prácticamente, cada gota de agua contenga la misma cantidad de fertilizante.

4.2.2. Ventajas y desventajas

Jimenez & Rodriguez (2013), indican las siguientes ventajas y desventajas de la fertirrigación:

4.2.2.1. Ventajas fertirrigación

- Los nutrientes son aplicados en forma exacta y uniforme, sólo al área humedecida, donde se concentran las raíces.
- Existe un mejor control de la dosis de nutrientes, reduciendo el potencial de toxicidad al cultivo, por ende, los costos de fertilizantes y mano de

obra.

- Aumentar la eficiencia del uso de fertilizantes.
- Permite ajustar la cantidad y la concentración de los nutrientes de acuerdo con su demanda, durante las diferentes etapas del cultivo.
- Incrementar el rendimiento y calidad del producto final.
- Reducir la posibilidad de contaminación de aguas subterráneas por lixiviación de fertilizantes.

4.2.2.2. Desventajas

- Alto costo inicial de la infraestructura.
- Inicialmente se requiere personal especializado o capacitado y conocimiento técnico.
- Mantenimiento continuo para evitar la obstrucción de los goteros.

4.2.3. Los equipos de fertiirrigación

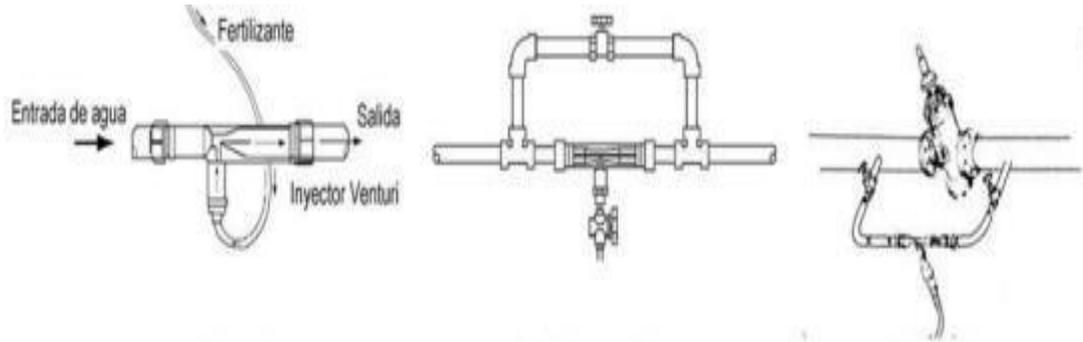
4.2.3.1. Bomba eléctrica

Fernández (2010), menciona que son dispositivos que introducen, la solución contenida en un depósito accionado una bomba eléctrica o hidráulica.

4.2.3.2. Inyector tipo Venturi

Fernández (2010), también menciona que consiste de un tubo conectado en paralelo a la tubería principal a un estrechamiento donde se produce una succión que hace que el fertilizante pase a la red de distribución.

Figura 1. Tipos de conexión en inyector de fertilizante tipo Venturi



a) Serie

b) paralelo

c) By Pass

Fuente: La figura se obtuvo de la revista llamada Inyectores de fertilizantes tipo Venturi de Iberoamericana de Ciencias.

4.2.4. Fertilizantes más usados en fertirriego

Martínez (1998), menciona los fertilizantes más utilizados en fertirrigación al nitrato de amonio, sulfato de amonio, nitrato de calcio, nitrato de sodio, nitrato de potasio, urea, ácido fosfórico, fosfato di amonio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, sulfato de potasio y ácido sulfúrico.

4.2.4.1. Preparación de soluciones

Martínez (1998), indica que una vez determinado el tipo de fertilizante y la cantidad a emplear, se debe preparar la solución en un balde. El volumen de agua a utilizar está con relación a la solubilidad del producto.

Para preparar una solución se debe seguir los siguientes pasos:

1° Agregar agua a un balde hasta la mitad del total de solución a preparar.

2° Adicionar el fertilizante.

3° Agitar vigorosamente hasta que todo el producto se encuentre disuelto.

4° Agregar agua hasta completar el volumen necesario y agitar nuevamente.

5° Inyectar la solución al sistema de riego.

El esfuerzo que se requiere para agitar una solución en un balde no es la misma que en un estanque.

4.2.5. Antecedentes de fertirrigación en brócoli

A nivel nacional se encontró a Mallqui (2019), quien indica en su investigación desarrollada en la provincia de Pillcomarca de la región de Huánuco donde su objetivo fue evaluar el rendimiento de los cultivares híbridos de brócoli *Brassica oleracea L.var. itálica* bajo fertirriego en Pillcomarca Huánuco 2019.

Observando la cosecha, que consistió en medir la altura de 20 híbridos de brócoli del área neta experimental, en el rendimiento se verificó el peso de la pella, diámetro ecuatorial de la pella, rendimiento por área neta experimental, rendimiento por hectárea, para la aplicación de fertilizante, se realizó 2 veces por semana (lunes y viernes), el cual consistió en dividir la dosis en niveles de NPK (150-120-50 kg/ha) en el tiempo que permaneció el cultivo (durante enero y febrero se realizó el fertirriego homogéneamente) teniendo en cuenta todas las etapas fenológicas, como resultado tenemos que el brócoli legacy y Avenger expresan una mayor altura de la planta, así teniendo en cuenta que los híbridos Rumba F1, Legacy y Stromboli fueron resultados semejantes en el diámetro de la pella. En conclusión, los híbridos Legacy, Avenger, Rumba F1 Y Stromboli tienen un resultado semejante en el peso de pella, rendimiento por área neta experimental y rendimiento por hectárea, el híbrido Legacy tiene 337,74 g por pella observando así un rendimiento de 9,74 t/ha, resultando el mejor resultado

de esta investigación.

Yepez C. D. (2021), donde menciona en su investigación desarrollada en el Centro Agronomico K'ayra ubicado en la region de cusco de la Universidad Nacional de San Antonio Abab del Cusco en la cual su objetivo fue la de evaluar el rendimiento de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) en condiciones de fitotoldo utilizando bio estimulantes orgánicos mediante fertirriego en el centro Agronómico K'ayra – San Jerónimo – Cusco, donde se utilizó dos variedades (Chou cavolo y Confidat) con dos tipos de bio-estimulantes (Phyllum Max R y Seaweed Creme donde se analizó el peso fresco de pella, peso de residuo, altura de planta, longitud de raíz, número de hojas y diámetro de pella todo esto se realizó al finalizar la cosecha teniendo en cuenta en fertirriego en todas la etapa del cultivo donde se insertó los bio-estimulantes en los tachos del cual es utilizado para el riego En peso fresco de pella se establece que el tratamiento; Bio. Seaweed creme 19l/ha x Var. Chou Cavolo con 465.93, g/planta respectivamente ocupó el primer lugar, siendo superior a los demás tratamientos en estudio y el tratamiento Sin bio. x Variedad Confidant con 206.56 g/planta respectivamente ocupó el último lugar, en el diámetro de pella se establece que el tratamiento; Bio. Seaweed creme 19 l/ha x Var. Confidant con 20.88 cm de diámetro de pella ocupó el primer lugar con una superioridad a los demás tratamientos en estudio, en cuanto al peso fresco de planta se establece que el tratamiento Bio. Phyllum 5.6 l/ha x Var. Confidant con 1721.00 (g/planta) ocupó el primer lugar con una superioridad a los de más tratamientos en estudio.

4.3. Riego localizado

4.3.1. ¿Qué es el riego localizado?

Pizarro (1996), indica que el riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua al suelo para reponer el agua consumida por las plantas de forma localizada, consiste en que sólo se humedece parte del volumen del suelo y se pretende que las raíces obtengan el volumen de agua y los nutrientes que se necesita.

4.3.2. Factores que favorecen el riego

Garcia & Briones (1997), menciona los siguientes factores que favorecen la instalación:

- No se dispone la capital para hacer una inversión inicial en otros tipos de sistema más sofisticados.
- La mano de obra y el agua son relativamente baratos para operar un sistema de superficie.
- La topografía del área requiere muy poca preparación adicional para la implementación de un riego por superficie.
- El caudal de agua es relativamente grande pero solo se dispone de el en periodos cortos.

4.3.3. Eficiencia de riego

La eficiencia del riego se refiere a la cantidad de agua utilizada por los cultivos que permanece en el suelo después del riego, este en relación con la cantidad total de agua utilizada. Suele medirse como porcentaje o litros de agua útil en el suelo por

cada 100 litros de agua utilizados. La eficiencia depende en gran medida del método de riego utilizado, los valores se enumeran en la siguiente Tabla:

Tabla 1. *Rango de Eficiencia de riego*

METODO DE RIEGO	RANGO DE EFICIENCIA DE APLICACIÓN EN PORCENTAJE
SUPERFICIAL	
Riego tradicional o tendido	10 - 30
Riego en curvas de nivel	30 - 60
Riego por bordes	40 - 80
Riego por surcos	40 - 85
PRESURIZADO	
Riego por aspersion	50 - 90
Riego por Microjet	60 - 95
Riego por goteo	65 - 95

Fuente: Esta tabla muestra el rango de eficiencia de riego, según MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (2015)

4.3.4. Partes de un sistema de riego

Para la instalación del sistema de riego debe tener el siguiente:

4.3.4.1. Cabezal de riego

Liotta (2015), indica que se entiende cabezal de riego al conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución.

Fernández et al. (2010), menciona que el conjunto de elementos se utiliza para suministrar presión, caudal del sistema, filtrar agua, bombear fertilizantes, medir volumen, presión y así controlar el funcionamiento de los equipos de forma manual o

automática.

En los sistemas de riego localizado, suele existir un sistema de bombeo que suministra agua con la presión necesaria para llegar a los puntos más alejados de la red, pudiendo formar parte del cabezal o instalarse en un lugar aparte.

4.3.4.2. Sistema de filtrado

Fuentes & Guillermo (2006), indica que el filtrado del agua consiste en retener las partículas contaminantes en el interior de una masa porosa (filtro de arena) o sobre una superficie filtrante (filtro de malla y filtro de anillas).

Filtro de anillas

Fernández et al. (2010), indica que su función es también la de atrapar todo tipo de sólido en suspensión. Las impurezas quedan atrapadas entre unas anillas ranuradas que se encuentran agrupadas y ajustadas una contra otras en un cartucho insertado en carcasa del filtro.

Figura 2. *Batería de filtros de anillas*



Fuente: La figura se obtuvo de manual de riego para agricultores de, Fernández et al. (2010)

4.3.5. Partes de control del sistema de riego

Estos son accesorios que, gracias a su disposición, ayudan a operar y controlar el sistema, estos componentes o elementos de control son: válvulas de varios tipos, manómetro, programadores contadores y caudalímetros.

4.3.5.1. *Las válvulas aliviadoras de aire y vacío y las válvulas aliviadoras de presión*

Pronamachcs (2004), indica que los elementos básicos del sistema, colocados en puntos estratégicos, permiten el uso continuo del sistema. Las válvulas de escape se colocan en la parte superior de las tuberías principales (especialmente si son subterráneas) para desalojar el aire atrapado y también para romper el vacío que permite la entrada de aire cuando el sistema se detiene.

4.3.5.2. *Las válvulas aliviadoras de presión*

Pronamachcs (2004), menciona que tienen como finalidad proteger la línea de conducción principal de repentinos excesos de presión, por un cierre rápido de algún hidrante o válvula, y son colocados casi siempre en los extremos de la línea principal.

4.3.5.3. *Manómetros*

Fernández & García (2014), Indica que los dispositivos diseñados para medir la presión en el sistema. Van colocados a la entrada y salida de agua de la bomba, de los filtros, etc. y determinan la pérdida de carga que está produciendo.

4.3.5.4. *Programadores*

Fernández & García (2014), Indica que son aparatos electrónicos capaces de

memorizar y ejecutar en el tiempo las órdenes que controlan el funcionamiento de las partes del sistema como válvulas, inyectoros, etc.

4.3.5.5. Contadores y caudalímetros

Fernández & García (2014), son dispositivos mecánicos, o electromecánicos, que nos indican la cantidad total de agua utilizada en el riego (volumen), y también la cantidad de agua que está pasando en un momento dado.

4.3.6. Red de distribución

La red de distribución está formada por las tuberías, que llevan el agua filtrada y tratada desde el cabezal, y los elementos singulares a la de la parcela a regar.

4.3.6.1. Emisores

Fernández et al. (2010), menciona que son los elementos de la red que producen y controlan la salida de agua desde los laterales. Lo más usual es que los emisores estén situados a cierta distancia unos de otros, por lo que la salida del agua se produce de manera discreta a lo largo del lateral de riego formando los bulbos húmedos.

4.3.6.2. Cinta para riego localizado

Fernández et al. (2010), menciona que el sistema de riego localizado más popular, según el cual el agua circula a presión por la instalación hasta llegar a los emisores, en los que pierde presión y velocidad, saliendo gota a gota. Son utilizados normalmente en cultivos en línea (algodón, coliflor, repollo, patata, etc.).

- Cintas Rodrip

Rivulis (2021), indica que solamente la cinta Ro-Drip de Rivulis cuenta con un caudal en expansión que se incrementa al aumentar la presión del agua, un gran punto a favor del sistema Ro-Drip de Rivulis es que una menor separación entre emisores no tiene por qué suponer un costo adicional. El sistema Ro-Drip de Rivulis cuenta con emisores integrados en la propia cinta, al contrario de lo que sucede con los goteros insertados, no hay ninguna diferencia de costo, proporciona una solución profesional sin incurrir en altos costos.

4.4. Diseño Agronómico de cultivo

4.4.1. Coeficiente de uniformidad

Pizarro (1996), Indica que este coeficiente es una variable utilizada para determinar la uniformidad de la distribución del agua en el campo cuando se utiliza un sistema de riego por goteo. Por lo tanto, es un indicador que, si toda la planta está recibiendo la misma cantidad de agua, también se utiliza para evaluar los sistemas de riego establecidos y tener tiempos de ejecución específicos.

$$CU = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100$$

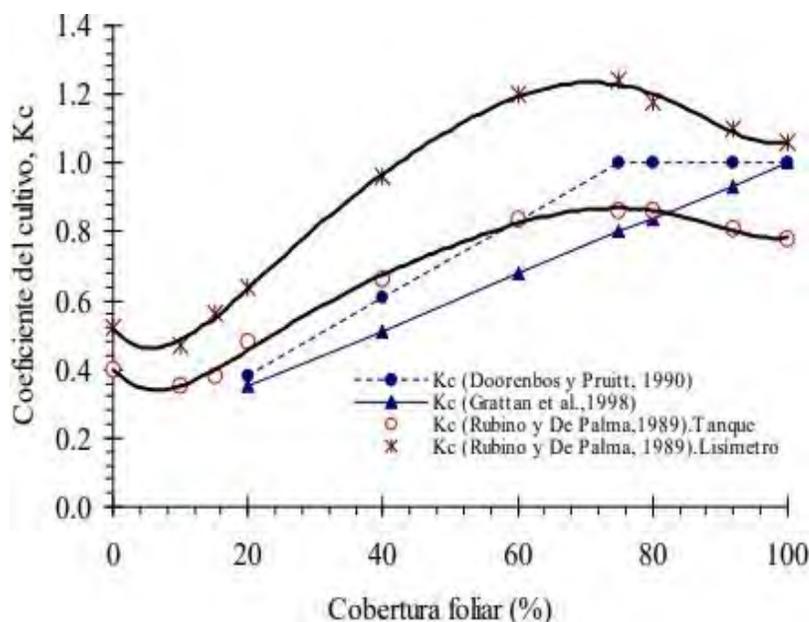
- q_m = Caudal de medio de una instalación de riego
- q_{25} = Caudal medio de los emisores que constituyen el 25% que erogán el más bajo caudal.

4.4.2. Coeficiente del cultivo (kc)

FAO (2006), Indica que, durante el período de crecimiento de un cultivo, la variación en el factor K_c de un cultivo representa el cambio en la vegetación y la

cubierta del suelo. Este cambio en el coeficiente de Kc durante el crecimiento del cultivo está representado por la curva del coeficiente del cultivo. Para describir la curva del coeficiente de cultivo y su construcción, solo se necesitan tres valores de Kc, que corresponden a la etapa temprana (Kc ini), el período medio de cultivo (mid-Kc) y la etapa tardía (Kc tardía) . En el caso del brócoli, estos valores son : Kc inicial = 0,15, Kc medio = 0,95, Kc final = 0,85.

Figura 3. Coeficientes de desarrollo del cultivo (Kc) de brócoli

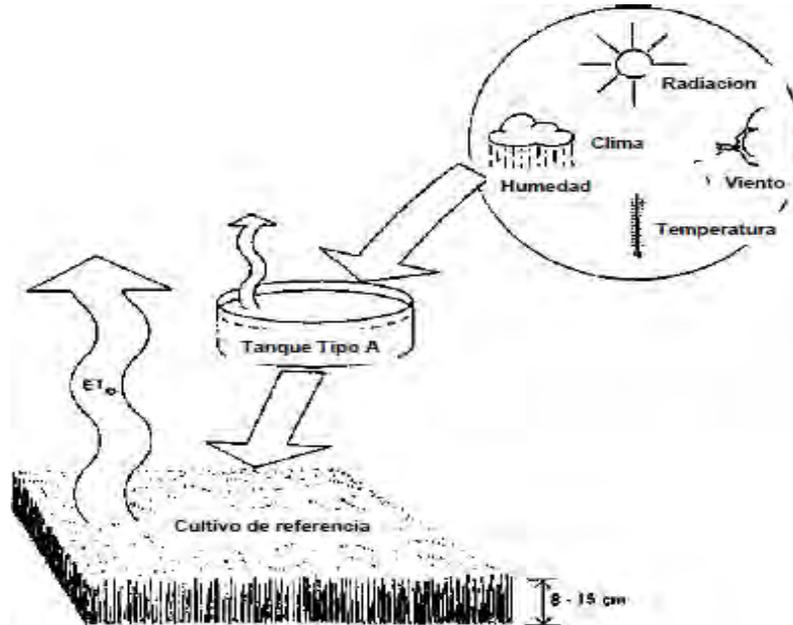


Fuente: Proyecto científico llamado “Coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli con riego por goteo” de Villalobos et al (2005).

4.4.3. Método del tanque evaporímetro tipo A

FAO (2006), menciona que cuando no llueve, la cantidad de agua que se evapora durante un período de tiempo corresponde a una disminución del nivel del agua durante ese mismo período también por ende se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones estándar.

Figura 4. Efecto de los elementos del clima sobre un cultivo de referencia y sobre el tanque clase A



Fuente: La figura se obtuvo del libro llamado elementos básicos de riego presurizado para productores: Microirrigación, Angeles et al. (2002)

- La evapotranspiración de referencia es calculada con la fórmula siguiente:

$$E_{T_o} = E_v \times K_p$$

Donde:

E_{T_o} = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

E_v = Evaporación del agua en el tanque (mm/día).

K_p = Coeficiente del tanque

4.4.4. Evapotranspiración

Soto (2016), indica que la evapotranspiración representa las demandas netas de agua de cultivos, la cantidad de agua necesaria para reponer el agua perdida por la

evapotranspiración y mantener el equilibrio hidrológico del sistema suelo-planta.

Puede determinarse a partir de evapotranspiración del cultivo de referencia ET_c , según expresión:

$$ET_c = E_{To} \times K_c$$

E_{To} = Evaporación registrada en el vernier del tanque

K_c = Constante del cultivo factor que depende de cada especie vegetal en particular.

4.4.5. Consumo diario

Zegarra (2019), menciona la cantidad de agua que consume o demanda un cultivo en forma diaria, se puede expresar en forma m^3/ha o en mm/ha , se calcula según la expresión:

Donde:

$$C_d = \frac{D_b}{D_m}$$

- C_d = Consumo diario en m^3/ha o mm/ha .
- D_b = Demanda unitaria bruta en m^3/ha .
- D_m = Número de días del mes

4.4.6. Lámina neta

Legarda et al. (1999), indica que la lámina neta (LN), es la cantidad de agua rápidamente aprovechable teniendo en cuenta el nivel de reposición (NR) o porcentaje

de agotamiento del agua aprovechable.

Su unidad de medida se expresa en mm de altura de agua aplicada. Se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$L_n = \frac{CC - PMP}{100} Pr \times da$$

Donde:

L_n = Lámina neta (mm)

Pr = Profundidad de la raíz (cm)

Da = Densidad aparente (gr/cm³) CC = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

4.4.7. Lámina bruta

Legarda et al. (1999), menciona que se expresa la cantidad de agua en exceso que debe aplicarse para compensar las pérdidas por escorrentía, evaporación, arrastre por el viento, percolación, etc. Resulta de dividir la lámina neta sobre la eficiencia del riego seleccionado, esta es calculada con la siguiente ecuación:

Donde:

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

- L_b = Lámina bruta de riego por goteo.
- L_n = Lámina neta de riego por goteo.
- E_r = Eficiencia de riego.

4.4.8. Frecuencia de riego

Fernández et al. (2010), indica que la frecuencia de aplicación de agua es el número de veces que se riega en un tiempo determinado. Al aplicar el agua de una forma irregular, se puede provocar a la planta una situación de estrés hídrico, originando una disminución de la producción, la expresión utilizada es:

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

Donde:

- Fr = Frecuencia de riegos en días.
- Ln = Lámina neta en riego por goteo en mm.
- Cd = Consumo diario en mm/hr

4.4.9. Tiempo de riego

Fernández et al. (2010), indica que el tiempo entre riegos no va a depender únicamente del cultivo, sino también de la relación existente entre el suelo, la planta, el clima y la calidad del agua.

Según Zegarra (2019), indica que es el periodo de aplicación de riego el cual se expresa en horas, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{Lb}{PH}$$

Donde:

Tr = tiempo de riego (h)

Lb = lamina bruta (mm)

PH = precipitación horaria (mm/h)

- **Precipitación horaria**

El valor de la precipitación horaria se calcula con el caudal del emisor, el porcentaje de suelo mojado y las distancias entre los emisores, Arrieta (2020)

Es la lámina para aplicar en mm/h. Se calcula de la siguiente forma: Zegarra (2019)

$$PH = \frac{q \text{ (emisor)} \frac{1}{hr}}{Ee \times El}$$

- q = Caudal del gotero (l/hr).
- Ee = Distanciamiento entre emisores (m).
- El = Distancia entre laterales (m).

4.5. Cultivo de brócoli

4.5.1. Historia y Origen

Ogden, citado por Blanco (2017), menciona que el Brócoli se deriva de la col nativa que se originó en el mediterráneo que fue domesticado hace miles de años, también resalta que el brócoli llegó a Estados Unidos en el año 1806 por los italianos, pero fue en los años de 1920 cuando se popularizó y así la venta inicial fue originada por los hermanos Andrea y Estefano D'Arrigo, actualmente en Estados Unidos es uno de los mayores consumidores del mundo, y la palabra brócoli proviene del italiano brocco, que significa rama del brazo, donde Broccoli es el plural, que hace referencia a los numerosos brotes en forma de *Brassica Oleracea*, Valencia et al. (2014).

4.5.2. Clasificación Taxonómica

Cronquist, citado por Yepez (2021), mencionan la siguiente clasificación taxonómica:

Reyno: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Capparales

Familia: Brassicaceae

Género: Brassica

Especie: *Brassica oleraceae* Var. *Italica*

Hibrido: Legacy

Nombre común: Brócoli

4.5.3. Características agrobotánicas

Jaramillo et al. (2006), Indicaron que el brócoli es una planta anual erecta que suele tener entre 60 y 90 cm de altura, terminando así en un conjunto de brotes funcionales. Este vegetal necesita madurar para producir un vástago floral, y la parte comestible es una masa densa de yemas florales.

Toledo (2003), menciona las siguientes características agro-botánicas:

4.5.3.1. Raíz

El sistema radicular del brócoli es pivotante y leñoso, con raíces de hasta 0,8 m de largo en el perfil del suelo. El sistema radicular del brócoli trasplantado en campo

definitivo esta principalmente conformado por raíces adventicias, secundarias, terciarias y raicillas las que se concentran en su mayor parte 0,4 - 0.6 m de profundidad.

4.5.3.2. Tallo

La planta de brócoli es de naturaleza herbácea, con un tallo principal cuyo diámetro varía entre 2 - 6 cm y 20 - 50 cm de longitud. Este tallo principal presenta entrenudos cortos con un hábito de desarrollo intermedio entra la forma roseta (coliflor) y caulinar (col de Bruselas). La parte superior del tallo es limitada por el desarrollo de la inflorescencia principal.

4.5.3.3. Hojas

Tiene de 15 a 30 hojas grandes, cada una de unos 50 cm de largo y 30 cm de ancho. Las hojas son lobuladas y los pecíolos son más grandes que los de la col o la coliflor. Las hojas tienen una cutícula cerosa en la superficie.

4.5.3.4. Inflorescencia

Pertenece al tipo de pella, es un corimbo formada por numerosas flores, que en estado inmaduro forman la parte comestible de esta hortaliza.

La inflorescencia pierde su consistencia, que inicialmente era compacta y fuerte, a medida que las inflorescencias crecen y se desarrollan, las flores maduran y se separan los floretes.

Jaramillo et al. (2006), indica también que es la parte comestible de la planta la cual es una masa densa de yemas florales de color verde que pueden alcanzar un

diámetro de 20 a 35 cm dependiendo del cultivar.

4.5.3.5. Flores

Son perfectas y actinomorfas. Son cuatro pétalos amarillos libres, dispuestos en cruz, característicos de las crucíferas. La polinización es cruzada y se realiza con la ayuda de insectos como abejas y moscas.

4.5.3.6. Fruto

Es una silicua con más de 10 semillas, dehiscente cuando madura.

4.5.3.7. Semilla

Semillas redondas, pequeñas, de 2 mm de diámetro, de color marrón oscuro a rojizo. Un gramo de semillas contiene 180 y 250 semillas.

4.5.3.8. Cultivares

Rivera (2016), mencionó que el brócoli es una de las mayores fuentes de innovación tecnológica, ya que, a lo largo de los años se desarrollan nuevas cultivares e híbridos, lo que mejora el rendimiento, la calidad comercial y la conservación del producto final, se señalan algunos de los principales cultivares del brócoli según así su periodo vegetativo desde su siembra hasta su cosecha:

Cultivares precoces: Chancellor, Dandy Early, Emperor, Green Comet, Green Duke, Premium Crop, Sprinter y Zeus, se cosecharán en menos de 90 días.

Cultivares intermedias: Estas estarán listas para la cosecha entre los 90 y 110 días, estos son: Citation, Clipper, Green Belt, Green Valiant, Idol, Legend, Ninja y Pirata.

Cultivares tardíos: Arcadia, Climax, Legacy, Marathon, RS19015, Samurai, Shogun

y Viking se cosecharán durante 110 días a más.

4.5.3.9. Cultivar Híbrido Legacy

Seminis (2012), menciona que es brócoli híbrido de excelente comportamiento donde sus cabezas son tamaño grande y pesadas, compactos firmes, de grano fino. Su forma de domo es exclusivamente perfecta, floretes simétricos y de color verde oscuro, el ciclo de este híbrido varía entre los 85 y 90 días después del trasplante donde llegan a pesar entre los 700 y 800gr por cabeza.

Ventajas

- Alta uniformidad y productividad.
- Ideal para ser sembrado en condiciones de sierra.
- Mayor porcentaje de cabezas homogéneas de calidad primera presencia de brotes laterales.
- Tolerante a enfermedades fungosas causadas por la acumulación de gotas de lluvia.

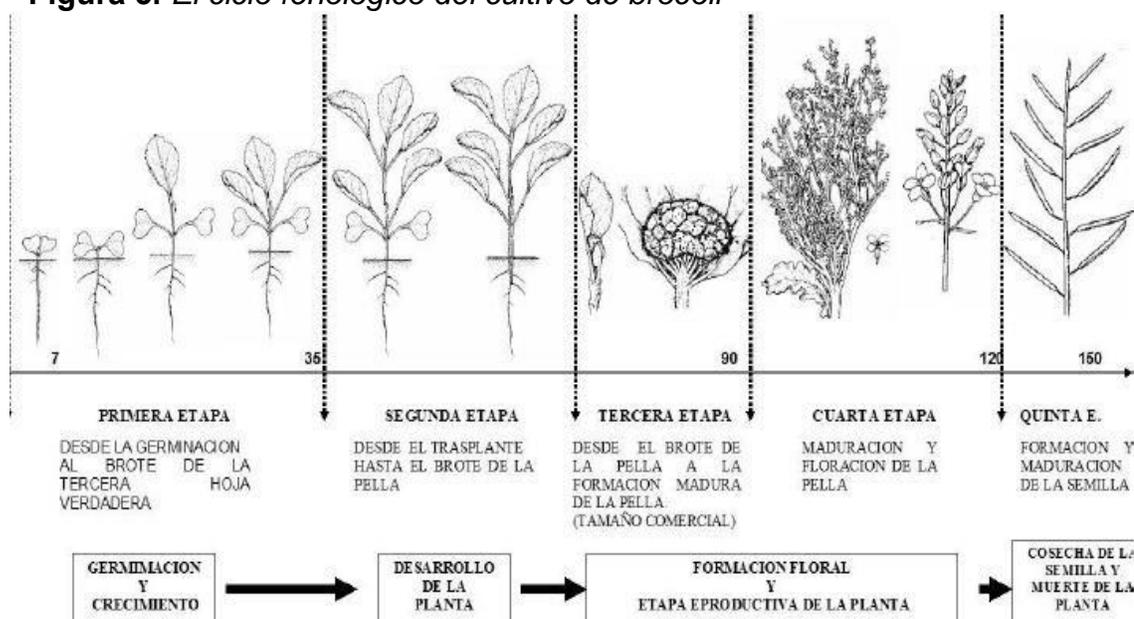
4.5.4. Etapas fenológicas

Bolea, citado por Gomez (2012), su ciclo biológico es de 150 - 180 días desde la germinación de la semilla en almacigo, produciendo nuevas plántulas para trasplante.

La germinación de estas semillas de brócoli depende del almacigo o semillero, demora entre 10 y 12 días, por lo que las plántulas deben almacenarse hasta por 30 a 45 días antes de plantarlas en suelo definitivo, desde el trasplante final de la cabeza

de brócoli hasta la cosecha se tarda unos 70 días hasta un máximo de 100 días, dependiendo del cultivar y las condiciones climáticas en las que se cultive, por lo que a partir de esta etapa del proceso de maduración de la cabeza de brócoli hasta la floración final. Dependiendo del cultivar, el clima y la ubicación, cuando las flores se fertilizan durante unos 90 a 120 días, la formación de frutos y la maduración de semillas tardan hasta 150 y 180 días, respectivamente.

Figura 5. El ciclo fenológico del cultivo de brócoli



Fuente: La figura se obtuvo de Gómez Espinoza hecho en el año 2012

4.5.5. Requerimiento edafoclimático

4.5.5.1. Clima

Valadez (1993), informa que el brócoli es una hortaliza apta para climas fríos y frescos, tolera heladas (-2°C) si la inflorescencia aún no se ha formado por baja temperatura que es perjudicial para la planta, la temperatura de germinación es de 5 a 25°C , aumenta De 3 a 8 días, durante el crecimiento, la temperatura ambiente de

esta planta está entre 15 y 25 °C, por lo que la temperatura excelente es de 17 °C a 0 °C o más. El crecimiento de la inflorescencia se puede detener a 30°C.

4.5.5.2. Temperatura

Toledo (2003), estima que este cultivo es de invierno o de estación fría, el rango óptimo de temperatura para su buen crecimiento juntamente con su desarrollo es de 15 °C – 18 °C. El límite inferior de crecimiento de la planta es de 5 °C, pero por encima de los 24 °C se ve muy afectado en el crecimiento, la separación de las flores y a la compactación de la cabeza.

4.5.5.3. Humedad

Agrorural (2017), indica que para el desarrollo vegetativo requiere una humedad relativa de 80% con una mínima de 60 %. El brócoli se puede cultivar de manera adecuada en zonas comprendidas entre los 2200 y 2800 m.s.n.m.

4.5.5.4. Agua

Toledo (2003), sugiere que el cultivo requiere una disponibilidad constante de agua de buena calidad para lograr los máximos rendimientos. Si se observa un alto contenido de salinidad o elementos tóxicos en el agua de riego, esto afectará el potencial de rendimiento y, por lo tanto, reducirá la calidad del agua.

4.5.5.5. Suelo

Toledo (2003), indica que el suelo más adecuado para el cultivo es un suelo profundo, fértil, de textura media y bien drenada. También, es importante que el suelo tenga suficiente capacidad de retención de agua. Su producción se ve favorecida por

su pH neutro y la ausencia de salinidad.

En suelo arenoso, aplique revestimiento orgánico, aumente la aplicación de fertilizantes químicos. Esta planta tiene una tolerancia moderada a la acidez

4.5.6. Composición nutricional

Arroyo et al. (2018), mencionan que las hortalizas no tienen un interés especial por su aporte en macronutrientes, pero en los hidratos de carbono suponen el mayor porcentaje de macronutrientes en la mayoría de las hortalizas y en las proteínas los vegetales del género *Brassica* o *crucíferas* encontraremos un porcentaje mayor a comparación en los alimentos, más ricos en carbohidratos, en cuanto a los minerales destaca sobre todo el potasio.

4.6. Manejo del cultivo

4.6.1. Siembra Directa

Toledo (2003), Indica en países con grandes áreas de producción y altos costos de mano de obra, se ha desarrollado la tecnología de siembra directa necesaria, utilizando sembradoras de presión, mecánicas o neumáticas. Sin embargo, en estas condiciones, el uso de la siembra directa es limitada, para la siembra directa se necesita preparar el suelo cuidadosamente donde el suelo debe estar suelto, un buen terreno también es esencial para una distribución uniforme de semillas y un riego eficiente, de igual forma, la siembra directa requiere mayor costo de semilla que la siembra previa, 0,75 - 1 kg/ha con siembra a presión.

Porco & Terraza (2009), Indica que, al sembrar directamente, se colocarán más

de dos semillas por golpe, se considera importante un raleo de la plántula.

4.6.2. Siembra Indirecta

FAO (2011), menciona que este tipo de siembra se realiza primero el almacigo, pasadas unas semanas o cuando tienen entre 3 a 4 hojas y un tamaño de planta de entre 10 m - 12 centímetros, se sacan del almacigo para plantar en el terreno definitivo.

4.6.3. Preparación de terreno

Moreno (2020), menciona que la preparación del terreno incluye el establecimiento de la siembra o plantación, asegurando la germinación de semillas o crecimiento de plántulas, y el desarrollo adecuado del cultivo, en resumen, forma la base de un producto comercialmente viable.

4.6.4. Trasplante

Seymour (2014), sugiere que cuando las plantas hayan germinado hay que repicarlas, es decir, trasplantarlas dejando más espacio entre ellas.

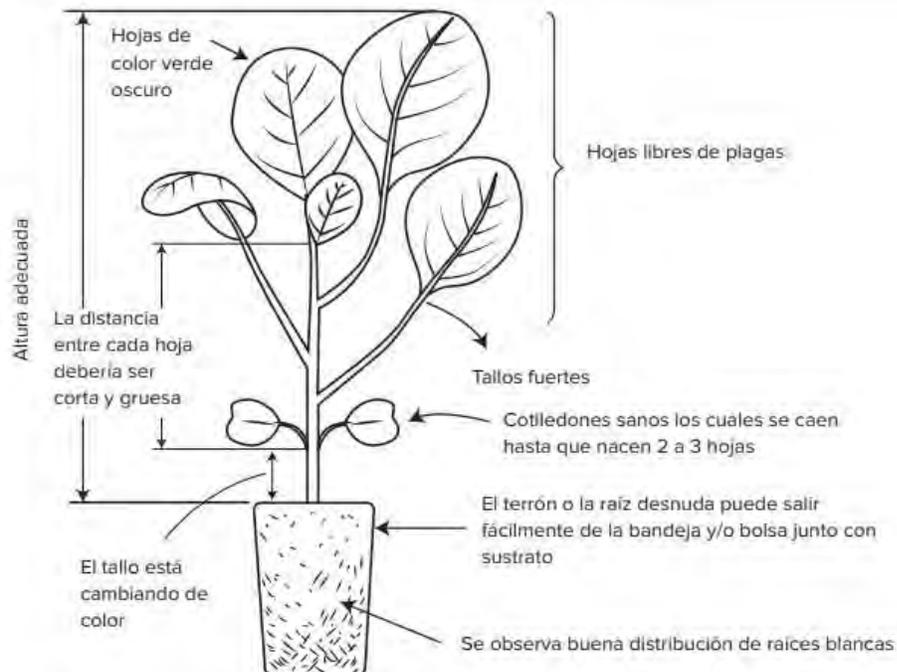
Las especies de brassica, se trasplantan en el suelo firme donde se le forma un agujero y se introduce la planta a la misma profundidad a la que estaba, y con la herramienta, las manos o botas se comprime el suelo a su alrededor de igual manera se sumergen las raíces primero con estiércol y un puñado de cal, salen muy beneficiadas.

INATEC (2018), indica que el trasplante es el traslado de las plántulas, desde el semillero hasta el lugar de su producción.

Recomendaciones para realizar el trasplante

- El trasplante de debe realizarse por la tarde o a tempranas horas para evitar el estrés de la planta.
- Asegurar el riego antes de facilitar la extracción de las plántulas y posterior al lugar definitivo.
- Seleccionar plántulas fuertes, sanas y vigorosas.
- Debe arrancarse por lote o moños que sean manipulables por el operador, para evitar daños a las plántulas.

Figura 6. *Plántula de brócoli*



Fuente: La figura se obtuvo de, INATEC (2018).

4.6.5. Distanciamiento de siembra y población de plantas

OEB (2016), indica que para el cultivo de brócoli su densidad de siembra recomendada es surco a surco 0.80 m a 1,00 m entre los mismos y la distancia de planta a planta 0.40 m esto en el caso de variedades híbridas.

4.6.6. Control de malezas

Roberts (1982), Indica que las malas hierbas son plantas que crecen en lugares no deseados. Bajo esta definición, cualquier especie de planta puede ser considerada maleza, siendo la más importante su eficiencia reproductiva y su capacidad para sobrevivir en condiciones adversas.

Giaconi & Escaff (2004), indican que, en el caso de la producción de semillas de brócoli, la presencia de malezas como yuyo (*brassica campestris*) y rábano (*Raphanus sativus*), pueden comprometer la pureza genética y el rendimiento del cultivo.

4.6.7. Aporque

Jaramillo et al. (2006), menciona que después de la fertilización se debe realizar luego el aporque, el cual consiste en “arrimar”.

El deshierbe, la fertilización y el aporque son tareas adicionales que deben realizarse dentro de los 20 días posteriores al trasplante.

4.6.8. Cosecha

OEB (2016), indica que se cosecha la inflorescencia con los tallos, cuando aún están verdes y cerradas se recomienda cortar con navaja desde la base. La cosecha

comienza entre 80 y 90 días después del trasplante.

Krarrup & Alvarez (1997), sugiere que la recolección se realice cortando la cabeza o inflorescencia según las necesidades del mercado mayorista. La mayoría de los cultivares requieren varias cosechas de 3 o 4 días para cosechar todas las inflorescencias, el brócoli es un producto muy voluminoso y de fácil maltrato, así que tener cuidado al colocarlo en un recipiente y transferirlo para que llegue rápidamente al destinatario. Evite calentar y deshidratar el producto.

4.6.9. Post cosecha

Toledo (2003), menciona que el brócoli es una hortaliza muy perecible, requiriendo de un manejo post cosecha adecuado para mantener la calidad del producto.

Piñeros (2010), indica que no se realizan procesos de lavado y/o desinfección, ni empaque, en la mayoría de los casos se transporta directamente a los mercados. Cuando el producto se transporta al centro de acopio se realiza un almacenamiento provisional con un promedio de 5 horas y media, a una temperatura promedio de 17°C y con una humedad relativa promedio de 76%. Las pérdidas, durante transporte al centro de acopio están entre el 5 al 10%, y ocurren debido a la fricción de las cabezas entre sí y a la compresión con las canastillas.

4.7. Rendimiento

AGRORURAL (2019), menciona que el rendimiento para el cultivo de brócoli es de 15 – 20 t/ha con un nivel de 120 en N, 90 en P₂O₅ y 110 en K₂O estos datos están preparados a base a la demanda de nutrientes por el cultivo que tiene por finalidad

orientar al productor de brócoli sobre el fertilizante.

Bertsch (2009), designa que el cultivo de brócoli híbrido Legacy llega a un rendimiento de 48.8 Tn/ ha.

Toledo (2003), indica que en nuestro medio se recomienda, 60 kg de P205/hay 60 kg de K20/ha, en el siguiente cuadro muestra el efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento y la calidad del brócoli, obteniendo los mejores resultados con la dosis de 100 kg de N/ha.

Tabla 2 *Producción de Brócoli con cuatro niveles de Nitrógeno*

Dosis de N u/ha	Rendimiento t/ha	Porcentaje de Inflorescencias		
		Extra	Primera	Segunda
0	9,08	4,1	24,6	30,1
50	10,99	5,5	31,9	30,5
100	13,02	14,8	46,9	19,7
150	13,32	11,7	45,4	22,1

Fuente: Este cuadro se encontró en el libro de Cultivo de brócoli de INIA hecho por el autor Toledo (2003).

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

5.1. Ubicación del campo experimental



5.1.1. Ubicación política

Región: Cusco

Provincia: Cusco

Distrito: San Jerónimo

Localidad: Centro Agronómico K'ayra

Potrero: C-2

5.1.2. Ubicación geografía

Altitud : 3219 m.

Latitud: 13°34' 31" sur

Longitud: 71° 54' 29" oeste

5.1.3. Ubicación hidrográfica

Cuenca: Vilcanota

Subcuenta: Huatanay

Microcuenca: Huanacure

Mapa 1: Mapa político de la provincia de Cusco



5.1.4. Ubicación ecológica

De acuerdo a la clasificación ecológica de zonas de vida de Holdridge, al Centro

Agronómico de K'ayra corresponde a la zona de vida, se ubica: Bosque húmedo montano bajo-subtropical.

5.2. Materiales

5.2.1. Material biológico

El material genético en semilla, que se utilizó para este trabajo de investigación fue la especie brócoli híbrido legacy (*Brassica oleracea* L. variedad Itálica Híbrido "Legacy") marca Seminis.

Pureza: 99%

Germinación: 98 %

Origen: Chile

5.2.2. Fertilizantes para fertirriego

Nitrato de amonio: 33 % N, 3% P₂O₅ (granulado) Fosfato mono amónico: 12% N, 61 % P₂O₅ (en polvo) Sulfato de potasio: 50% K, 12% S (en polvo)

5.2.3. Materiales para riego

- Electrobomba (1HP)
- Manguera 25 mm x 100 mt
- Conector inicial
- Unión de cinta de manguera
- Manguera polietileno de 16mm

- Válvula de 25mm x 25mm
- Tee polietileno de 25mm x 25mm
- Codo polietileno Esc. 25mm x 25mm
- Válvula PVC de 3/4
- Cinta teflón
- Filtro de discos $\frac{3}{4}$ "120 mesh
- Cintas de riego Rodrip
- Manómetro 0 a 6 bar $\frac{1}{4}$ "
- Tanque para agua Rotoplas 600 L

5.2.4. Material de campo

- Cinta de métrica, cordel, estacas de madera
- Pico, Rastrillo, Lampa, Pala recta
- Vernier de 150 mm
- Mochila asperjadora de 15 l
- Libreta de campo

5.2.5. Instrumentos

- Tanque clase A
- Cronómetro
- Inyector Venturi 1"

- Balanza de precisión
- Calculadora científica
- Anemómetro Digital
- Higrómetro digital
- Pluviómetro

5.2.6. Programas de computación

- Programa estadístico SPSS
- Programa ofimático Microsoft office

5.3. Métodos

Durante el desarrollo del presente trabajo, se determinó los tres niveles de fertirrigación el cual la Investigación es experimental, ya que la investigación es cuantitativa presentado variables y la observación de resultados cuantificables además por la descripción Agronómica, corresponde a la investigación cualitativa.

5.3.1. Procedimiento para la determinación de análisis de suelo:

Para la determinación de las características de suelo se tomó la muestra en lugares distintos un total de 1 kg, extrayendo el suelo a una profundidad de 20 cm, por consiguiente, pasa a ser llevada al laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la Unsaac.

Fotografía 1. *Extracción de tierra en campo para el cultivo*



Fotografía 2. *Peso de muestra de suelo en laboratorio*



El resultado de análisis de suelo es importante para el cálculo de nutriente del suelo y determinar la lámina de agua.

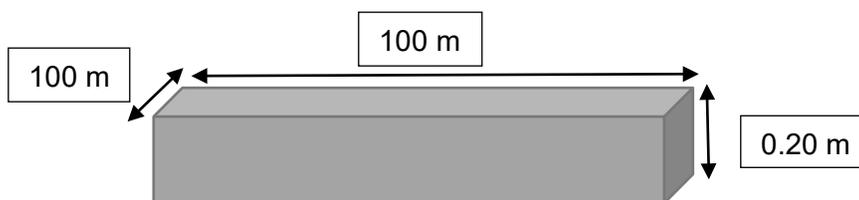
Tabla 3 *cuadro de análisis de suelo*

DETERMINACIONES	UNIDAD	M1
Humedad	%	19.5
MUESTRA SECA		
Nitrógeno total	%	0.12

Fósforo disponible P ₂ O ₅	mg/100	2.4
Potasio disponible K ₂ O	mg/100	6.0
pH		7.5
Capa arable	Cm	0.20
TEXTURA		
Arena	%	3
Arcilla	%	28
Limo	%	69
Clase textural		Franco arcilloso limoso
Humedad equivalente (HE)	%	17
Densidad aparente (D.A)	g/cc	1.42
Densidad real	g/cc	2.2
Capacidad de campo (C.C)	%	17.3
Punto de marchitez permanente (P.M.P)	%	9.2

Fuente: Esta tabla muestra los resultados del análisis del laboratorio.

5.3.2. Cálculo de nutrientes del suelo



Volumen del suelo:

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

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

Masa de suelo:

$$MS = Vs \times DA$$

$$MS = 2000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 1.42 \text{ t/m}^3$$

MS = 2840 t/ha

Hallaremos el Nitrógeno asimilable en el suelo:

100 kg de suelo \longrightarrow 0.12 kg de Nitrógeno

2840000 kg de suelo \longrightarrow X

$2840000 \text{ kg de suelo} \times 0.12 \text{ kg de Nitrógeno}$

$$X = \frac{\text{-----}}{100 \text{ kg de suelo}}$$

X = 3408 kg de Nitrógeno total.

- Mineralización (2%)

3408 kg de Nitrógeno total \longrightarrow 100%

X \longrightarrow 2%

$2 \% \times 3408 \text{ kg de Nitrógeno total}$

$$X = \frac{\text{-----}}{100 \%}$$

X = 68.16 kg de Nitrógeno disponible.

- Nitrógeno Asimilable (40 %)

68.16 kg de Nitrógeno disponible \longrightarrow 100%

X \longrightarrow 40%

$68.16 \text{ kg de Nitrógeno disponible} \times 40\%$

$$X = \frac{\text{-----}}{100 \%}$$

X = 27.26 kg de Nitrógeno asimilable.

Hallaremos el Fósforo disponible en el suelo:

1000000 kg de suelo \longrightarrow 2.4 kg de fosforo

2840000 kg de suelo \longrightarrow X

$$X = \frac{2840000 \text{ kg de suelo} \times 2.4 \text{ kg de fósforo}}{1000000 \text{ kg de suelo}}$$

X = 68.16 kg de Fósforo disponible.

- CRU (10%)

68.16 kg de Fosforo disponible \longrightarrow 100%

X \longrightarrow 10%

$$X = \frac{10\% \times 68.16 \text{ kg de Fosforo}}{100\%}$$

X = 6.82 kg de Fosforo asimilable.

Hallaremos el Potasio asimilable en el suelo:

1000000 kg de suelo \longrightarrow 6 kg de Potasio

2840000 kg de suelo \longrightarrow X

$$X = \frac{2840000 \text{ kg de suelo} \times 6 \text{ kg de Potasio}}{1000000 \text{ kg de suelo}}$$

X = 170.4 kg de Potasio disponible.

- CRU (20%)

170.4 kg de Potasio \longrightarrow 100%

X \longrightarrow 20%

$$X = \frac{20\% \times 170.4 \text{ kg de Potasio}}{100\%}$$

X = 34.08 kg de Potasio asimilable.

Tabla 4 Nuevos niveles de nutrientes

	NIVEL (AGRORURAL)	SUELO	NUEVO	NIVEL (INIA)	SUELO	NUEVO	NIVEL (BERTSCH)	SUELO	NUEVO
NITRÓGENO kg/ha	120	27.26	92.74	150	27.26	122.74	229	27.26	201.74
FOSFORO kg/ha	90	6.82	83.18	60	6.82	53.18	23	6.82	16.18
POTASIO kg/ha	110	34.08	75.92	60	34.08	25.92	288	34.08	253.92

Fuente: Tabla para nuevos niveles de nutrientes que se emplearan en el fertirriego considerando los nutrientes del suelo y niveles de acuerdo a los tres autores. Elaboración propia.

AGRORURAL

- Fertilizante Nitrato de amonio con 33 kg de N y 3 kg de P₂O₅ para el nivel 120 (AGRORURAL) a requerir

100 kg de Nitrato de amonio → 33 kg de Nitrógeno

X → 92.7 kg de Nitrógeno

92.7 kg de Nitrógeno × 100 kg de nitrato de amonio

$$X = \frac{92.7 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de nitrato de amonio}}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

X = 281.03 Nitrato de amonio

10000 m² → 281.03 kg de Nitrato de amonio

44 m² → X

$$44 \text{ m}^2 \times 281.03 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

$$X = \frac{\quad}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 1.237 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

100 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow 3 kg de Óxido fosfórico

1.237 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow X

$$\frac{1.237 \text{ kg de Nitrato de amonio} \times 3 \text{ kg de Óxido fosfórico}}{\quad}$$

$$X = \frac{\quad}{100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}$$

$$X = 0.037 \text{ gr de Oxido de Fosfórico}$$

- Fertilizante Fosfato monoamónico con 61 kg de P_2O_5 y 12 kg de N para el nivel 90 a requerir es:

100 kg de Fosfato monoamónico \longrightarrow 61 kg de Óxido fosfórico

X \longrightarrow 83.18 kg de Óxido fosfórico

$$x \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 83.18 \text{ kg de Óxido fosfórico}}{\quad}$$

$$\frac{\quad}{61 \text{ kg de Óxido fosfórico}}$$

$$X = 136.361 \text{ kg de Fosfato mono amónico}$$

10000 m^2 \longrightarrow 136.361 kg Fosfato monoamónico

44 m^2 \longrightarrow X

$$\frac{44 \text{ m}^2 \times 136.361 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}{\quad}$$

$$X = \frac{\quad}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.600 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

100 kg de Fosfato monoamónico → 12 kg de Nitrógeno

600 kg de Fosfato monoamónico → X

$$X = \frac{0.600 \text{ kg de NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \times 12 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4}$$

$$X = 0.07 \text{ gr de Nitrógeno}$$

- Fertilizante Sulfato de Potasio con 50 kg de K₂O para el nivel de 110 a requerir es:

100 kg de Sulfato de Potasio → 50 kg de Óxido de potasio

X → 75.92 kg de Óxido de potasio

$$X = \frac{75.92 \text{ kg de Óxido de potasio} \times 100 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{50 \text{ kg de Oxido de potasio}}$$

$$X = 151.84 \text{ kg de Sulfato de potasio}$$

10000 m² → 151.84 kg de Sulfato de potasio

44 m² → X

$$X = \frac{44 \text{ m}^2 \times 151.84 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.668 \text{ kg de Sulfato de potasio}$$

Cálculo de Nitrato de amonio (AGRORURAL), disminuyendo con el Nitrógeno del Fosfato mono amónico y así obteniendo el Nitrato de amonio a requerir es:

100 kg de Nitrato de amonio → 33 kg de Nitrógeno

1.24 kg de Nitrato de amonio → X

$$X = \frac{1.24 \text{ kg de Nitrato de amonio} \times 33 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}$$

$$X = 0.41 \text{ kg de Nitrógeno} - 0.07 \text{ gr de Nitrógeno}$$

$$X = 0.34 \text{ kg de Nitrógeno}$$

100 kg de Nitrato de amonio → 33 kg de Nitrógeno

X → 0.34 kg de Nitrógeno

$$X = 1.030 \text{ kg de Nitrato de Amonio}$$

Cálculo de Fosfato mono amónico (AGRORURAL), disminuyendo el Óxido de fósforo y así se obteniendo el Fosfato mono amónico a requerir:

100 kg de Fosfato monoamónico → 61 kg de Óxido fosfórico

0.600 kg de Fosfato monoamónico → X

$$X = \frac{0.600 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 61 \text{ kg de Óxido fosfórico}}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.366 \text{ kg de Óxido de fosforo} - 0.037 \text{ gr de Óxido fosfórico}$$

$$X = 0.329 \text{ kg de Óxido de fosforo}$$

100 kg de fosfato monoamónico → 61 kg de Óxido fosfórico

X → 0.329 kg de Óxido fosfórico

$$X = 0.540 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

INIA

- Fertilizante Nitrato de amonio con 33 kg de N y 3 kg de P_2O_5 para el nivel 150 a requerir

100 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow 33 kg de Nitrógeno

X \longrightarrow 122.74 kg de Nitrógeno

$$X = \frac{122.74 \text{ kg de Nitrogeno} \times 100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

$$X = 371.94 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

10000 m² \longrightarrow 371.94 kg de Nitrato de amonio

44 m² \longrightarrow X

$$X = \frac{44 \text{ m}^2 \times 371.94 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 1.636 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

100 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow 3 kg de Óxido fosfórico

1.636 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow X

$$X = \frac{1.636 \text{ kg de Nitrato de amonio} \times 3 \text{ kg de Óxido fosfórico}}{100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}$$

$$X = 0.049 \text{ gr de Óxido de Fosfórico}$$

- Fertilizante Fosfato monoamónico con 61 kg de P_2O_5 y 12 kg de N para el

nivel 60 (INIA) a requerir

100 kg de Fosfato monoamónico \longrightarrow 61 kg de Óxido fosfórico

X \longrightarrow 53.18 kg de Óxido fosfórico

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 53.18 \text{ kg de Óxido fosfórico}}{61 \text{ kg de óxido fosfórico}}$$

$$X = 87.18 \text{ kg de Fosfato mono amónico}$$

10000 m² \longrightarrow 87.18 kg de Fosfato monoamónico

44 m² \longrightarrow X

$$X = \frac{44 \text{ m}^2 \times 87.18 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.384 \text{ kg de Fosfato mono amónico}$$

100 kg de Fosfato monoamónico \longrightarrow 12 kg de Nitrógeno

0.384 kg de Fosfato monoamónico \longrightarrow x

$$X = \frac{0.384 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 12 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.05 \text{ gr de Nitrógeno}$$

- Fertilizante Sulfato de Potasio con 50 kg de K₂O para el nivel de 60 (INIA) a requerir

100 kg de Sulfato de potasio \longrightarrow 50 de kg Óxido de potasio

X \longrightarrow 25.92 kg de Óxido de potasio

$$X = \frac{25.92 \text{ kg de Óxido de potasio} \times 100 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{50 \text{ kg de Óxido de potasio}}$$

X = 51.84 kg de Sulfato de potasio

10000 m² \longrightarrow 51.84 kg de Sulfato de potasio

44 m² \longrightarrow X

$$X = \frac{44 \text{ m}^2 \times 51.84 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.228 \text{ kg de Sulfato de potasio}$$

Cálculo de Nitrato de amonio (INIA), disminuyendo con el Nitrógeno del Fosfato mono amónico y así obteniendo el Nitrato de amonio a requerir:

100 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow 33 kg de Nitrógeno

1.636 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow x

$$X = \frac{1.636 \text{ kg de Nitrato de amonio} \times 33 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}$$

X = 0.540 kg de Nitrógeno - 0.05 gr de Nitrógeno

X = 0.49 kg de Nitrógeno

100 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow 33 kg de Nitrógeno

X \longrightarrow 0.49 kg de Nitrógeno

X = 1.485 kg de Nitrato de Amonio

Cálculo de Fosfato mono amónico (INIA), disminuyendo el Óxido de fósforo y así se obteniendo el Fosfato mono amónico a requerir:

100 kg de Fosfato monoamónico \longrightarrow 61 kg de Óxido fosfórico

0.384 kg de fosfato monoamónico \longrightarrow X

$$X = \frac{0.384 \text{ kg de fosfato monoamónico} \times 61 \text{ kg de Oxido de fosforo}}{100 \text{ kg de fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.234 \text{ kg de Oxido de fosfórico} - 0.049 \text{ gr de Oxido de fosfórico}$$

$$X = 0.185 \text{ kg de Oxido de fosfórico}$$

100 kg de fosfato monoamónico \longrightarrow 61 kg de Oxido fosfórico

X \longrightarrow 0.185 kg de Oxido fosfórico

X = 0.303 kg de Fosfato mono amónico

BERTSCH

- Fertilizante Nitrato de amonio con 33 kg de N y 3 kg de P₂O₅ para el nivel 229 (BERTSCH) a requerir

100 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow 33 kg de Nitrógeno

X \longrightarrow 201.74 kg de Nitrógeno

$$X = \frac{201.74 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

X = 611.33 Nitrato de amonio

10000 m² → 611.33 kg de Nitrato de amonio

44 m² → X

$$x = \frac{44 \text{ m}^2 \times 611.33 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{10000 \text{ m}^2}$$

X = 2.690 kg de Nitrato de amonio

100 kg de Nitrato de amonio → 3 kg de óxido fosfórico

2.690 kg de Nitrato de amonio → X

$$x = \frac{2.690 \text{ kg de Nitrato de amonio} \times 3 \text{ kg de Oxido fosfórico}}{100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}$$

X = 0.080 gr de Oxido de Fosfato

- Fertilizante Fosfato monoamónico con 61 kg de P₂O₅ y 12 kg de N para el nivel 23 (BERTSCH) a requerir

100 kg de Fosfato monoamónico → 61 kg de Oxido fosfórico

X → 16.18 kg de Oxido fosfórico

$$x = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 16.18 \text{ kg de Oxido fosfórico}}{61 \text{ kg de Oxido fosfórico}}$$

X = 26.52 kg de Fosfato mono amónico

10000 m² → 26.52 kg de fosfato monoamónico

44 m² → X

$$X = \frac{44 \text{ m}^2 \times 26.52 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.117 \text{ kg de Fosfato mono amónico}$$

100 kg de Fosfato monoamónico → 12 kg de Nitrógeno

0.117 kg de Fosfato monoamónico → X

$$X = \frac{0.117 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 12 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.014 \text{ gr de Nitrógeno}$$

- Fertilizante Sulfato de Potasio con 50 kg de K₂O para el nivel de 288 (BERTSCH) a requerir

100 kg de Sulfato de potasio → 50 kg de Oxido de potasio

X → 253.92 kg de Oxido de potasio

$$X = \frac{253.92 \text{ kg de Oxido de potasio} \times 100 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{50 \text{ kg de Oxido de potasio}}$$

$$X = 507.84 \text{ kg de Sulfato de potasio}$$

10000 m² → 507.84 kg de Sulfato de potasio

44 m² → X

$$x = \frac{44 \text{ m}^2 \times 507.84 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 2.23 \text{ kg de Sulfato de potasio}$$

Cálculo de Nitrato de amonio (BERTSCH), disminuyendo con el Nitrógeno del Fosfato mono amónico y así obteniendo el Nitrato de amonio a requerir:

100 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow 33 kg de Nitrógeno

2.690 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow X

$$x = \frac{2.690 \text{ kg de Nitrato de amonio} \times 33 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}$$

$$X = 0.89 \text{ kg de Nitrógeno} - 0.014 \text{ gr de Nitrógeno}$$

$$X = 0.88 \text{ kg de Nitrógeno}$$

100 kg de Nitrato de amonio \longrightarrow 33 kg de Nitrógeno

X \longrightarrow 0.88 kg de Nitrógeno

$$X = 2.67 \text{ kg de Nitrato de Amonio}$$

Cálculo de Fosfato mono amónico (BERTSCH), disminuyendo el Óxido de fosforo y así se obteniendo el Fosfato monoamónico a requerir:

100 kg de Fosfato monoamónico \longrightarrow 61 kg de Óxido de fosforo

0.117 kg de Fosfato monoamónico \longrightarrow X

$$x = \frac{0.117 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 61 \text{ kg de Óxido de fosforo}}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$X = 0.071 \text{ kg de Óxido de fosforo} - 0.080 \text{ gr de Óxido de fosforo}$

$X = 0.009 \text{ kg de Óxido de fosforo}$

100 kg de Fosfato monoamónico \longrightarrow 61 kg de Óxido de fosforo

$X \longrightarrow 0.009 \text{ kg de Óxido de fosforo}$

$X = 0.0148 \text{ kg de Fosfato mono amónico}$

5.3.2.1. Cálculo de dosificación para cada autor

En el cultivo de brócoli la necesidad nutricional varia conjuntamente al ver el análisis de suelo, con respecto al trabajo se propuso tres niveles de fertilización con sus respectivos autores del cual se dosificaron de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo, por ende, se entiende que por cada etapa fenológica existen diferentes requerimientos nutricionales de cada autor como veremos en las siguientes tablas:

Tabla 5 Dosificación por fecha con nivel 120-90-110 (AGRORURAL)

FECHAS	DDS	dias	NITROGENO PARA NIVEL 120 EN kg	FOSFORO PARA NIVEL 90 EN gr	POTASIO PARA NIVEL 110 EN gr	ABS. POR ETAPA FENOLOGICA NITROGENO	ABS. POR ETAPA FENOLOGICA FOSFORO	ABS. POR ETAPA FENOLOGICA POTASIO
23/01/22 al 13/02/22	0-22	22	1030	540	668	2.4	0.2	1.2
14/04/22 al 26/02/22	22-35	13	1030	540	668	14	1	11
27/02/22 al 13/03/22	35-50	15	1030	540	668	73	4	56
14/03/22 al 27/03/22	50-64	14	1030	540	668	154	9	125
28/03/22 al 10/04/22	64-78	14	1030	540	668	229	18	239
11/04/22 al 02/05/22	78-100	22	1030	540	668	133	23	288
		100				605.4	55.2	720.2

ABS. NITROGENO EN %	ABS. FOSFORO EN %	ABS. POTASIO EN %	NITROGENO POR ETAPA FENOLOGICA	FOSFORO POR ETAPA FENOLOGICA	POTASIO POR ETAPA FENOLOGICA	DOSIS DIARIA NITROGENO PARA NIVEL 120	DOSIS DIARIA FOSFORO PARA NIVEL 90	DOSIS DIARIA POTASIO PARA NIVEL 110
0.40%	0.36%	0.17%	4.08	1.957	1.11	0.2	0.1	0.1
2.31%	1.81%	1.53%	23.82	9.783	10.20	1.8	0.8	0.8
12.06%	7.25%	7.78%	124.20	39.130	51.94	8.3	2.6	3.5
25.44%	16.30%	17.36%	262.01	88.043	115.94	18.7	6.3	8.3
37.83%	32.61%	33.19%	389.61	176.087	221.68	27.8	12.6	15.8
21.97%	41.67%	39.99%	226.28	225.000	267.13	10.3	10.2	12.1
100%	100%	100%	1030	540	668			

Fuente: Elaboración propia en base a Bertsch, H. F. (2009).

Tabla 6 Dosificación por fecha con nivel 150-60-60 (INIA)

FECHAS	DDS	dias	NITROGENO PARA NIVEL 150 EN kg	FOSFORO PARA NIVEL EN 60 gr	POTASIO PARA NIVEL 60 EN gr	ABS. POR ETAPA FENOLOGICA NITROGENO	ABS. POR ETAPA FENOLOGICA FOSFORO	ABS. POR ETAPA FENOLOGICA POTASIO
23/01/22 al 13/02/22	0-22	22	1485	303	228	2.4	0.2	1.2
14/04/22 al 26/02/22	22-35	13	1485	303	228	14	1	11
27/02/22 al 13/03/22	35-50	15	1485	303	228	73	4	56
14/03/22 al 27/03/22	50-64	14	1485	303	228	154	9	125
28/03/22 al 10/04/22	64-78	14	1485	303	228	229	18	239
11/04/22 al 02/05/22	78-100	22	1485	303	228	133	23	288
		100				605.4	55.2	720.2

ABS. NITROGENO EN %	ABS. FOSFORO EN %	ABS. POTASIO EN %	NITROGENO POR ETAPA FENOLOGICA	FOSFORO POR ETAPA FENOLOGICA	POTASIO POR ETAPA FENOLOGICA	DOSIS DIARIA NITROGENO PARA NIVEL 150	DOSIS DIARIA FOSFORO PARA NIVEL 60	DOSIS DIARIA POTASIO PARA NIVEL 60
0.40%	0.36%	0.17%	5.89	1.098	0.38	0.27	0.05	0.02
2.31%	1.81%	1.53%	34.34	5.489	3.48	2.64	0.42	0.27
12.06%	7.25%	7.78%	179.06	21.957	17.73	11.94	1.46	1.18
25.44%	16.30%	17.36%	377.75	49.402	39.57	26.98	3.53	2.83
37.83%	32.61%	33.19%	561.72	98.804	75.66	40.12	7.06	5.40
21.97%	41.67%	39.99%	326.24	126.250	91.17	14.83	5.74	4.14
100%	100%	100%	1485	303	228			

Fuente: Elaboración propia en base a Bertsch, H. F. (2009).

Tabla 7 Dosificación por fecha con nivel 229-23-288 (BERTSCH)

FECHAS	DDS	días	NITROGENO PARA NIVEL 229 EN kg	FOSFORO PARA NIVEL 23	POTASIO PARA NIVEL 288 EN kg	ABS. POR ETAPA FENOLOGICA NITROGENO	ABS. POR ETAPA FENOLOGICA FOSFORO	ABS. POR ETAPA FENOLOGICA POTASIO
27/11/19 al 16/12/19	0-22	22	2670	0	2230	2.4	0.2	1.2
17/12/19 al 05/01/20	22-35	13	2670	0	2230	14	1	11
06/01/20 al 30/01/20	35-50	15	2670	0	2230	73	4	56
31/01/20 al 14/02/20	50-64	14	2670	0	2230	154	9	125
15/02/20 al 24/02/20	64-78	14	2670	0	2230	229	18	239
25/02/20 al 15/03/20	78-100	22	2670	0	2230	133	23	288
TOTAL		100				605.4	55.2	720.2

ABS. NITROGENO EN %	ABS. FOSFORO EN %	ABS. POTASIO EN %	NITROGENO POR ETAPA FENOLOGICA	FOSFORO POR ETAPA FENOLOGICA	POTASIO POR ETAPA FENOLOGICA	DOSIS DIARIA NITROGENO PARA NIVEL 229	DOSIS DIARIA FOSFORO PARA NIVEL 23	DOSIS DIARIA POTASIO PARA NIVEL 288
0.40%	0.36%	0.17%	10.58	0.000	3.72	0.5	0.0	0.2
2.31%	1.81%	1.53%	61.74	0.000	34.06	4.7	0.0	2.6
12.06%	7.25%	7.78%	321.95	0.000	173.40	21.5	0.0	11.6
25.44%	16.30%	17.36%	679.19	0.000	387.05	48.5	0.0	27.6
37.83%	32.61%	33.19%	1009.96	0.000	740.03	72.1	0.0	52.9
21.97%	41.67%	39.99%	586.57	0.000	891.78	26.7	0.0	40.5
100%	100%	100%	2670	0	2230			

Fuente: Elaboración propia en base a Bertsch, H. F. (2009).

5.3.3. Demanda hídrica

Para el estudio de la demanda hídrica, se utilizó los siguientes datos meteorológicos los cuales sirvió para la realización de la planilla de riego:

Tanque evaporímetro clase A (mm): Es circular, 120.7 cm de diámetro y 25.5 cm de profundidad. Está fabricado de hierro galvanizado o de láminas de metal (0,8 mm). El tanque fue puesto sobre una plataforma de madera en forma de reja que se encontrará a 15 cm por encima del nivel del suelo, el tanque debe estar a nivel. Una vez colocado, el tanque se procederá a llenar con agua hasta 5 cm por debajo del borde y el nivel del agua no debe disminuir hasta más de 7,5 cm por debajo. El agua será cambiada semanalmente, para obtener la evaporación en mm/día, por consiguiente, se observará las lecturas diarias a las 7:00 horas de la mañana, que posteriormente se usará en la planilla de manejo de riego.

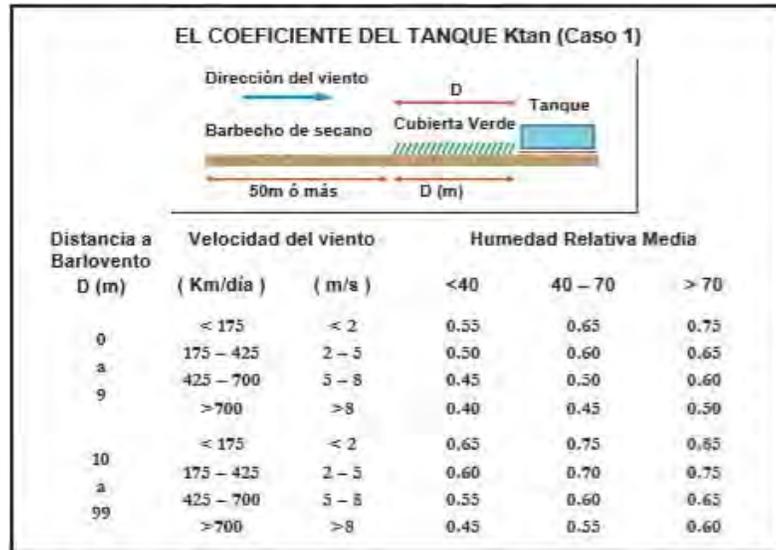
Humedad relativa (%): Se realizó las lecturas diarias obteniendo de los datos del higrómetro al día, a las 7:00 horas de la mañana, consiguiendo la humedad relativa con el cual se trabajó para la planilla.

Velocidad de viento (m/s): Para las lecturas diarias de velocidad de viento se realizó con el anemómetro y fue una vez al día, a las 7:00 horas de la mañana, a una altura de 1.60.

5.3.3.1. *Determinación del k_p del tanque clase A*

Teniendo los datos necesarios como velocidad del viento (m/s), humedad relativa (%) y distancia al barlovento. Se determinó el K_p con el siguiente cuadro

Figura 7: Determinación de k_p del tanque clase A.



Fuente: Esta figura fue elaborada por la FAO.

5.3.3.2. Cálculo de coeficiente del cultivo (k_c)

Para elaborar la curva del coeficiente del cultivo se utilizó del boletín FAO, donde se obtuvo el K_c diario para así realizar el cálculo de la evapotranspiración diaria del cultivo juntamente con las fases del cultivo del experimento.

Tabla 8 Fases de desarrollo

FASE DEL CULTIVO	DIAS	KC
Fase inicial de crecimiento	22	0.15
Fase de desarrollo	28	0.95
Fase de media estación	28	0.95
Fase final	22	0.85

Fuente: Los valores de k_c fueron obtenidos del Boletín FAO 56.

Figura 8. Curva de Kc para brócoli



Fuente: Elaboración propia en base a Villalobos et al (2005).

5.3.3.3. Cálculo de evapotranspiración de referencia

Para este cálculo primero se desarrolló el Kp, que viene determinado de la tabla, donde se obtuvo las lecturas de los distintos instrumentos de medición localizados en k'ayra los siguientes datos del higrógrafo (humedad atmosférica) y del anemómetro (velocidad de viento). Después se procedió con la evaporación diaria que dio las lecturas del tanque clase A, finalmente se halló la evapotranspiración de referencia que es base para hallar la evapotranspiración del cultivo de Brócoli.

$$ET_o = \text{Evap} \times K_p$$

Donde:

- ET_o = Evapotranspiración de referencia.

- K_p = Coeficiente de tanque evaporímetro.
- $Evap$ = Evaporación (mm)

$$ET_o = 1.10 \times 0.75$$

$$ET_o = 0.83 \text{ mm}$$

Entonces el ET_o para el 23 de enero del 2022 es 0.83 mm continuando así diariamente en la planilla.

5.3.3.4. Cálculo de la ET_c

La evapotranspiración del cultivo se desarrolló, multiplicando la evapotranspiración de referencia (ET_o) por el coeficiente del cultivo (k_c).

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Donde:

- ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).
- ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/día).
- K_c = Coeficiente del cultivo.

$$ET_c = 0.83 \times 0.15$$

$$ET_c = 0.12 \text{ mm}$$

La evapotranspiración del cultivo ET_c es de 0.12 mm para el día 23 de enero del 2022 continuando así la diariamente en la planilla.

5.3.3.5. Cálculo de Lámina neta

Los parámetros del suelo que deben conocerse para el cálculo de las láminas de riego son las siguientes: capacidad de campo en % (CC), punto de marchitez permanente en % (PMP), densidad aparente del suelo gr/cm³ (Da), y los parámetros del cultivo como: profundidad efectiva radicular (z) en cm y el factor de agotamiento (f) adimensional siempre menor a 1.

- Lámina neta inicial

Este cálculo de lámina neta se realizó con la siguiente ecuación

$$\text{Ln inicial} = \frac{(17.3\% - 9.2\%)}{10} \times 1.42 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 20 \text{ cm}$$

$$\text{Ln inicial} = 23.00 \text{ mm} / 20\text{cm de suelo}$$

Esta lamina de 23.00 mm, es el requerimiento volumétrico de agua que se incorporó al suelo, para fines de preparación del suelo y la posterior la instalación del cultivo de Brócoli.

5.3.3.6. Lámina neta final o Lámina neta para riego de mantenimiento

Adicional a la lámina neta inicial, se toma en cuenta el factor de secamiento (f) o porcentaje de agotamiento, que determina la cantidad de agua disponible que puede perder un cultivo sin afectar su desarrollo normal y su capacidad de producción.

$$\text{Ln final} = \frac{(\text{CC} - \text{PMP})}{10} \times \text{Da} \times z \times f$$

- Ln = Lámina neta (mm/día)
- CC = Capacidad de campo (%)
- PMP = Punto de marchitez permanente (%)
- Z = Profundidad de raíz (cm)
- Da = Densidad aparente del suelo (%)
- f = Factor de secamiento

Con el factor de secamiento de 0.45 propuesto por la FAO para el

$$Ln \text{ inicial} = \frac{(17.3\% - 9.2\%)}{10} 1.42 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 20 \text{ cm} \times 0.45$$

$$Ln \text{ inicial} = 23.00 \times 0.45$$

$$Ln \text{ inicial} = 10.35 \text{ mm}$$

10.35 mm Será el volumen que el agua puede almacenar en 20 cm de profundidad, en el cual está disponible para la absorción radicular del cultivo de brócoli, donde la reposición se calculará con una eficiencia de 90%.

5.3.3.7. Consumo diario de agua

Para este cálculo es necesario las lecturas diarias los datos del ETc (0.12 mm) el cual es equivalente al riego que se necesita el cual es dividido entre la eficiencia del sistema de riego al 90% estos datos se encuentran en la planilla de riego.

5.3.3.8. Tiempo de riego

- **Precipitación horaria**

$$PH = \frac{q(\text{emisor})\left(\frac{1}{hr}\right)}{Ee \times El}$$

Donde:

- Q = Caudal del gotero (l/hr)
- Ee = Distanciamiento entre emisores (m)
- El = Distancia entre laterales (m)

Obtendremos estos datos de la guía obtenida de la compra de las cintas de riego que se instaló en campo definitivo: PH = 8.5 mm/h

5.3.3.9. Tiempo de riego

$$TR = \frac{L \text{ amina de agua a reponer mm/dia}}{PH \text{ mm/h}}$$

TR = Tiempo de riego (min, h)

L = Agua a reponer (mm)

PH = precipitación horaria (mm/h)

Para hallar el tiempo de riego se reemplazó los datos de la planilla, tenemos un número de 9.11 mm agua a reponer con una precipitación horaria de 8.5 mm/h:

$$TR = \frac{9.11 \text{ mm}}{8.5 \text{ mm/h}} = 1.07 \text{ horas}$$

El tiempo de riego para cubrir 9.11mm en la fecha del 05 de abril del 2022 es de 68.19 minutos.

5.3.3.10. Frecuencia de riego

La frecuencia de riego fue diaria ya que el fertilizante fue aplicado diariamente

Tabla 9 Planilla de riego

PLANILLA DE RIEGO DEL 2022														
Provincia :		CUSCO			Ln para llegar a CC:		23.00		Area del terreno (ha)			176 M2		
Distrito :		SAN JERONIMO			Ln (mínimo en suelo):		10.35							
Comunidad C. :		KAYRA			Eficiencia (%):		90.00%							
Sector :		potrero			Fecha siembra:		23/1/2022							
FECHA	DDS	V (m/s)	HR %	Kp	Evapor. (mm)	ETo	Kc	ETc (mm)	Reposición de agua de riego			Consumo de agua		tiempo de riego
									Pp (mm)	Nec. Netas (mm)	Nec. Totales (mm)	C.C.	Descenso tolerable	
23/01/2022	1	0.83	85	0.75	1.10	0.83	0.15	0.12				23.00	22.9	
24/01/2022	2	0.70	85	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11	25	0.12	0.14	23.00	22.9	
25/01/2022	3	0.69	88	0.75	0.85	0.64	0.15	0.10	20	0.11	0.13	23.00	22.9	
26/01/2022	4	1.49	86	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11		0.10	0.11	23.00	22.9	
27/01/2022	5	0.58	85	0.75	1.10	0.83	0.15	0.12		0.11	0.13	23.00	22.9	
28/01/2022	6	0.84	85	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11		0.12	0.14	23.00	22.9	
29/01/2022	7	1.20	80	0.75	1.30	0.98	0.15	0.15		0.11	0.13	23.00	22.9	
30/01/2022	8	0.85	80	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11		0.15	0.16	23.00	22.9	
31/01/2022	9	1.28	83	0.75	1.30	0.98	0.15	0.15		0.11	0.13	23.00	22.9	
01/02/2022	10	1.20	81	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11		0.15	0.16	23.00	22.9	
02/02/2022	11	0.60	73	0.75	1.50	1.13	0.15	0.17		0.11	0.13	23.00	22.8	
03/02/2022	12	1.20	84	0.75	0.95	0.74	0.15	0.14	20	0.17	0.1875	23.00	22.8	

Fuente: elaboración propia

En el cuadro se observa, el valor de 23.00 mm que es la lámina de inicio e y la lámina final que es de 10.35 mm, esto para la profundidad de suelo de 20 cm

Pasos del uso de planilla de riego:

1. Se determinó el coeficiente del tanque (kp), se utilizó el cuadro 2 de coeficientes del tanque clase A, con la ayuda de datos climáticos diarios de humedad relativa y velocidad del viento.
2. El valor kp se multiplicó por la evaporación diaria, obteniendo del tanque evaporímetro, para determinar la ETo de la planilla.
3. La ETo se multiplico por el Kc, de acuerdo con los datos que nos dará el boletín de la FAO 56 donde se adaptó de acuerdo a su ciclo fenológico del cultivo de

Brócoli, por consiguiente, se obtendrá los datos del Etc.

4. En La planilla la Etc. se utiliza como riego necesario del cual se divide entre la eficiencia que es 90 % de riego así observando el riego a aplicar.
5. Cuando hubo precipitaciones mayores de 14 mm no se realizó el riego en el cultivo.
6. La lamina neta consumida en 100 días es de 70.30mm que se irriego así aumentando el agua de equipo necesario para medir las precipitaciones pluviales (pluviómetro) con un total de 132.65 mm de la demanda hídrica para el cultivo de brócoli.

5.4. Diseño de trabajo experimental

5.4.1. Diseño experimental

El trabajo de investigación experimental se hizo con el diseño estadístico adoptado para la variable de rendimiento y características agronómicas en fertirrigación con tres niveles diferentes fue la prueba no paramétrica de William Kruskal y W. Allen Wallis, porque nos ayuda a contrastar más de dos muestras con la veracidad de comprobar si provienen de la misma población, asimismo comparar si existe diferencias entre las medidas de tendencia central de más de dos poblaciones y no se evidencia la hipótesis de equivalencia y de regularidad de varianzas.

Variables:

Variables dependientes:

- Rendimiento de unidad experimental peso de pella, diámetro de pella donde sus indicadores son kg y cm.
- Comportamiento agronómico de unidad experimental longitud de planta, numero de hojas, ancho y largo de hoja, donde sus indicadores son cm.
- Demanda Hídrico el cual sus indicadores son ETc y mm/día.

Variables Independientes:

- Brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad Itálica Hibrido “Legacy”)
- Tres Niveles de fertirriego 120 -90-110 (AGRORURAL), 150-60-60 (INIA) y 229-23-288 (BERTSCH) de fertirrigación.
- Humedad relativa, velocidad de viento y Evapotranspiración

En él trabajó de investigación, se instaló 8 parcelas de áreas iguales donde su condición de agua, suelo y clima son semejantes, además se distribuyó el correspondiente nivel de fertirrigación. Se especificaron en la siguiente denominación:

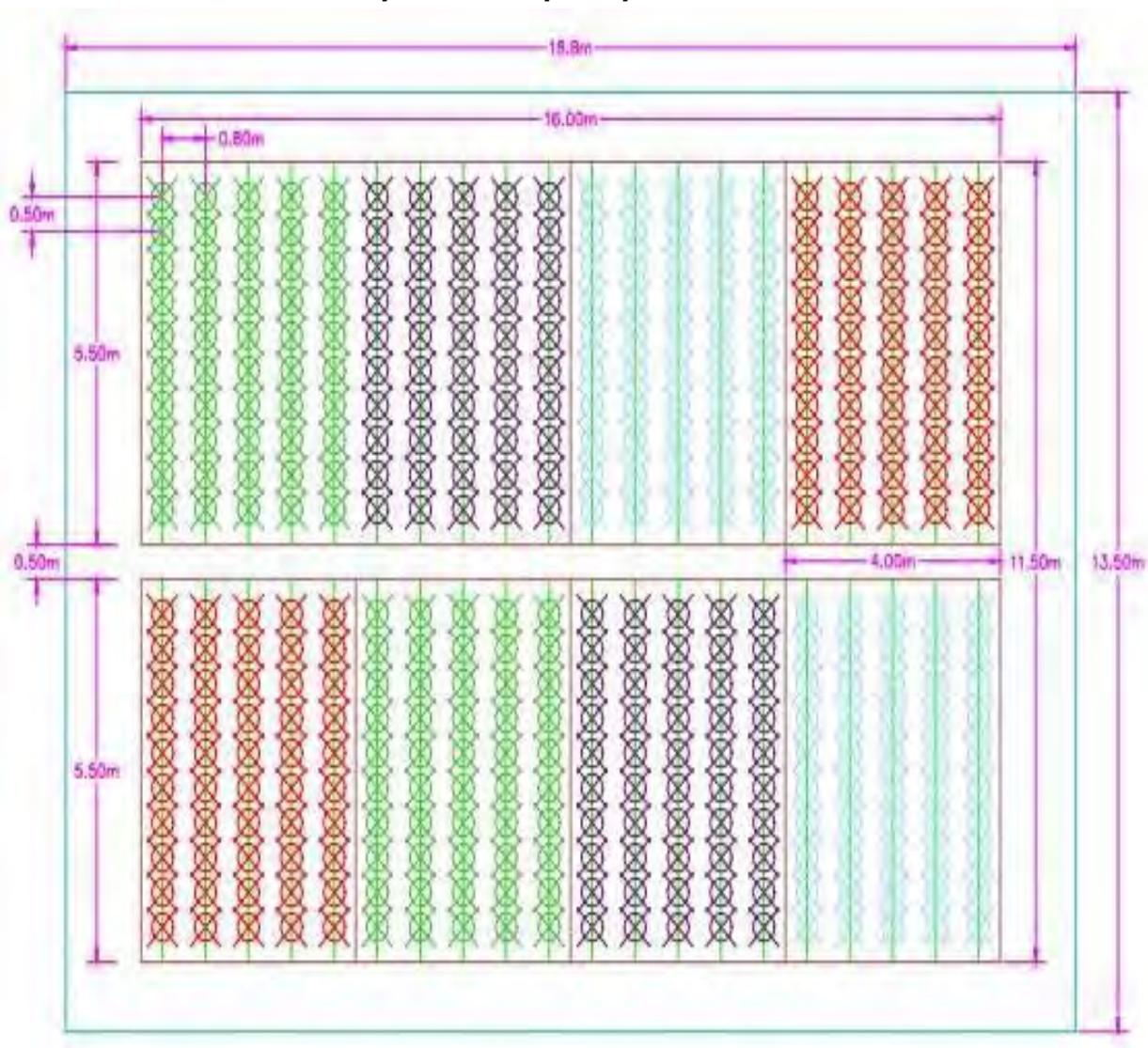
-T1: Parcela con riego por goteo sin fertirrigación (TESTIGO).

-T2: Parcela con riego por goteo con nivel 120 -90-110 (AGRORURAL) mediante la fertirrigación.

-T3: Parcela con riego por goteo con nivel 150-60-60 (INIA) mediante la fertirrigación.

-T4: Parcela con riego por goteo con nivel 229-23-288 (BERTSCH) mediante la fertirrigación

5.4.1.1. Croquis de campo experimental



Parcela con riego por goteo sin fertirrigación (TESTIGO).



Parcela con riego por goteo con nivel 120 -90-110 (AGRORURAL) de fertirrigación.



Parcela con riego por goteo con nivel 150-60-60 (INIA) de fertirrigación.



Parcela con riego por goteo con nivel 229-23-288 (BERTSCH) de fertirrigación.

5.4.2. Característica del campo Experimental:

5.4.2.1. Área del terreno

La extensión total de la parcela C-2 ubicado en potrero es de 13515.142 m² con un perímetro de 462.387 m y una pendiente de 1.33%.

5.4.2.2. Forma del predio o parcela

La parcela C-2 de su extensión se realizó el experimento en un área de 176 m² de forma rectangular.

5.4.2.3. Campo experimental

- Largo : 16 m
- Ancho : 11 m
- Área total : 176 m²

5.4.2.4 Bloques

- Numero de bloques : 2
- Largo : 16 m
- Ancho : 5.5 m
- Área de cada bloque : 88 m²
- Separación entre cada bloque : 50 cm

5.4.2.5 Unidades experimentales

- unidades experimentales : 8
- Largo : 4 m

- Ancho : 5.5
- Área de cada unidad experimental : 22 m²

5.4.2.6 Surcos:

- Numero de surcos por bloque 5
- Distancia entre los surcos : 0.80 m
- Distancia entre plantas : 0.50 m

5.5. Instalación de riego en la parcela experimental

5.5.1. Preparación de terreno

La preparación de terreno representa aspectos muy importantes en el crecimiento del cultivo, se realizó una labor de rastra, arada y nivelación manualmente a una profundidad de 20 cm esta actividad se realizó el 21 de enero del 2022.

Fotografía 3. *Preparación de terreno*



5.5.2. Instalación de caseta de riego

La fuente de agua está ubicada en el sector de la micro cuenca del río, riachuelo Huanacaure, donde se encuentra la captación llamada chanchería en la cual se capta un caudal de 4.5 l/s que será conducida hasta el área experimental para el riego tecnificado de la facultad de ciencias agrarias en seguida tendremos un cabezal de riego que sirvió para suministrar las exigencias hídricas para el cultivo, también se obtuvo ½ litro de agua del tanque para su respectivo análisis de agua.

Fotografía 4. *Cabezal de control utilizado en el presente experimento*



5.5.3. Instalación del sistema por goteo

La instalación de riego fue desde la caseta de riego que el cual es conducida hasta el arco de riego que contiene un manómetro que ayuda a medir la presión de agua con 1 bar de presión que va dirigida al cultivo, ya que se encuentra cerca de la parcela, por consiguiente se instaló la manguera de 25 mm hasta el cultivo, para la

distribución se usó la manguera de 16 mm para cada tratamiento con su respectiva válvula, seguidamente se realizó agujeros incrementado a cada agujero un tapón final de 16 mm, luego se indujo las cintas de riego para finalizar se realizó la purga que consiste en dejar abierto las cintas durante de 10 minutos donde el agua salga limpia, se procedió inmediatamente a cerrar las cintas de riego doblándolas al final.

Fotografía 5. *Instalación de cintas de riego*



5.5.4. Instalación del sistema de fertirrigación

Para la instalación se insertó un arco de riego en el tubo principal que se encuentra seguidamente del Rotoplas, este arco de riego se insertó un inyector Venturi.

Seguidamente se observa un filtro de discos después del inyector Venturi, para así evitar problemas de taponamientos en las cintas de goteo y tubos.

Fotografía 6. *Inyector Venturi*



5.6. Manejo del cultivo

5.6.1. Siembra

La siembra de la semilla del brócoli híbrido Legacy fue el 17 de diciembre del 2021 un mes antes del trasplante en terreno definitivo, las semillas fueron puestos en la bandeja de propagación con el abono correspondiente en cada cuadro se usó una semilla, luego se pasó al terreno definitivo el 22 de enero del 2022 con un distanciamiento entre surco 80 cm y entre planta a planta a 50 cm formando así 5 surcos por cada tratamiento.

5.6.2. Deshierbe

Se realizó el 11 de febrero de acuerdo con el ciclo vegetativo del cultivo de brócoli, esta labor es importante ya que se trabajó en época de lluvia donde las malezas estaban en todo ciclo productivo del cultivo.

5.6.3. Abonamiento

Esta actividad, se llevó a cabo al momento de la preparación de terreno con dos sacos de estiércol de vacuno el cual fue inducido un puñado de abono en cada planta al momento del trasplante para así mejorar las características del suelo.

5.6.4. Aporque

El aporque se realizó el 11 de marzo del 2022, esta actividad es importante para que las plantas tengan una buen soporte y fuerza en el tallo principal, así observamos un buen crecimiento de la hortaliza.

Fotografía 7. *Aporque del cultivo*



5.6.5. Riego por goteo

Este riego tecnificado, presenta mejores rendimientos. Se realizó un día después del trasplante donde paso a seguir se utilizó los datos del análisis del suelo del laboratorio para la lámina neta inicial, por consiguiente, con los datos de humedad relativa, velocidad de viento, precipitación pluvial y evapotranspiración del tanque clase. Se

obtuvo así el primer riego a aplicar que va de la mano con el tiempo de riego que se necesita por día como observamos en tabla N°9 que corresponde a la planilla de riego.

Fotografía 8. *Riego localizado del cultivo*



5.6.6. Fertirrigación

La fertirrigación se efectuó de acuerdo con el análisis de suelo, con los datos de los tres niveles de fertilización de cada autor recomendado, esta actividad fue diariamente mediante la técnica de fertirriego del sistema Inyector.

5.6.6.1. Preparación de fertilizantes:

Los cuadros de plan de fertirriego fueron utilizados para la dosificación de fertilizantes a aplicar diariamente donde la cantidad necesaria fue pesada y luego solubilizada en un balde de agua a temperatura ambiente, para que así sea más uniforme y ser absorbida por el Inyector Venturi.

Fotografía 9. Inducción de agua y fertilizante en balde por medio del inyector Venturi



5.6.7. Sistema de inyección

5.6.7.1. Inyector Venturi

El inyector Venturi se eligió para incrementar el fertilizante en polvo diluido en agua y así pasar el agua y fertilizante a cada planta por medio del riego de goteo el cual nos ayuda a fertirrigar en pequeñas áreas de cultivo sin generar pérdidas de presión y gastos económicos. El inyector Venturi es de una pulgada el cual absorbe 4 litros por minuto que es adecuado para el cultivo.

5.6.8. Control de plagas y enfermedades

Se realizó en todo el ciclo fenológico necesariamente se aplicó 30 días después de la siembra donde hubo más incidencia de daño en las hojas del cultivo de brócoli.

Se observó el daño de la plaga *Diabrotica speciosa* el cual causo daño en las

hojas originando orificios para su control se aplicó el insecticida GALGOTRIN de etiqueta amarilla del cual pudimos ver buenos resultados en función al crecimiento de las hojas ya que es importante para el crecimiento de la pella.

Fotografía 10. *Control químico con insecticida*



5.6.9. Cosecha

Esta labor se realizó el 3, 5 y 8 de mayo del 2022, se inició observando el tamaño adecuado en algunas cabezas de distintos tratamientos, por ende, fueron varios días de cosecha extrayendo las pellas manualmente con cuchillo desde su base para su peso y medición viendo así que el ciclo productivo del cultivo de brócoli se dio entre los 100 días.

Fotografía 11. *Cosecha de brócoli*



VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados

6.1.1. Determinación del requerimiento nutricional durante el ciclo fenológico.

Para el nivel 120-90-110 de N-P-K (AGRORURAL) Se desarrolló el requerimiento nutricional para todo el ciclo productivo del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea L.* variedad Itálica Híbrido “Legacy”) obteniendo los siguientes resultados:

- Del día 0 al día 22 se aplicó una dosificación diaria de 0.2gr de Nitrato de amonio, 0.1 gr de Fosfato amónico y 0.1 gr de Sulfato de potasio que equivale al 0.40%-0.36%-0.17% de N-P-K.
- Del día 22 al día 35 se aplicó una dosificación diaria de 1.8gr de Nitrato de amonio, 0.8gr de Fosfato amónico y 0.8gr de Sulfato de potasio que equivale al 2.31%-1.81%-1.53% de N-P-K.
- Del día 35 al día 50 se aplicó una dosificación diaria de 8.3gr de Nitrato de amonio, 2.6gr de Fosfato amónico y 3.5gr de Sulfato de potasio que equivale al 12.06%-7.25%-7.78% de N-P-K.
- Del día 50 al día 64 se aplicó una dosificación diaria de 18.7gr de Nitrato de amonio, 6.3gr de Fosfato amónico y 8.3gr de Sulfato de potasio que equivale al 25.44%-16.30%-17.36% de N-P-K.
- Del día 64 al día 78 se aplicó una dosificación diaria de 27.8.1gr de Nitrato de amonio, 12.6gr de Fosfato amónico y 15.8gr de Sulfato de potasio que equivale

al 37.83%-32.61%-33.19% de N-P-K.

- Del día 78 al día 100 se aplicó una dosificación diaria de 10.3gr de Nitrato de amonio, 10.2gr de Fosfato amónico y 12.1gr de Sulfato de potasio que equivale al 21.97.83%-41.67%-39.99% de N-P-K.

Para el nivel 150-60-60 de N-P-K (INIA) Se desarrolló el requerimiento nutricional para todo el ciclo productivo del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”) obteniendo los siguientes resultados:

- Del día 0 al día 22 se aplicó una dosificación diaria de 0.27gr de Nitrato de amonio, 0.05gr de Fosfato amónico y 0.02gr de Sulfato de potasio que equivale al 0.40%-0.36%-0.17% de N-P-K.
- Del día 22 al día 35 se aplicó una dosificación diaria de 2.64gr de Nitrato de amonio, 0.42gr de Fosfato amónico y 0.27gr de Sulfato de potasio que equivale al 2.31%-1.81%-1.53% de N-P-K.
- Del día 35 al día 50 se aplicó una dosificación diaria de 11.94gr de Nitrato de amonio, 1.46gr de Fosfato amónico y 1.18gr de Sulfato de potasio al 12.06%-7.25%-7.78% de N-P-K.
- Del día 50 al día 64 se aplicó una dosificación diaria de 26.98gr de Nitrato de amonio, 3.53gr de Fosfato amónico y 2.83gr de Sulfato de potasio que equivale al 25.44%-16.30%-17.36% de N-P-K.
- Del día 64 al día 78 se aplicó una dosificación diaria de 40.12gr de Nitrato de amonio, 7.06gr de Fosfato amónico y 5.40gr de Sulfato de potasio que equivale

al 37.83%-32.61%-33.19% de N-P-K.

- Del día 78 al día 100 se aplicó una dosificación diaria de 14.83gr de Nitrato de amonio, 5.74gr de Fosfato amónico y 4.14gr de Sulfato de potasio que equivale al 21.97.83%-41.67%-39.99% de N-P-K.

Para el nivel 229-23-288 de N-P-K (BERTSCH) Se hace la aclaración que al momento de realizar el cálculo del aporte nutricional del suelo se observó que este aporta las cantidades necesarias de fosforo que requiere le cultivo por lo que se vio por conveniente no aplicar fertilizantes Fosforados en este tratamiento. Considerando lo mencionado se desarrolló el requerimiento nutricional para todo el ciclo productivo del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad Itálica Híbrido "Legacy") obteniendo los siguientes resultados:

- Del día 0 al día 22 se aplicó una dosificación diaria de 0.2gr de Nitrato de amonio, 0.0 de fosfato de amónico y 0.1 gr de Sulfato de potasio que equivale al 0.40%-0.36%-0.17% de N-P-K.
- Del día 22 al día 35 se aplicó una dosificación diaria de 1.8gr de Nitrato de amonio, 0.0gr de Fosfato amónico y 0.8gr de Sulfato de potasio que equivale al 2.31%-1.81%-1.53% de N-P-K.
- Del día 35 al día 50 se aplicó una dosificación diaria de 8.3gr de Nitrato de amonio, 0.0gr de Fosfato amónico y 3.5gr de Sulfato de potasio que equivale al 12.06%-7.25%-7.78% de N-P-K.
- Del día 50 al día 64 se aplicó una dosificación diaria de 18.7gr de Nitrato de

amonio, 0.0gr de Fosfato amónico y 8.3gr de Sulfato de potasio que equivale al 25.44%-16.30%-17.36% de N-P-K.

- Del día 64 al día 78 se aplicó una dosificación diaria de 27.8gr de Nitrato de amonio, 0.0gr de Fosfato amónico y 15.8gr de Sulfato de potasio que equivale al 37.83%-32.61%-33.19% de N-P-K.
- Del día 78 al día 100 se aplicó una dosificación diaria de 10.3gr de Nitrato de amonio, 0.0gr de Fosfato amónico y 12.1gr de Sulfato de potasio que equivale al 21.97.83%-41.67%-39.99% de N-P-K.

6.1.2. Cálculo de la demanda hídrica

Los resultados correspondientes al consumo de agua fueron realizados de acuerdo con la planilla de riego. Teniendo en cuenta en cuenta el Kc del cultivo se determinó la lámina de riego, frecuencia y tiempo de riego.

Tabla 10 Cuadro de la demanda Hídrica para el cultivo de Brócoli

Lámina neta para llegar a CC :	23.00 mm
Lamina neta fin:	10.35 mm
Demanda hídrica del cultivo de brócoli	132.65 mm
Cuanto he irrigado en los 100 días:	78.10 mm
Las necesidades netas	70.30 mm
Aportación de lluvia para el cultivo	62.35 mm

En toda el área de Cultivo de Brócoli con 0.80 cm de distanciamiento entre surco se determinó que el agua consumida fue 132.65 mm, hallando esta cantidad de acuerdo con la suma de aportación de lluvia y el riego en los 100 días del cultivo en campo.

6.1.3. Resultados de la comparación del comportamiento agronómico

Para describir el comportamiento agronómico se evaluaron la altura de la planta, número de hojas, diámetro de hojas y diámetro de la pella de cultivo de brócoli, mediante los tres niveles de fertirriego localizado en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad Itálica Híbrido "Legacy") bajo condiciones edafoclimáticas.

6.1.3.1. Resultados comparativos de la altura de la planta

Tabla 11 Altura de las plantas por tratamiento

CÓDIGO	FILA	TESTIGO					AGRORURAL					INIA					BERTSCH				
		28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04
T1B1F1-1	1	8	19	20	21	25	8	10	15	15	15	1	10	13	17	20	1	8	9	18	18
T1B1F1-2	1	10	19	22	22	24	9	12	19	23	24	1	9	10	11,5	20	1	9	9	17	17,6
T1B1F1-3	1	8	19	25	26	30	10	15	19	23	28	1	10	13	28	29	1	7	9	19	20,5
T1B1F1-4	1	8	18	25	26	30	10	14	18	25	25	1	9	14	28	28	1	8,5	9	17	30,3
T1B1F1-5	1	7	16	27	27	31	8	15	25	25	35	1	10	13	29	30	1	8	10,5	20	26,4
T1B1F1-6	1	7	20	22	23	30	9,5	15	23	25	25	1	9	10	26	26	1	9	13	23	23,5
T1B1F1-7	1	8	17	24	25	30	10	15	23	26	33	1	9	10	26	29	1	8	11,5	22	25
T1B1F1-8	1	7	16	25	25	30	9	14	17	24	33	1	10	13	30	30	1	9	10	25	26
T1B1F2-1	2	6,5	15	18	25	25	5	6	10	13	18	2	9	12	24	26	2	8	10	21	21
T1B1F2-2	2	7	16	21	25	25	4	7	13	18	20	2	9	12	27	29	2	8	11,5	23	27,9
T1B1F2-3	2	7	16	25	26	30	4	5	12	15	19	2	10,5	13	28	29	2	8	8	24	26
T1B1F2-4	2	7	18	26	26	26	9	13	20	20	21	2	10	14	26,5	28	2	7	10,2	25	26,2
T1B1F2-5	2	7	18	23	25	30	9	14	22	27	32	2	9	13	28	29	2	7	8	23	23
T1B1F2-6	2	8	15	21	23	33	10	14	21	20	30	2	10	13	24,5	29	2	7	10,5	22	22,7
T1B1F2-7	2	10	16	17	26	30	8	12	23	28	34	2	10	13	23	24	2	6	9	21	23,7
T1B1F2-8	2	10	15	26	26	33	4	7	10	25	30	2	10	9	25,5	28	2	8	10	23	24
T1B1F3-1	3	9	15	22	23	23	8	12	12	15	20	3	10	11	27	28	3	8	10,5	18	21
T1B1F3-2	3	6	12	17	20	25	9	12	20	23	25	3	9	7	20,5	22	3	8	12	15	20,3
T1B1F3-3	3	8	16	24	26	30	9	14	24	25	28	3	10	11	25,2	28	3	9	12,3	20	26,1
T1B1F3-4	3	8	13	23	23	23	9	14	26	26	33	3	9	13	25,5	26	3	7,5	9,7	14	15,5
T1B1F3-5	3	8	12	20	23	33	9	15	29	29	30	3	10	10	23,5	25	3	10	10,5	19	30,3
T1B1F3-6	3	9	16	17	17	17	10	14	24	28	33	3	10	9	25,5	26	3	10	10,6	20	26,4
T1B1F3-7	3	9	16	30	33	33	10	14	25	27	30	3	8	9	21,5	21,3	3	9	10	14	22,7
T1B1F3-8	3	10	15	25	20	21	10	13	23	27	30	3	9	9	23,5	24,3	3	7	10	16	19,5

Para decidir la prueba estadística a emplear para comparar la altura de las plantas en los tratamientos de fertirriego y realizar la contrastación de hipótesis, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, pues el tamaño de muestra es mayor que 50, dicho cálculo se observa en la siguiente tabla.

Tabla 12 Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la altura de la planta por fecha

	Altura de la planta 28/02	Altura de la planta 17/03	Altura de la planta 28/03	Altura de la planta 12/04	Altura de la planta 26/04
N	192	192	192	192	192
Parámetros normales ^{a,b}					
Media	8,391	13,441	21,395	25,567	29,131
Desv. Desviación	1,504	3,187	4,210	4,257	4,127
Estadístico de prueba	0,183	0,099	0,068	0,099	0,182
Sig. asintótica(bilateral)	0,000 ^c	0,000 ^c	0,030 ^c	0,000 ^c	0,000 ^c

De la tabla 12 se aprecia que el p valor es menor que el nivel de significancia de 0,05; en consecuencia, se puede afirmar que la altura de la planta no sigue una distribución normal. Por lo que, la prueba para comparar los resultados de fertirriego en los tres tratamientos y el grupo testigo fue la prueba de Kruskal-Wallis, de esta forma se determinó si existen diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos, para ello se formularon las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: No existen diferencias significativas en la altura de la planta entre los tratamientos de niveles de fertirriego en las fechas determinadas bajo condiciones edafoclimáticas.

Ha: Existen diferencias significativas en la altura de la planta entre los

tratamientos de niveles de fertirriego en las fechas determinadas bajo condiciones edafoclimáticas.

Tabla 13 *Contrastación de hipótesis para la altura de plantas por tratamiento y fecha*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Altura de la planta al 28 de febrero es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.
2	La distribución de Altura de la planta al 17 de marzo es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de Altura de la planta al 28 de marzo es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,003	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de Altura de la planta al 12 de abril es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,002	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de Altura de la planta al 26 de abril es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,004	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

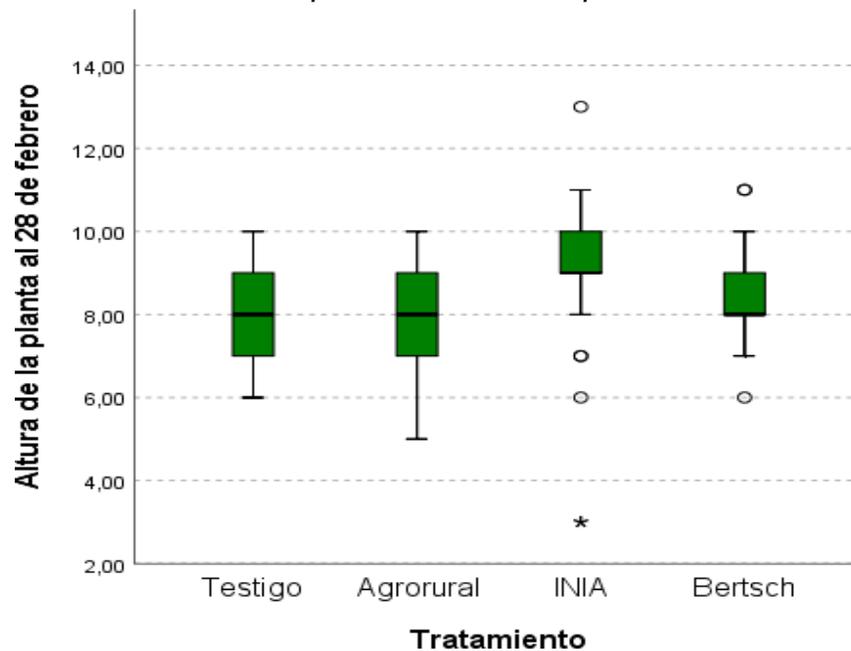
La tabla 13, muestra el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para la altura de la planta con un nivel de significación menor a 0,05 lo que permite rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se afirma que estadísticamente la altura de la planta presenta diferencias significativas entre los tratamientos de niveles de fertirriego.

Tabla 14 Estadísticos descriptivos de la altura de la planta por tratamiento al 28 de febrero

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	8,052	8,021	9,000	8,490
Mediana	8,000	8,000	9,000	8,000
Varianza	1,917	2,691	2,819	1,122
Desviación estándar	1,385	1,640	1,679	1,059
Mínimo	4,000	4,000	3,000	6,000
Máximo	10,000	10,000	13,000	11,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 14, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo una altura de $8,052 \pm 1,385$, Agrorural $8,021 \pm 1,640$, INIA $9,000 \pm 1,679$ y Bertsch $8,490 \pm 1,059$. Por consiguiente, se puede afirmar que los tratamientos de fertirriego obtuvieron mayores valores medios que el tratamiento testigo, siendo el tratamiento INIA el que presenta una mayor media, además de mayor concentración cerca de la media como lo indica la curtosis en dicho tratamiento.

Figura 09. Prueba de Kruskal-Wallis para la altura de la planta al 28 de febrero



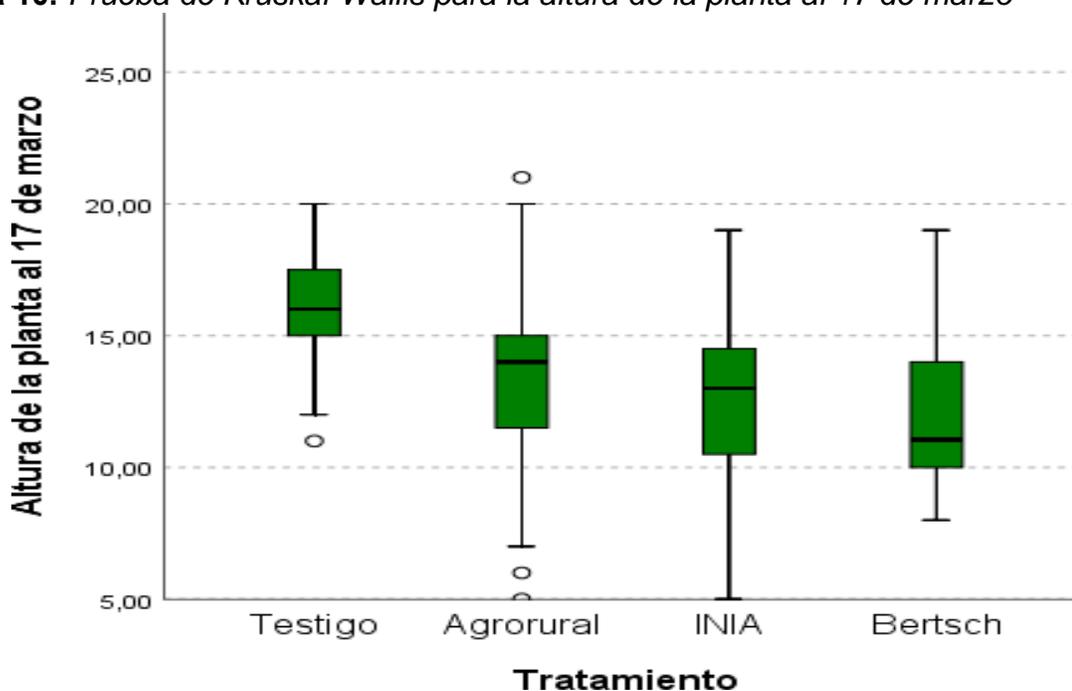
La figura 09, también expone las diferencias existentes entre la altura de la planta del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente superiores en estos, principalmente se tienen valores mayores en el tratamiento INIA; además, se aprecia que presenta mayor cantidad de valores atípicos, pero los valores tienen una mayor concentración de datos cerca a la mediana.

Tabla 15 Estadísticos descriptivos para la altura de plantas por tratamiento al 17 de marzo

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	15,896	13,167	12,625	12,079
Mediana	16,000	14,000	13,000	11,050
Varianza	3,968	11,504	8,410	8,591
Desviación estándar	1,992	3,392	2,900	2,931
Mínimo	11,000	5,000	5,000	8,000
Máximo	20,000	21,000	19,000	19,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 15, se aprecia que en el tratamiento testigo tiene una altura media de $15,896 \pm 1,992$, Agrorural $13,167 \pm 3,392$, INIA $12,625 \pm 2,900$ y Bertsch $12,079 \pm 2,931$. En este caso se observó que los tratamientos de fertirriego obtuvieron menores valores medios que el tratamiento Testigo, además de presentar mayor dispersión en los datos obtenidos.

Figura 10. Prueba de Kruskal-Wallis para la altura de la planta al 17 de marzo



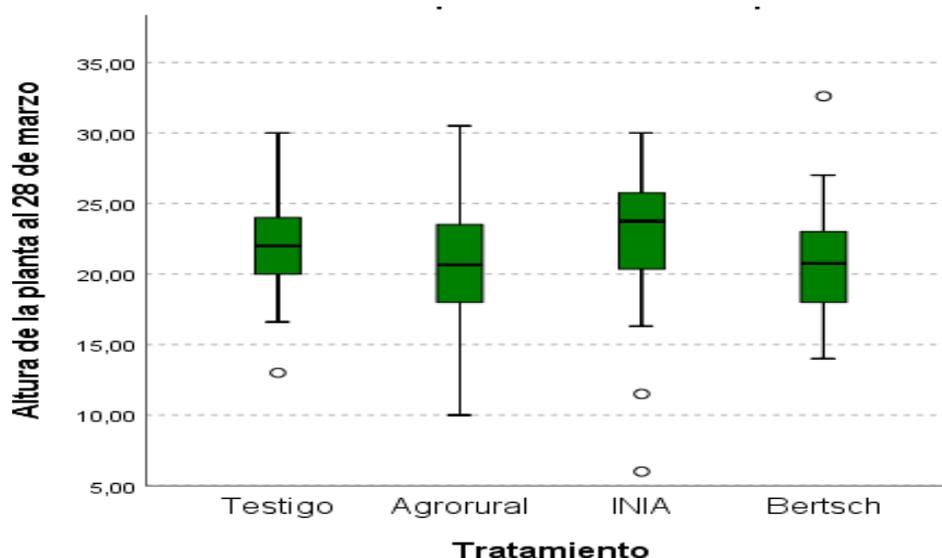
La figura 10 exhibe las diferencias existentes entre la altura de la planta del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose mejores resultados en cuanto a la altura de la planta en el grupo testigo, los tres tratamientos experimentales presentan similar comportamiento al 17 de marzo.

Tabla 16 Estadísticos descriptivos para la altura de plantas por tratamiento al 28 de marzo

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	21,788	20,269	22,844	20,679
Mediana	22,000	20,650	23,750	20,750
Varianza	10,549	23,858	20,068	13,424
Desviación estándar	3,248	4,885	4,480	3,664
Mínimo	13,000	10,000	6,000	14,000
Máximo	30,000	30,500	30,000	32,600

De acuerdo con los resultados de la tabla 16, los resultados de la altura de la planta para el tratamiento Testigo fue de $21,788 \pm 3,248$, Agrorural $20,269 \pm 4,885$, INIA $22,844 \pm 4,480$ y Bertsch $20,679 \pm 3,664$. Para esta fecha se observa que la altura de la planta en el tratamiento testigo aun es mayor que los tratamientos Agrorural y Bertsch, siendo superada solo por el tratamiento INIA, este tratamiento además para este tiempo muestra un mejor comportamiento, ya que tiene una mayor concentración de las medidas de las alturas en valores cercanos a la media.

Figura 11. Prueba de Kruskal-Wallis para la altura de la planta al 28 de marzo



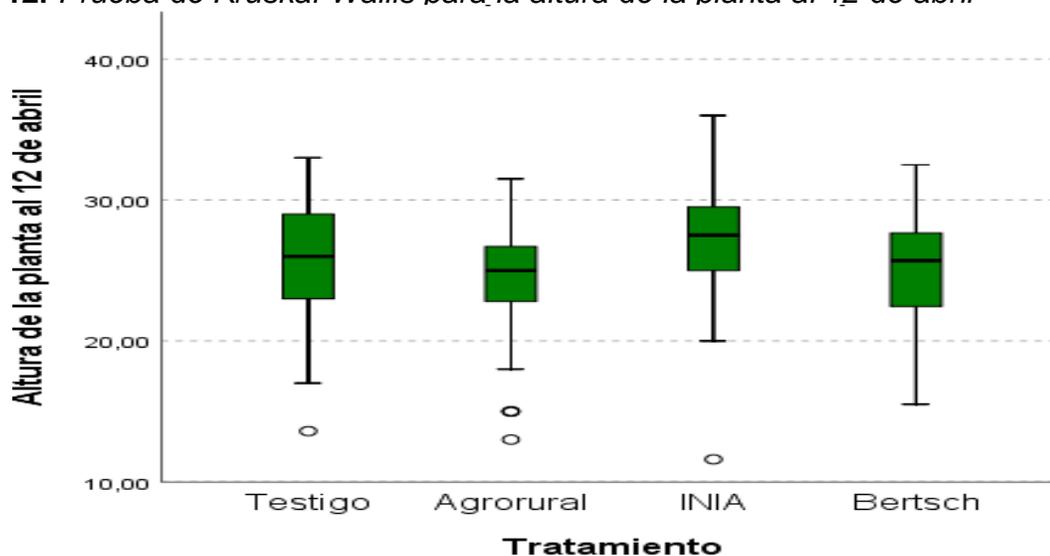
La figura 11 se evidencia que las alturas de la planta para el 12 de abril presentan diferencias significativas en los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente superiores en el tratamiento INIA, mientras que los tratamientos Agrorural y Bertsch; además, se aprecia que el tratamiento Agrorural presenta mayor dispersión respecto a los demás tratamientos

Tabla 17 Estadísticos descriptivos para la altura de plantas por tratamiento al 12 de abril

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	25,940	24,050	27,183	25,096
Mediana	26,000	25,000	27,500	25,700
Varianza	17,489	16,361	20,307	14,088
Desviación estándar	4,182	4,045	4,506	3,753
Mínimo	13,600	13,000	11,600	15,500
Máximo	33,000	31,500	36,000	32,500

De acuerdo con los resultados de la tabla 17, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo una altura media de $25,940 \pm 4,186$, Agrorural $24,050 \pm 4,045$, INIA $27,183 \pm 4,506$ y Bertsch $25,096 \pm 3,753$. Por consiguiente, se puede afirmar que el tratamiento Testigo obtuvo mejores resultados que el fertirriego Agrorural y Bertsch, observándose que el tratamiento INIA muestra mejor desarrollo a nivel de altura de la planta, pero esto se observa con un mayor nivel de dispersión en sus valores mínimos y máximos.

Figura 12. Prueba de Kruskal-Wallis para la altura de la planta al 12 de abril



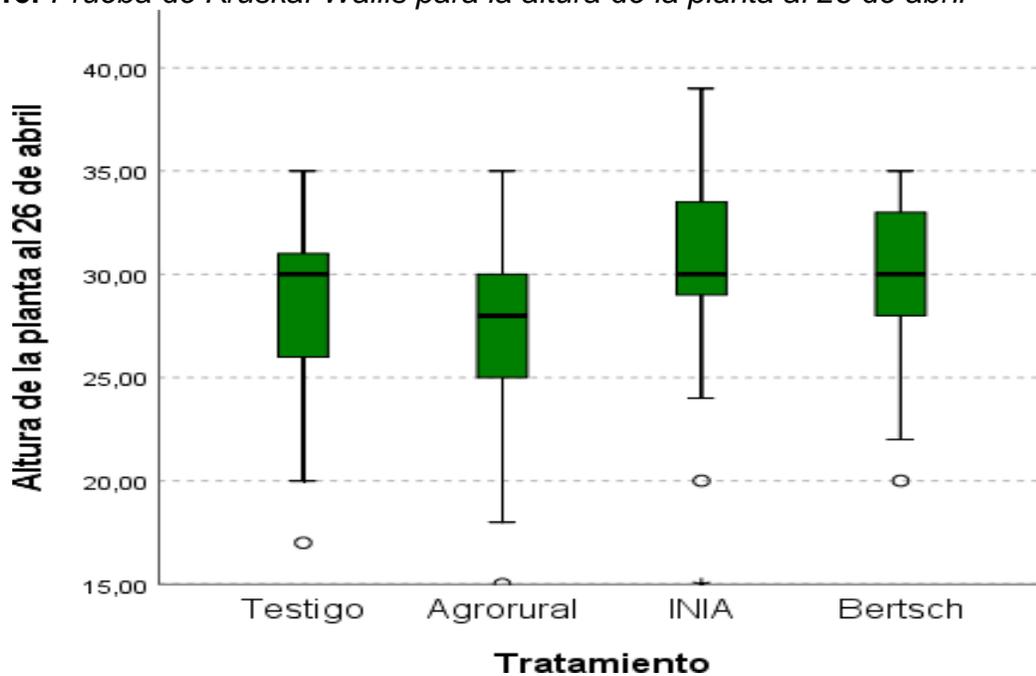
La figura 12 permite observar las diferencias existentes entre las alturas de las plantas del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose un comportamiento muy parecido en los cuatro tratamientos, sin embargo, el tratamiento INIA muestra mejores resultados en cuanto a la concentración de datos en el valor central de la medición, pero presenta mayor dispersión en los extremos, presenta además un valor atípico.

Tabla 18 Estadísticos descriptivos para la altura de plantas por tratamiento al 26 de abril

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	28,650	27,646	30,583	29,646
Mediana	30,000	28,000	30,000	30,000
Varianza	14,257	19,766	18,929	11,340
Desviación estándar	3,776	4,446	4,351	3,367
Mínimo	17,000	15,000	15,000	20,000
Máximo	35,000	35,000	39,000	35,000

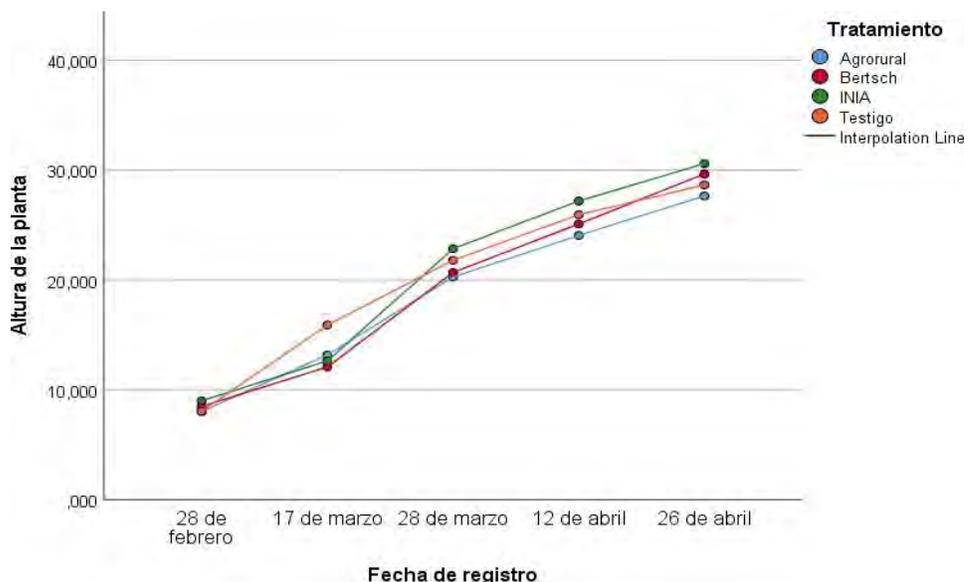
De acuerdo con los resultados de la tabla 18, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo una altura media de la planta de $28,650 \pm 3,776$, Agrorural $27,646 \pm 4,446$, INIA $30,583 \pm 4,351$ y Bertsch $29,646 \pm 3,367$. Para esta fecha, se observó que los tratamientos INIA y Bertsch alcanzaron mayores valores medio que los tratamientos Testigo y Agrorural, sin embargo, la dispersión que presenta el INIA es mayor al Bertsch, por lo que, este tratamiento muestra un comportamiento más uniforme respecto a los demás tratamientos.

Figura 13. Prueba de Kruskal-Wallis para la altura de la planta al 26 de abril



La figura 13, muestra que el tratamiento INIA es ligeramente superior a los demás, también se aprecia las diferencias existentes entre la altura de la planta del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose que el tratamiento Agrorural es inferior al Testigo, y presenta un peor comportamiento, ya que los datos registrados tienen una mayor dispersión respecto a los demás tratamientos.

Figura 14. Comparación de la evolución de las alturas de las plantas por tratamiento y fecha



La figura 14, muestra la evolución de la altura de las plantas, observándose que el tratamiento INIA muestra un mayor crecimiento a partir del 17 de marzo con respecto a los demás tratamientos, también se aprecia que el tratamiento Agrorural presenta un menor nivel de crecimiento con respecto a la altura de la planta que el tratamiento testigo.

6.1.3.2. Resultados comparativos del número de hojas

Para el análisis del número de hojas de la planta se evaluaron 48 plantas distribuidas en dos bloques de 24 cada una y por tratamiento de tres niveles de fertirriego, según la tabla 19.

Tabla 19 Número de hojas por tratamiento

CÓDIGO	FILA	TESTIGO					AGRORURAL					INIA					BERTSCH				
		28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04
T1B1F1-1	1	7	9	16	17	18	5	9	9	10	15	5	9	12	14	17	7	9	13	14	21
T1B1F1-2	1	6	10	13	18	18	5	8	11	15	18	6	6	7	14	17	7	9	12	13	22
T1B1F1-3	1	7	8	13	18	18	5	10	12	17	19	5	10	15	18	21	6	7	11	14	20
T1B1F1-4	1	6	9	11	17	18	6	9	12	17	18	6	9	9	16	19	7	9	13	18	21
T1B1F1-5	1	7	9	11	18	18	6	11	13	18	23	6	8	12	20	18	7	10	12	17	21
T1B1F1-6	1	6	10	14	17	18	5	10	13	17	21	6	7	9	15	17	8	8	15	17	19
T1B1F1-7	1	6	9	13	17	17	6	10	12	18	24	7	9	11	18	24	7	9	14	16	19
T1B1F1-8	1	6	8	14	18	18	6	11	15	18	24	6	9	12	18	24	8	8	16	16	21
T1B1F2-1	2	6	8	11	13	17	6	8	8	11	16	6	7	11	16	19	6	8	9	14	20
T1B1F2-2	2	6	10	12	18	18	5	6	8	11	16	7	9	12	18	21	6	10	12	15	19
T1B1F2-3	2	6	10	18	20	21	5	6	7	9	15	6	9	13	17	21	6	8	11	16	23
T1B1F2-4	2	6	10	15	18	18	6	9	13	15	20	6	8	12	19	20	8	9	11	16	22
T1B1F2-5	2	6	11	15	18	19	5	10	13	17	22	7	8	12	17	21	6	8	11	15	17
T1B1F2-6	2	6	10	12	18	21	6	10	14	17	20	6	8	12	17	20	6	8	10	16	19
T1B1F2-7	2	5	11	12	19	20	5	10	12	17	23	7	8	11	17	20	6	7	10	14	18
T1B1F2-8	2	6	10	14	16	22	4	6	6	16	21	6	8	12	17	20	7	8	12	17	19
T1B1F3-1	3	6	11	13	20	20	5	9	10	13	15	6	8	11	17	21	7	8	12	16	21
T1B1F3-2	3	6	8	10	14	15	5	9	9	14	17	5	6	8	13	20	7	9	12	14	18
T1B1F3-3	3	4	9	12	17	19	5	10	11	16	19	7	9	11	16	22	7	10	14	14	25
T1B1F3-4	3	6	9	11	16	19	5	11	14	16	22	5	9	10	16	20	7	7	10	10	17
T1B1F3-5	3	6	9	12	15	22	6	10	12	18	20	8	8	10	14	21	7	9	14	18	25
T1B1F3-6	3	6	10	12	12	13	5	9	11	17	21	7	9	11	16	23	6	8	14	16	17
T1B1F3-7	3	6	11	15	21	21	5	9	12	17	19	6	8	10	15	21	6	8	10	15	20
T1B1F3-8	3	5	10	15	17	23	6	8	10	17	19	6	7	9	15	20	6	8	10	15	21

Para decidir la prueba estadística a emplear para comparar el rendimiento en los tratamientos de fertirriego y realizar la contrastación de hipótesis, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, pues el tamaño de muestra es mayor que 50, dicho cálculo se observa en la siguiente tabla.

Tabla 20 Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para el número de hojas por fecha

	Número de hojas 28/02	Número de hojas 17/03	Número de hojas 28/03	Número de hojas 12/04	Número de hojas 26/04	
N	192	192	192	192	192	
Parámetros normales ^{a,b}	Media	6,688	9,328	12,260	15,865	19,609
	Desv.	1,081	1,569	2,101	2,085	2,434
	Desviación					
Estadístico de prueba	0,202	0,130	0,122	0,151	0,119	
Sig. asintótica(bilateral)	0,000 ^c					

De la tabla 20, se observa que el p valor es menor al nivel de significancia de 0,05; en consecuencia, se afirma que el número de hojas no sigue una distribución normal. Por lo que, la prueba para comparar los resultados de fertirriego en los tres tratamientos y el grupo testigo fue la prueba de Kruskal-Wallis, de esta forma se determinó si existen diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos, para ello se formularon las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: No existen diferencias significativas en el número de hojas entre los tratamientos de niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli bajo condiciones edafoclimáticas.

Ha: Existen diferencias significativas en el número de hojas entre los tratamientos de niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli bajo condiciones edafoclimáticas.

Tabla 21 *Contrastación de hipótesis para el número de hojas por tratamiento y fecha*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Número de hojas al 28 de febrero es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,033	Rechace la hipótesis nula.
2	La distribución de Número de hojas al 17 de marzo es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de Número de hojas al 28 de marzo es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de Número de hojas al 12 de abril es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,009	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de Número de hojas al 26 de abril es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,005	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

La tabla 21, muestra el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el número de hojas con un nivel de significación menor a 0,05 y permite rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se afirma que estadísticamente la cantidad de hojas presentan diferencias significativas entre los tratamientos de niveles de fertirriego y el tratamiento testigo.

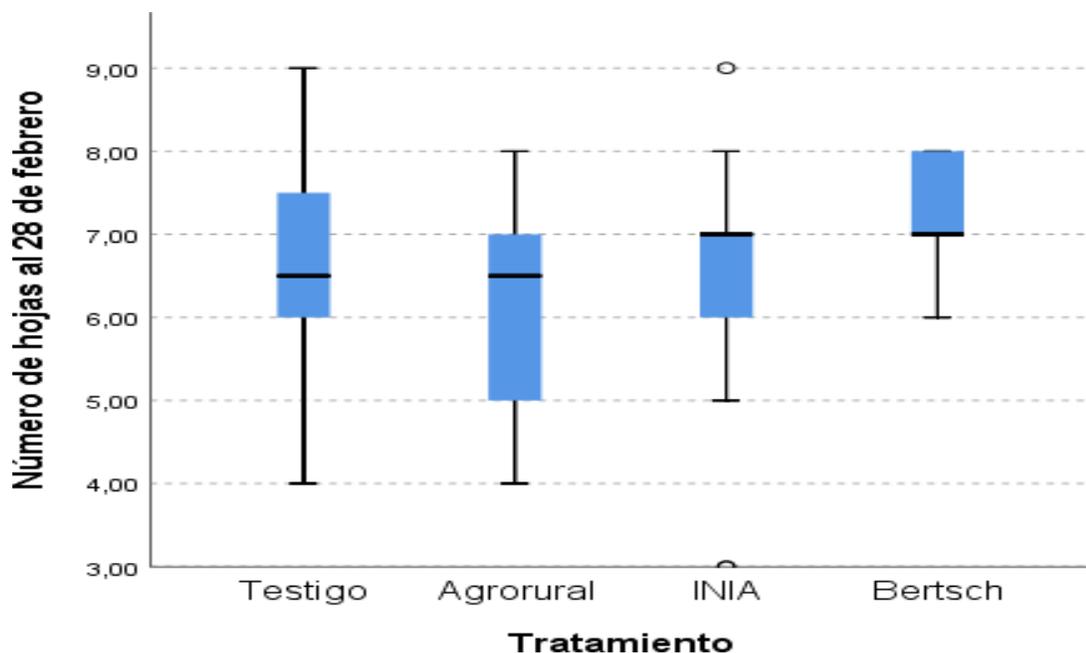
Tabla 22 *Estadísticos descriptivos para el número de hojas por tratamiento al 28 de febrero*

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	6,667	6,396	6,625	7,063
Mediana	6,500	6,500	7,000	7,000

Varianza	1,078	1,436	1,473	0,528
Desviación estándar	1,038	1,198	1,214	0,727
Mínimo	4,000	4,000	3,000	6,000
Máximo	9,000	8,000	9,000	8,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 22, se observa que en el tratamiento Testigo el número de hojas medio fue de $6,667 \pm 1,038$, Agrorural $6,396 \pm 1,198$, INIA $6,625 \pm 1,214$ y Bertsch $7,063 \pm 0,727$. Lo anterior permite afirmar que el tratamiento Bertsch presenta mayor promedio de cantidad de hojas, seguida del tratamiento Testigo, INIA y Agrorural, pero el tratamiento INIA muestra un mejor comportamiento, debido a que presenta una mayor acumulación de datos cerca de la media a comparación de los demás tratamientos.

Figura 15. Prueba de Kruskal-Wallis para número de hojas al 28 de febrero



La figura 15 muestra las diferencias existentes entre el número de hojas del

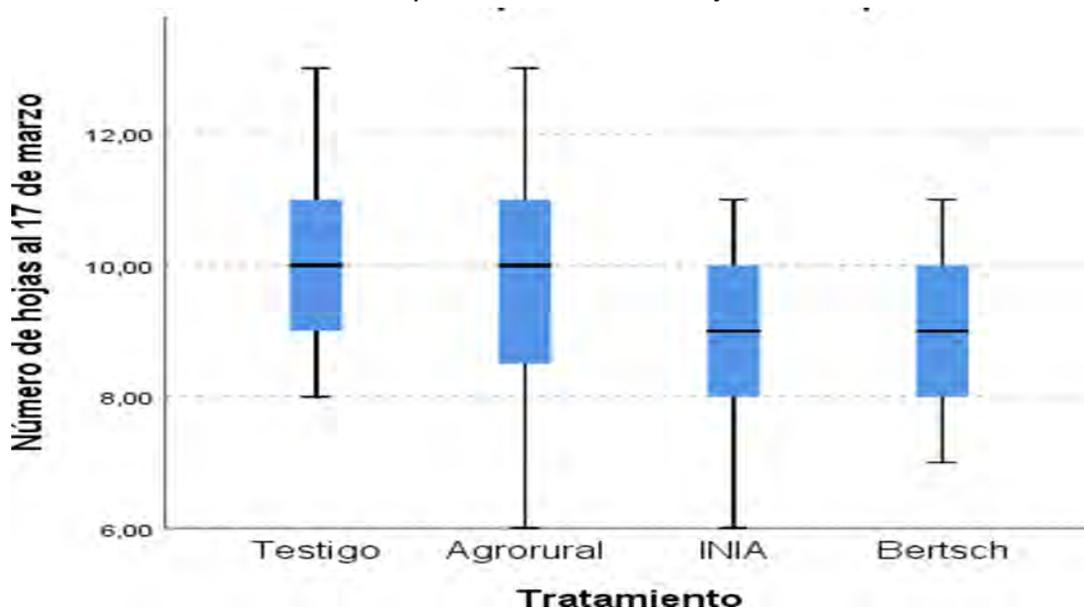
grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose que el tratamiento Bertsch presenta un mejor comportamiento, ya que el 75% del conteo de hojas realizado se encuentra entre 7 y 8. También se observa que el grupo Testigo presenta mayores niveles de dispersión, lo que se traduce en un comportamiento muy cambiante, similar situación se observa en el Agrorural; además, el tratamiento INIA presenta una concentración del 50% entre 6 y 7, con algunos valores atípicos.

Tabla 23 Estadísticos descriptivos para el número de hojas por tratamiento al 17 de marzo

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	10,250	9,667	8,479	8,917
Mediana	10,000	10,000	9,000	9,000
Varianza	1,638	3,248	2,042	1,184
Desviación estándar	1,280	1,802	1,429	1,088
Mínimo	8,000	6,000	5,000	7,000
Máximo	13,000	13,000	11,000	11,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 23, se aprecia que en el tratamiento Testigo el número de hojas medio fue de $10,250 \pm 1,280$, Agrorural $9,667 \pm 1,802$, INIA $8,479 \pm 1,429$ y Bertsch $8,917 \pm 1,088$. El tratamiento Testigo presenta mayor cantidad de hojas promedio, se observa también que el tratamiento Bertsch de fertirriego obtuvo un menor grado de dispersión, por lo que, tendría un mejor comportamiento a pesar de no mostrar un mayor promedio.

Figura 16. Prueba de Kruskal-Wallis para el número de hojas al 17 de marzo



La figura 16, también expone las diferencias existentes entre el número de hojas del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente superiores en el tratamiento testigo, se puede destacar que el tratamiento Bertsch muestra menor dispersión, lo que significa que tiene un mejor comportamiento. Además, se aprecia que el tratamiento Agrorural presenta mayor dispersión en la cantidad de hojas, por lo tanto, peor comportamiento.

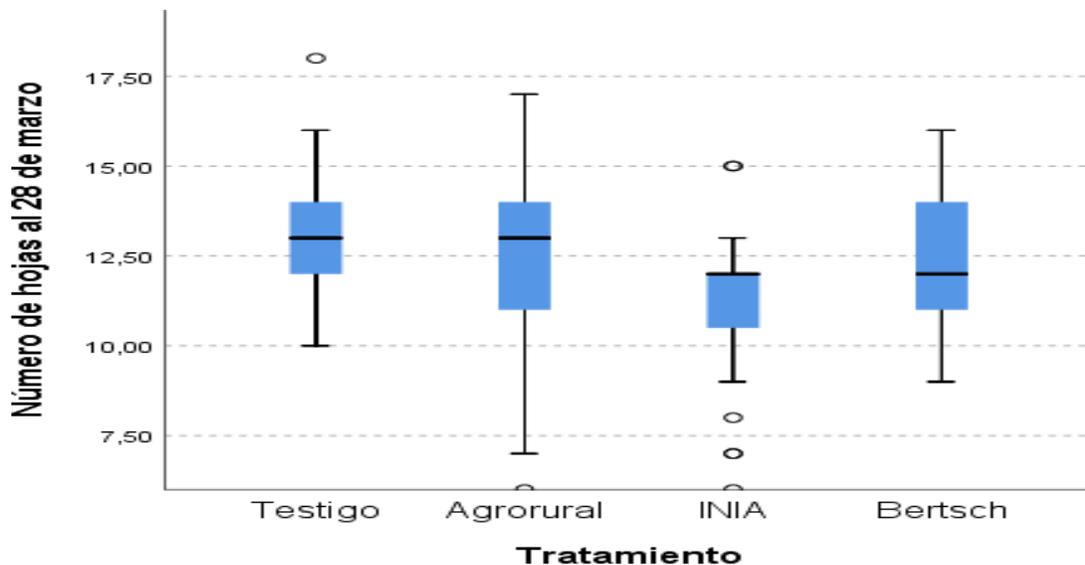
Tabla 24 Estadísticos descriptivos para el número de hojas por tratamiento al 28 de marzo

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	13,167	12,417	11,188	12,271
Mediana	13,000	13,000	12,000	12,000
Varianza	3,035	6,333	3,219	3,308
Desviación estándar	1,742	2,517	1,794	1,819

Mínimo	10,000	6,000	6,000	9,000
Máximo	18,000	17,000	15,000	16,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 24, se aprecia que en el tratamiento Testigo el número de hojas medio fue de $13,167 \pm 1,742$, Agrorural $12,417 \pm 2,517$, INIA $11,188 \pm 1,794$ y Bertsch $12,271 \pm 1,819$. El tratamiento Testigo presenta mayor cantidad de hojas en promedio y menor dispersión, por lo que, muestra un mejor comportamiento con respecto a los demás tratamientos.

Figura 17. Prueba de Kruskal-Wallis para el número de hojas al 28 de marzo



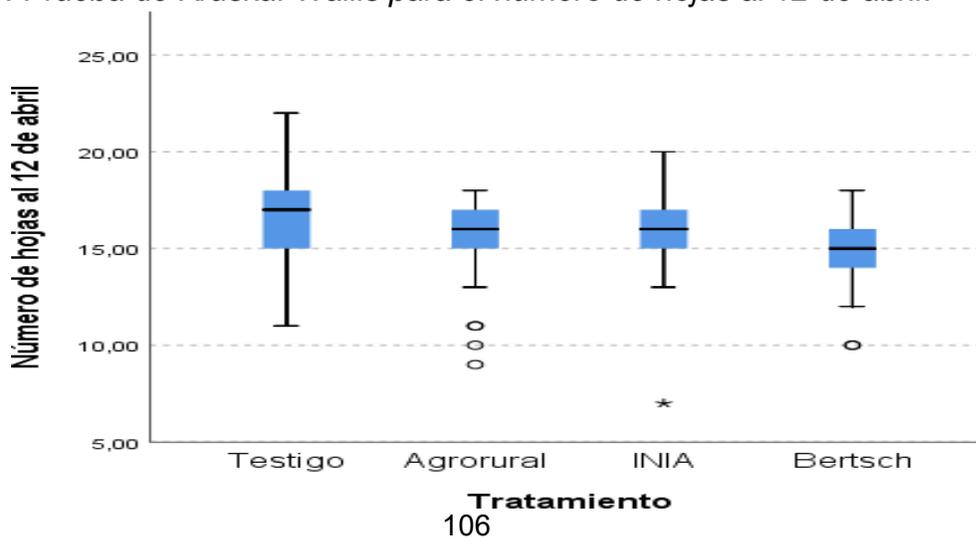
La figura 17, muestra que existen diferencias en el número de hojas del tratamiento testigo y los tres niveles de fertirriego, se observa además que el tratamiento Agrorural tiene mayor dispersión, lo que implica que tiene un comportamiento más aleatorio respecto a los demás; mientras que el tratamiento INIA presenta mayor concentración de datos respecto a la mediana, pero con algunos valores atípicos.

Tabla 25 Estadísticos descriptivos para el número de hojas por tratamiento al 12 de abril

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	16,625	15,646	15,896	15,292
Mediana	17,000	16,000	16,000	15,000
Varianza	5,005	4,106	4,393	3,190
Desviación estándar	2,237	2,026	2,096	1,786
Mínimo	11,000	9,000	7,000	10,000
Máximo	22,000	18,000	20,000	18,000

Los resultados de la tabla 25, muestran que el tratamiento Testigo tiene una media del número de hojas de $16,625 \pm 2,237$, Agrorural $15,646 \pm 2,026$, INIA $15,896 \pm 2,096$ y Bertsch $15,292 \pm 1,786$. El tratamiento Testigo presenta mayor cantidad de hojas en promedio, pero tiene mayor dispersión respecto a los demás tratamientos; a ello le sigue el INIA con un promedio inferior en menos de una unidad, sin embargo, tiene menor dispersión y la curtosis nos muestra que existe mayor concentración de datos respecto a la media, lo que evidencia un mejor comportamiento que los demás tratamientos.

Figura 18. Prueba de Kruskal-Wallis para el número de hojas al 12 de abril.



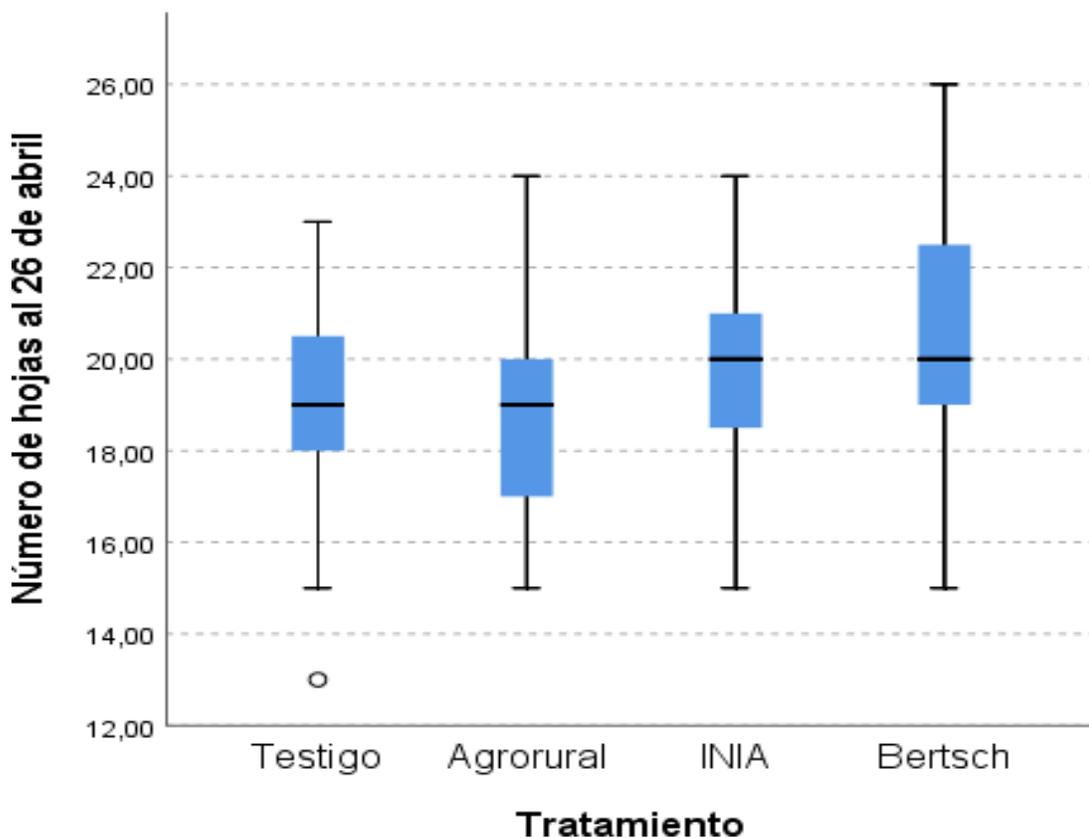
En la figura 18, se observa la existencia de diferencias entre el número de hojas del grupo testigo, que es el más disperso respecto a los demás tratamientos, y los tres niveles de fertirriego, que evidencian una cierta similitud en el nivel de dispersión, pero con valores atípicos. Los tratamientos Agrorural y Bertsch muestran un comportamiento con mayor regularidad respecto a los demás tratamientos, ya que sus resultados son menos dispersos.

Tabla 26 Estadísticos descriptivos para el número de hojas por tratamiento al 26 de abril

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	19,104	18,833	19,896	20,604
Mediana	19,000	19,000	20,000	20,000
Varianza	4,393	6,014	4,010	7,691
Desviación estándar	2,096	2,452	2,003	2,773
Mínimo	13,000	15,000	15,000	15,000
Máximo	23,000	24,000	24,000	26,000

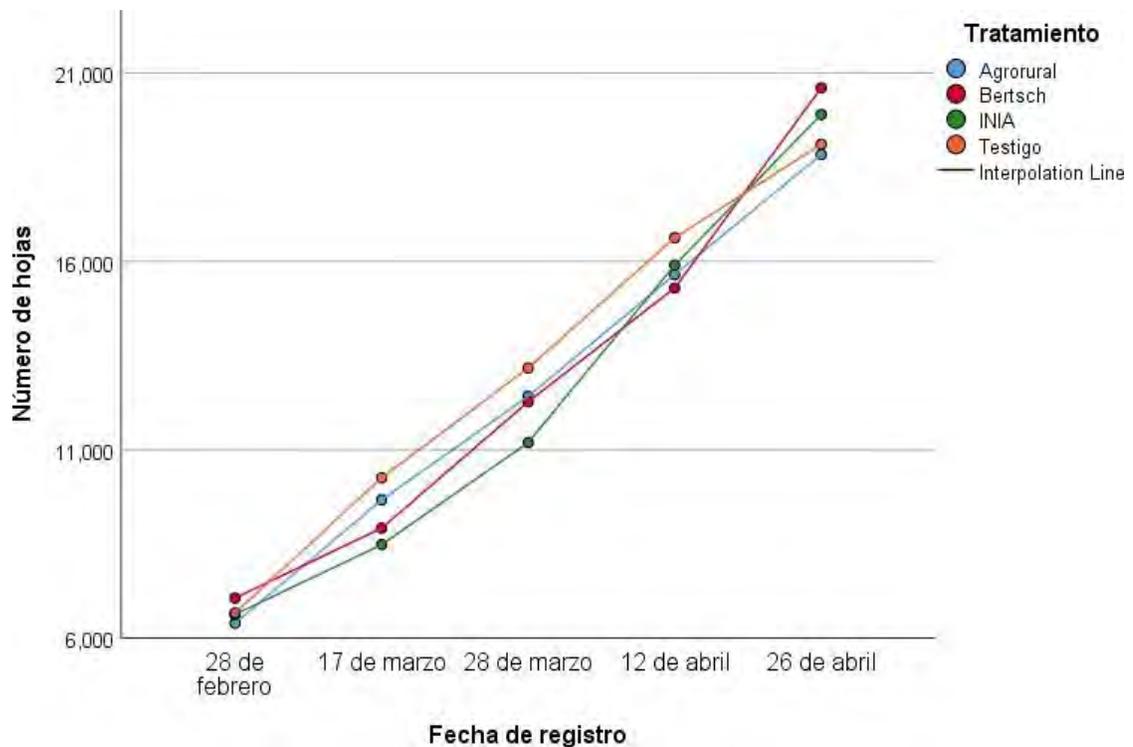
La tabla 26, muestra que la media de la cantidad de hojas en los tratamientos son en el tratamiento Testigo $19,104 \pm 2,096$, Agrorural $18,833 \pm 2,452$, INIA $19,896 \pm 2,003$ y Bertsch $20,604 \pm 2,773$. Para esta fecha se observa que el tratamiento Bertsch muestra mayor promedio respecto a los demás tratamientos, pero presenta mayor dispersión.

Figura 19. Prueba de Kruskal-Wallis para el número de hojas al 26 de abril



Expone las diferencias existentes entre el número de hojas del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente superiores en el tratamiento Bertsch, pero con mayor dispersión. Además, se aprecia que los cuatro tratamientos tienen un comportamiento muy parecido.

Figura 20. Comparación de la evolución del número de hojas por tratamiento y fecha



La figura 20, muestra la evolución del número de hojas, observándose que el tratamiento Bertsch al final del periodo de estudio presenta una mayor cantidad en las dos últimas semanas con respecto a los demás tratamientos, también se aprecia que el tratamiento Agrorural presenta una menor cantidad de hojas que el tratamiento testigo.

6.1.3.3. Resultados comparativos del diámetro de hojas

El diámetro de las hojas fue calculado a partir de 48 plantas distribuidas en dos bloques de 24 cada una y por tratamiento de tres niveles de fertirriego, Agrorural, INIA y Bertsch, adicionalmente se consideró un grupo testigo sin fertirrigación.

Tabla 27 *Diámetro de hojas por tratamiento*

CÓDIGO	FILA	TESTIGO					AGRORURAL					INIA					BERTSCH				
		28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04
T1B1F1-1	1	8	14	5,5	16	14	4	12	12	14	11	7	16	17	14,8	15	5	11,5	20	17	19
T1B1F1-2	1	7,5	14	6,5	15	15	5,5	13	13	16	13	5	10	7	8,8	11	5	12	17	11	19
T1B1F1-3	1	8,5	15	6,5	12	13	5,5	12	14	16	14	7	16	19	15,3	14	3,5	10,6	20	14,1	16
T1B1F1-4	1	6	14	6	14	17	5,5	14	14	17	12	5	13,3	17	13,9	16	6,5	12,5	20	17,7	19
T1B1F1-5	1	5	14	18	15	15	7	16	16	20	15	7	14,5	18	14,6	19	5,5	12,2	20	16,1	14
T1B1F1-6	1	7,5	17	17	15	15	5	17	17	24	17	5	12,5	16	14,8	15	4	10,5	17	14,5	19
T1B1F1-7	1	7,5	16	15	13	12	6,5	16	14	15	15	7,5	14	19	18,5	18	4,5	12,3	20	14,4	16
T1B1F1-8	1	6,5	14	16	15	13	7	17	17	17	16	7	12,5	18	14,8	17	6,2	11,5	20	15,2	18
T1B1F2-1	2	5,5	11	15	13	13	5	5	8	6	13	5	14	16,6	14,3	18	6	11,4	15,5	13,5	13
T1B1F2-2	2	6	14	18	15	13	5	5	10	11	13	6,5	14	17,2	13,9	17	7	12,8	16,5	14,8	19
T1B1F2-3	2	7	15	18	15	19	8	8	10	15	14	6,5	12	18	15	16	5	12,1	17,5	15,4	15
T1B1F2-4	2	7	18	17	13	17	5,5	13	15	18	14	6,5	13,5	15,7	17,1	15	6	10,3	15	13,5	17
T1B1F2-5	2	7,5	15	15	14	15	5	15	15	23	17	6	12,5	17	16,2	15	3,5	12	15,5	14,4	16
T1B1F2-6	2	6	14	13	16	16	6	15	13	18	17	7	12	17	15,3	17	4,7	11,2	17	13,7	18
T1B1F2-7	2	7,6	15	18	16	17	4,5	11	12	26	16	5	12	17,2	17,2	17	3,5	10,3	16,5	13,4	19
T1B1F2-8	2	5,5	14	15	17	16	3	5	8	16	16	8,5	13,6	17	15,7	17	5,6	12	18	14,3	17
T1B1F3-1	3	7	16	13	18	18	4,5	11	11	10	11	5,2	14	17,5	17,2	19	5,6	10,5	17	14,1	17
T1B1F3-2	3	2,5	11	12	16	14	5	11	12	16	16	4,5	10	15	14,6	16	7,8	11	13	14,1	14
T1B1F3-3	3	5,5	13	17	16	15	6	15	18	17	19	5	13	15,5	13,4	17	6,2	14	15	18	19
T1B1F3-4	3	4,5	13	15	17	16	5,6	13	17	17	21	4,5	10,5	17,2	13	17	3	11	13	10,8	12
T1B1F3-5	3	3	11	14	20	18	6,5	15	18	20	19	4	11	17	14,8	16	8	15,1	18	18,5	20
T1B1F3-6	3	8	17	17	6	6	5,5	14	16	18	19	4	12,7	17,2	16,5	19	7	12,3	16	14,7	17
T1B1F3-7	3	8	18	18	10	18	5,5	13	15	20	18	4	11	15,5	12,6	15	5,4	11,6	15	13,4	20
T1B1F3-8	3	8	16	16	17	20	5,6	11	14	17	16	5,5	11,5	14,5	16,4	17	4,5	11,2	15	12,5	17

Para decidir la prueba estadística a emplear para comparar el diámetro de las hojas en los tratamientos de fertirriego y realizar la contrastación de hipótesis, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, pues el tamaño de muestra es mayor que 50, dicho cálculo se observa en la siguiente tabla.

Tabla 28 Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov del diámetro de hoja por fecha

	Diámetro de hoja 28/02	Diámetro de hoja 17/03	Diámetro de hoja 28/03	Diámetro de hoja 12/04	Diámetro de hoja 26/04
N	192	192	192	192	192
Parámetros normales ^{a,b}					
Media	5,550	12,047	15,729	15,545	15,802
Desv. Desviación	1,395	2,588	3,086	2,589	2,334
Estadístico de prueba	0,076	0,161	0,162	0,084	0,117
Sig. asintótica(bilateral)	0,008 ^c	0,000 ^c	0,000 ^c	0,002 ^c	0,000 ^c

La tabla 28, muestra que el p valor es menor al nivel de significancia de 0,05; por lo tanto, se afirma que el diámetro de las hojas no sigue una distribución normal. Por lo que, la prueba para comparar los resultados de fertirriego en los tratamientos fue la prueba de Kruskal-Wallis, de esta forma se determinó si existen diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos, para ello se formularon las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: No existen diferencias significativas en el diámetro de las hojas entre los tratamientos de niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli bajo condiciones edafoclimáticas.

Ha: Existen diferencias significativas en el diámetro de las hojas entre los

tratamientos de niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli bajo condiciones edafoclimáticas.

Tabla 29 *Contrastación de hipótesis para el diámetro de hoja por tratamiento y fecha*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Diámetro de hoja al 28 de febrero es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,159	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de Diámetro de hoja al 17 de marzo es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de Diámetro de hoja al 28 de marzo es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,002	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de Diámetro de hoja al 12 de abril es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,009	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de Diámetro de hoja al 26 de abril es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,073	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0,050.

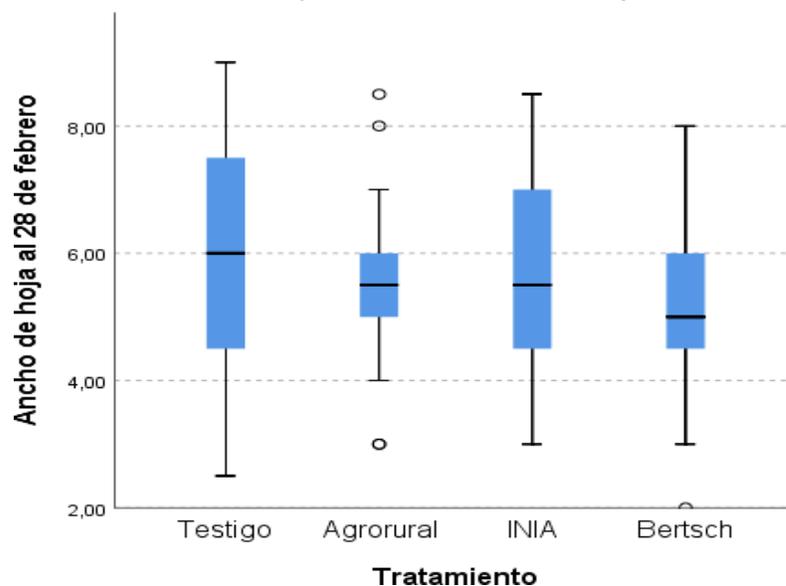
La tabla 29, muestra que el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro de las hojas en las fechas 28 de febrero y 26 de abril tienen un nivel de significación mayor a 0,05, por lo que, se acepta la hipótesis nula y en estas fechas estadísticamente no existen diferencias entre los diámetros de las hojas. Además, el 17 y 28 de marzo, así como el 12 de abril al tener un p valor menor a 0,05 de nivel de significancia, se afirma entonces que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 30 Estadísticos descriptivos para el ancho de hoja por tratamiento al 28 de febrero

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	5,825	5,588	5,598	5,188
Mediana	6,000	5,500	5,500	5,000
Varianza	3,087	1,259	1,630	1,718
Desviación estándar	1,757	1,122	1,277	1,311
Mínimo	2,500	3,000	3,000	2,000
Máximo	9,000	8,500	8,500	8,000

Los resultados de la tabla 30, muestran que la media del diámetro de las hojas en el tratamiento Testigo fue de $5,825 \pm 1,757$, Agrorural $5,588 \pm 1,122$, INIA $5,598 \pm 1,277$ y Bertsch $5,188 \pm 1,311$. Por consiguiente, se puede afirmar que los tratamientos de fertirriego obtuvieron menores valores que el tratamiento Testigo, siendo el tratamiento Agrorural el que presenta menor desviación estándar.

Figura 21. Prueba de Kruskal-Wallis para el Diámetro de hoja al 28 de febrero



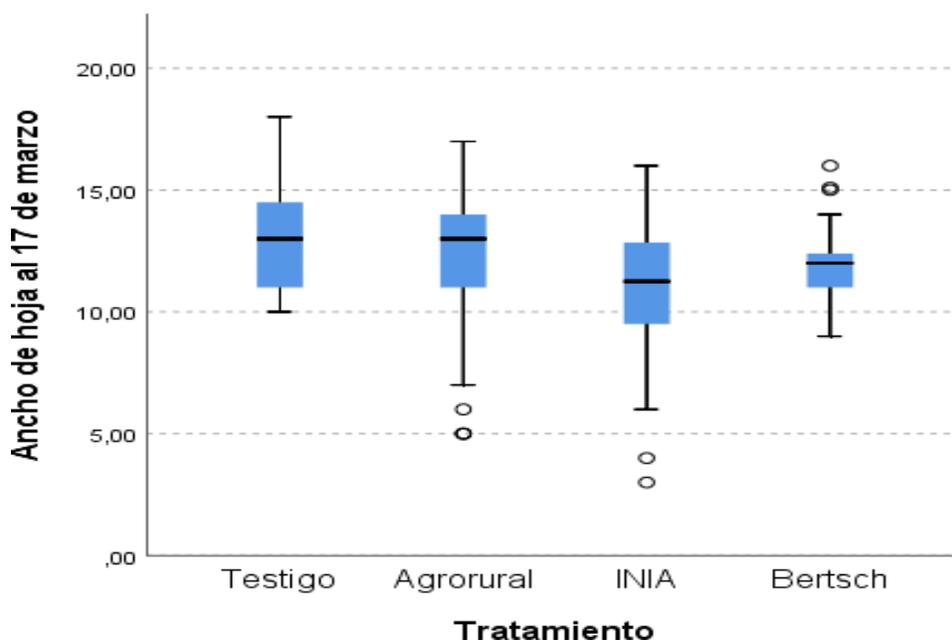
La figura 21, expone las diferencias existentes entre los diámetros de las hojas del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, pero por el nivel de dispersión que presentan los tratamientos Testigo, INIA y Bertsch, además de los valores atípicos del tratamiento Agrorural, esto hace que estadísticamente no existan diferencias significativas en estos tratamientos.

Tabla 31 Estadísticos descriptivos del Diámetro de hoja por tratamiento al 17 de marzo

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	13,292	12,250	10,710	11,935
Mediana	13,000	13,000	11,250	12,000
Varianza	4,168	8,362	9,355	1,874
Desviación estándar	2,042	2,892	3,059	1,369
Mínimo	10,000	5,000	3,000	9,000
Máximo	18,000	17,000	16,000	16,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 31, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo un diámetro de hojas medio de $13,292 \pm 2,042$, Agrorural $12,250 \pm 2,892$, INIA $10,710 \pm 3,059$ y Bertsch $11,935 \pm 1,369$. Por consiguiente, se puede afirmar que los tratamientos de fertirriego obtuvieron menores valores medios que el tratamiento Testigo, siendo el tratamiento Bertsch el que presenta menor desviación estándar.

Figura 22. Prueba de Kruskal-Wallis del Diámetro de hoja al 17 de marzo



La figura 22, también expone las diferencias existentes entre el diámetro de las hojas, observando que el grupo testigo es ligeramente mayor que los demás tratamientos, pero el tratamiento Bertsch muestra un mejor comportamiento, ya que todas las mediciones son más homogéneas respecto a los otros tratamientos, pero con algunos valores atípicos.

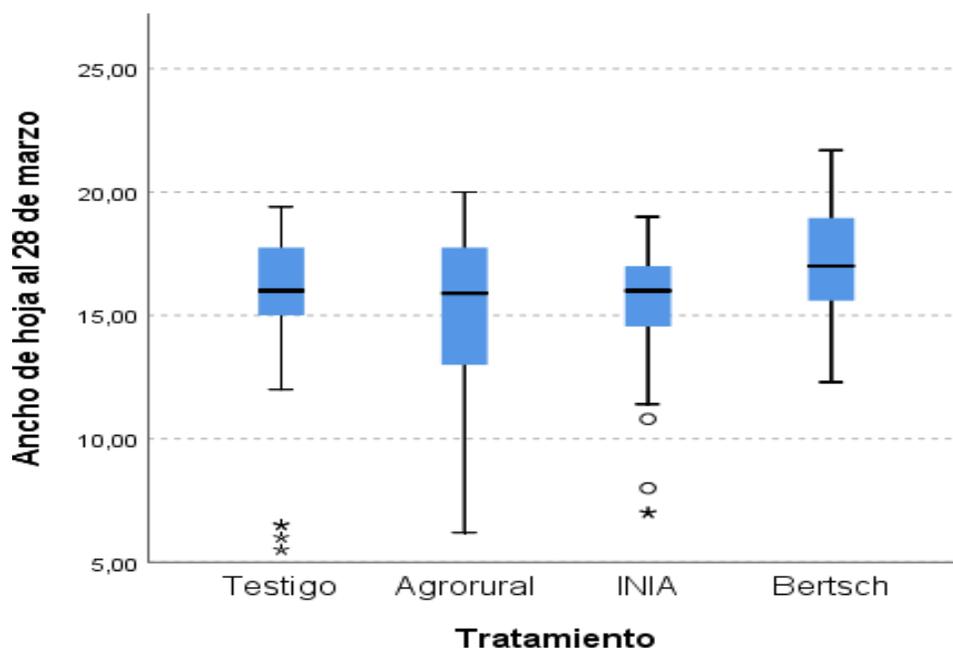
Tabla 32 Estadísticos descriptivos del Diámetro de hoja por tratamiento al 28 de marzo

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	15,448	14,963	15,285	17,221
Mediana	16,000	15,900	16,000	17,000
Varianza	10,901	12,043	7,659	4,940
Desviación estándar	3,302	3,470	2,768	2,223
Mínimo	5,500	6,200	7,000	12,300

Máximo	19,400	20,000	19,000	21,700
--------	--------	--------	--------	--------

De acuerdo con los resultados de la tabla 32 se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo un diámetro de las hojas medio de $15,448 \pm 3,302$, Agrorural $14,963 \pm 3,470$, INIA $15,285 \pm 2,768$ y Bertsch $17,221 \pm 2,223$. Por consiguiente, se puede afirmar que el tratamiento de fertirriego Bertsch presenta un mayor diámetro de las hojas que los demás tratamientos, además es menos disperso con un mejor comportamiento.

Figura 23. Prueba de Kruskal-Wallis del Diámetro de hoja al 28 de marzo



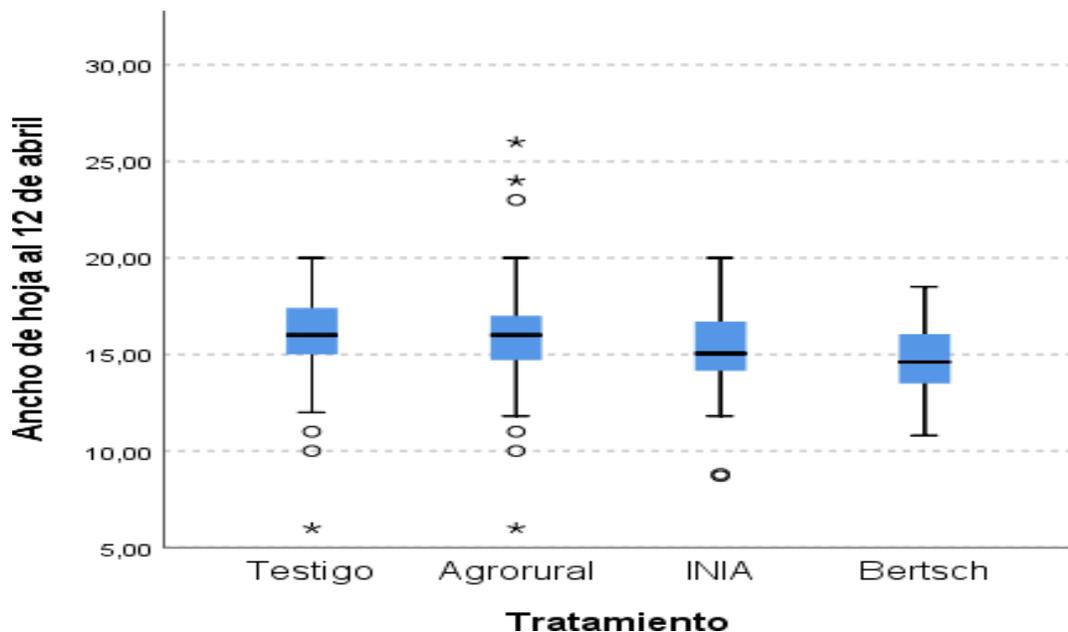
La figura 23, también expone las diferencias existentes entre los diámetros de las hojas del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente superiores en el Bertsch; además, a pesar de que los tratamientos Testigo e INIA tienen menor dispersión, presentan gran cantidad de valores atípicos.

Tabla 33 Estadísticos descriptivos del Diámetro de hoja por tratamiento al 12 de abril

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	15,835	16,213	15,306	14,825
Mediana	16,000	16,000	15,050	14,600
Varianza	7,040	10,722	5,055	3,291
Desviación estándar	2,653	3,274	2,248	1,814
Mínimo	6,000	6,000	8,700	10,800
Máximo	20,000	26,000	20,000	18,500

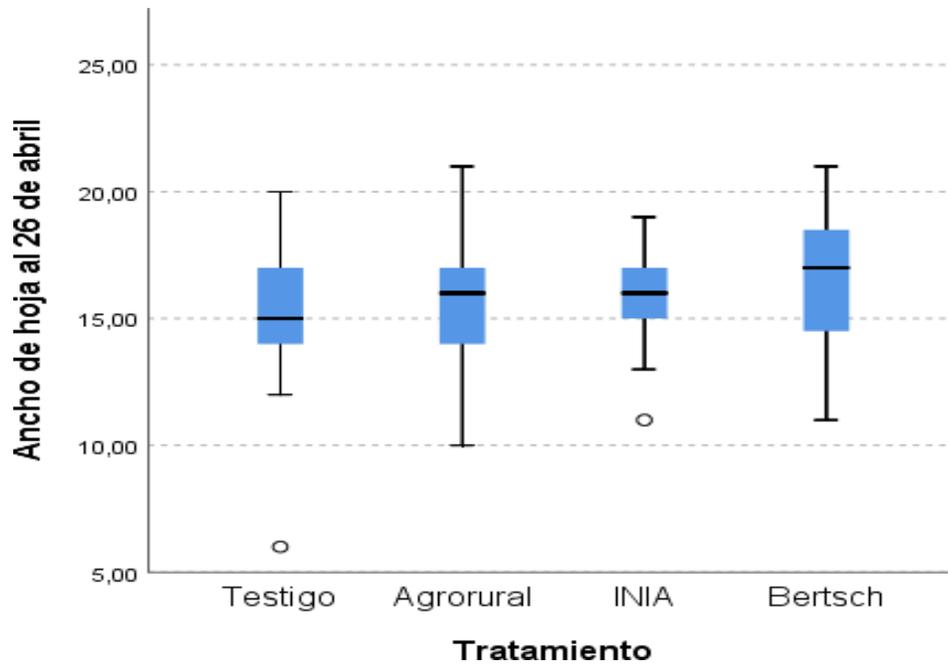
De acuerdo con los resultados de la tabla 33, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo un diámetro de las hojas medio de $15,835 \pm 2,653$, Agrorural $16,213 \pm 3,274$, INIA $15,306 \pm 2,248$ y Bertsch $14,825 \pm 1,814$. Los resultados muestran que se tiene mayores valores para el diámetro en el tratamiento Agrorural, pero con mayor dispersión.

Figura 24. Prueba de Kruskal-Wallis del Diámetro de hoja al 12 de abril



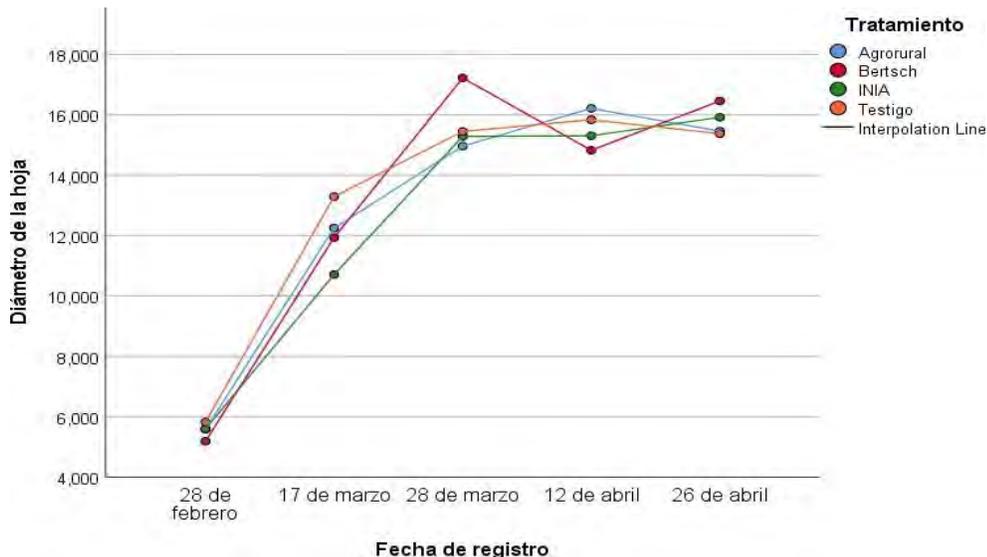
La figura 24, expone las diferencias existentes entre el diámetro de las hojas del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente superiores en el grupo Agrorural, con mayor cantidad de valores atípicos por encima de la mediana.

Figura 25. Prueba de Kruskal-Wallis del Diámetro de hoja al 26 de abril



La figura 25, expone las diferencias existentes entre el diámetro de las hojas del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose que la existencia de algunos valores atípicos hace que estadísticamente no existan diferencias significativas entre los cuatro tratamientos analizados.

Figura 26. Comparación de la evolución del Diámetro de hoja por tratamiento y fecha



La figura 26, muestra la evolución del diámetro de hojas, observándose que el tratamiento Bertsch al final del periodo de estudio presenta un mayor diámetro en las dos últimas semanas con respecto a los demás tratamientos, pero considerando que el registro fue de manera aleatoria se observó que no tiene un comportamiento regular debido a que algunas hojas tienen mayor diámetro que otras. También se aprecia que el tratamiento Agrorural presenta similares características que el tratamiento testigo.

6.1.3.4 Resultados comparativos del largo de la hoja

El largo de la hoja fue analizado a partir de 48 plantas distribuidas en dos bloques de 24 cada una y por tratamiento de tres niveles de fertirriego, Agrorural, INIA y Bertsch, adicionalmente se consideró un grupo testigo sin fertirrigación, según la tabla 3.

Tabla 34 *Largo de las hojas por tratamiento*

CÓDIGO	FILA	TESTIGO					AGRORURAL					INIA					BERTSCH				
		28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04	28/02	17/03	28/03	12/04	26/04
T1B1F1-1	1	7	17	30	23	35	5,5	13	13	17	29	9	21	21	22	38	8	16,3	16,3	25	32
T1B1F1-2	1	8	18	34	26	38	6,6	6	20	20	32	7	15	13,5	13,5	24	6,5	15	20	17,6	36
T1B1F1-3	1	8,5	18	14	20	31	7,5	16	20	23	33	10,5	21	29	25,7	19	4,5	14	21	18,8	39
T1B1F1-4	1	6,5	19	25	25	34	6,5	17	21	23	27	6	17,5	26	21,7	37	7,5	16	23	25,6	38
T1B1F1-5	1	5,5	17	26	24	33	7,9	18	19	26	37	9,5	8,8	27	25,3	40	7	16	23	23	32
T1B1F1-6	1	8	19	29	25	33	7	20	21	25	38	7,5	15	24,5	20,7	33	6,5	13	23	23	42
T1B1F1-7	1	8	19	22	20	28	8	18	23	26	35	8	15,5	28	25	41	6	14	30	22,3	35
T1B1F1-8	1	6,5	19	28	25	37	8	20	22	23	35	9	17	27	21,8	39	7,7	13	29	20,4	38
T1B1F2-1	2	8	15	18	21	30	6	6	13	10	27	6,5	17	23	22,5	38	7	13,6	25	20,7	34
T1B1F2-2	2	6	18	21	25	31	7	7	15	17	30	6,7	17,5	23,5	20,2	39	7,9	16	23	26,4	34
T1B1F2-3	2	8	18	25	23	42	5	5	13	18	28	7,5	17	29	22,2	35	6,5	14	27	24,7	34
T1B1F2-4	2	9	20	26	25	40	6,5	13	21	23	31	9,5	19	25	21,3	37	7,5	14	25,2	22,2	40
T1B1F2-5	2	10	19	23	20	36	7	14	20	26	33	9,5	17,5	27	24,1	39	5	14,5	23,2	19,8	32
T1B1F2-6	2	7,5	18	21	25	36	8,5	14	20	23	35	10,5	15,2	27,5	22,2	39	5,5	14,5	25,5	22,4	33
T1B1F2-7	2	7,5	18	15	25	39	6	12	18	24	35	6,5	17	25	25	38	4	12,2	24	22,6	38
T1B1F2-8	2	7,5	16	26	27	34	3,5	6	5	24	35	11	16,5	27,5	23,6	37	8,5	15	24	20,7	37
T1B1F3-1	3	9	18	24	24	34	6,5	14	14	18	21	6,8	17,5	28	24,8	40	6	11	26	20,7	40
T1B1F3-2	3	4	15	20	22	30	6	15	18	20	28	6	15	22	19,9	34	8,5	15	21	20,5	28
T1B1F3-3	3	6,8	16	27	27	35	8	12	25	23	37	7	17	26,2	18,5	36	8,5	16	25	25,7	41
T1B1F3-4	3	5	16	28	23	39	7,5	17	25	21	37	6	13	24,5	24	38	4,5	12	17	15,7	23
T1B1F3-5	3	5	14	24	30	39	7,5	18	25	27	35	6,5	13,5	25	27,7	37	10	17,3	17,3	26,3	45
T1B1F3-6	3	10	15	27	5	13	6,5	17	24	23	28	5,6	15	25,5	24,2	39	9,5	15,5	28	23,5	38
T1B1F3-7	3	10	16	35	36	29	7	15	24	23	34	6	12,5	24,2	21,2	33	6,8	15,3	24	20,8	42
T1B1F3-8	3	8,5	15	32	23	39	7,5	14	21	21	33	6,5	15	24,2	24,9	35	5,5	13,1	22	17,2	41

Para decidir la prueba estadística a emplear para comparar el largo de las hojas en los tratamientos de fertirriego y realizar la contratación de hipótesis, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, pues el tamaño de muestra es mayor que 50, dicho cálculo se observa en la siguiente tabla.

Tabla 35 Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para el largo de hoja por fecha

	Largo de hoja 28/02	Largo de hoja 17/03	Largo de hoja 28/03	Largo de hoja 12/04	Largo de hoja 26/04
N	192	192	192	192	192
Parámetros normales ^{a,b}					
Media	7,215	15,861	24,087	23,225	34,320
Desv. Desviación	1,669	3,433	4,855	3,915	5,016
Estadístico de prueba	0,085	0,130	0,109	0,076	0,122
Sig. asintótica(bilateral)	0,002 ^c	0,000 ^c	0,000 ^c	0,009 ^c	0,000 ^c

De la tabla 36, se aprecia que el p valor es menor que el nivel de significancia de 0,05; en consecuencia, se puede afirmar que el largo de la hoja no sigue una distribución normal. Por lo que, la prueba para comparar los resultados de fertirriego en los tres tratamientos y el grupo testigo fue la prueba de Kruskal-Wallis, de esta forma se determinó si existen diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos, para ello se formularon las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: No existen diferencias significativas en el diámetro de la hoja entre los tratamientos de niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli bajo condiciones edafoclimáticas.

Ha: Existen diferencias significativas en el diámetro de la hoja entre los tratamientos de niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli bajo condiciones edafoclimáticas.

Tabla 36 *Contrastación de hipótesis para el largo de hoja por tratamiento y fecha*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de largo de hoja al 28 de febrero es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,411	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de largo de hoja al 17 de marzo es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de largo de hoja al 28 de marzo es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,013	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de largo de hoja al 12 de abril es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,001	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de largo de hoja al 26 de abril es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,005	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0.05.

La tabla 37, muestra el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el largo de la hoja el 28 de febrero con un nivel de significación mayor a 0,05, por lo que se acepta la hipótesis nula; por lo tanto, se afirma que estadísticamente que no existen diferencias significativas entre los tratamientos de niveles de fertirriego y el grupo testigo. Mientras que, en las mediciones posteriores, la prueba muestra que el largo de la hoja con un nivel de significación menor a 0,05 permite rechazar la hipótesis nula; por lo tanto, se afirma que estadísticamente el largo de hoja presenta diferencias significativas entre los tratamientos de niveles de fertirriego y el grupo testigo.

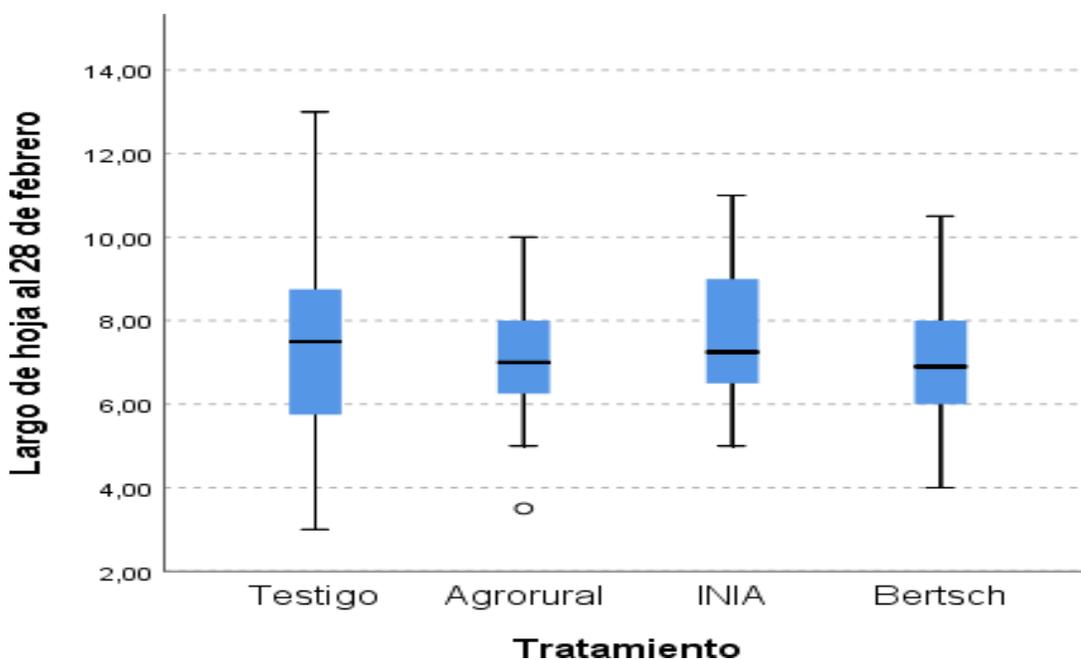
Tabla 38. *Estadísticos descriptivos para el largo de hoja por tratamiento al 28 de febrero*

Desviación estándar	2,112			
Mínimo	3,000	3,500	5,000	4,000

Máximo	13,000	10,000	11,000	10,500
Desviación estándar	2,112	1,291	1,615	1,537
Mínimo	3,000	3,500	5,000	4,000
Máximo	13,000	10,000	11,000	10,500
Desviación estándar	2,112	1,291	1,615	1,537
Mínimo	3,000	3,500	5,000	4,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 38, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo un largo medio de las hojas de $7,267 \pm 2,112$, Agrorural $7,115 \pm 1,291$, INIA $7,554 \pm 1,615$ y Bertsch $6,925 \pm 1,537$. Por consiguiente, se puede afirmar que el tratamiento INIA de fertirriego obtuvo mayor valor que los demás tratamientos, pero tiene mayor dispersión.

Figura 27. Prueba de Kruskal-Wallis para el largo de hoja al 28 de febrero



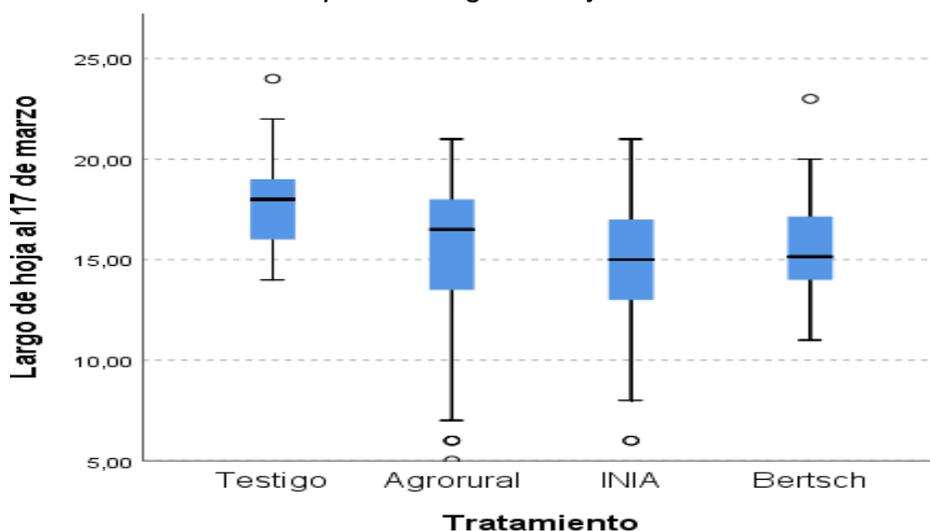
La figura 27, expone las diferencias existentes entre el largo de las hojas del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente distintos con el tratamiento Agrorural, pero este al presentar valores atípicos hace que estadísticamente no existan diferencias significativas.

Tabla 37 Estadísticos descriptivos para el largo de hoja por tratamiento al 17 de marzo

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	17,833	15,438	14,500	15,673
Mediana	18,000	16,500	15,000	15,150
Varianza	4,227	17,358	14,606	5,628
Desviación estándar	2,056	4,166	3,822	2,372
Mínimo	14,000	5,000	6,000	11,000
Máximo	24,000	21,000	21,000	23,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 39, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo un largo de hojas medio de $17,833 \pm 2,056$, Agrorural $15,438 \pm 4,166$, INIA $14,500 \pm 3,822$ y Bertsch $15,673 \pm 2,372$. Por consiguiente, se puede afirmar que el tratamiento testigo presenta mayor valor medio que los tratamientos de fertirriego, además de tener menor desviación estándar.

Figura 28. Prueba de Kruskal-Wallis para el largo de hoja al 17 de marzo



La figura 28, expone las diferencias existentes entre el largo de las hojas del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente

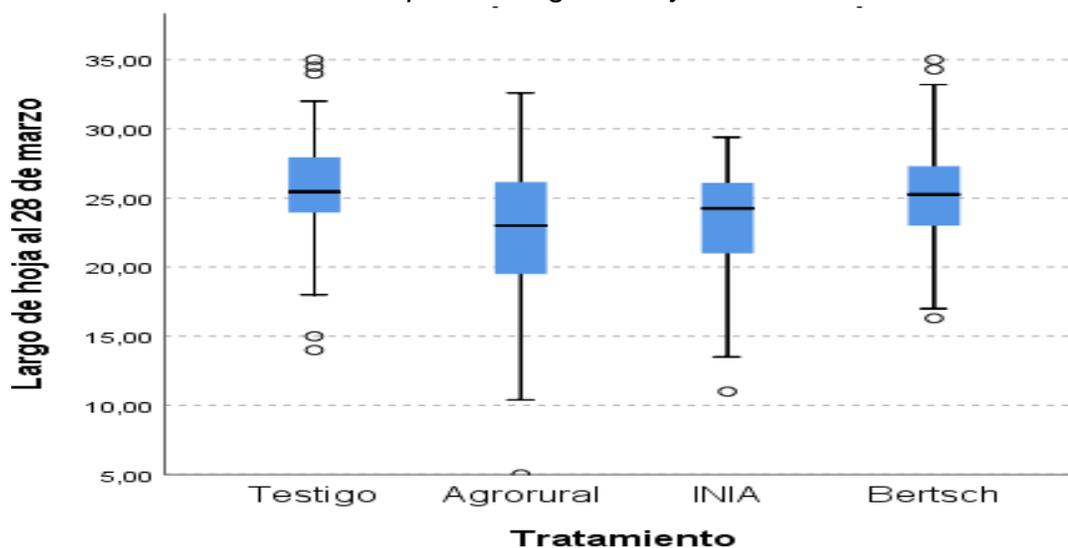
superiores en el testigo; por otra parte, el tratamiento Bertsch muestra un comportamiento más homogéneo respecto a los otros dos tratamientos.

Tabla 38 Estadísticos descriptivos para el largo de hoja por tratamiento al 28 de marzo

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	25,617	22,233	23,504	24,994
Mediana	25,450	23,000	24,250	25,250
Varianza	18,926	37,200	14,878	17,700
Desviación estándar	4,350	6,099	3,857	4,207
Mínimo	14,000	5,000	11,000	16,300
Máximo	35,000	32,600	29,400	35,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 40, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo un largo de las hojas medio de $25,617 \pm 4,350$, Agrorural $22,233 \pm 6,099$, INIA $23,504 \pm 3,857$ y Bertsch $24,994 \pm 4,207$. Se afirma que los tratamientos de fertirriego obtuvieron menores valores que el Testigo y el INIA presenta una menor dispersión.

Figura 29. Prueba de Kruskal-Wallis para el largo de hoja al 28 de marzo



La figura 29, pone de evidencia las diferencias existentes entre el largo de las hojas tanto del grupo testigo como de los tres niveles de fertirriego, observándose resultados

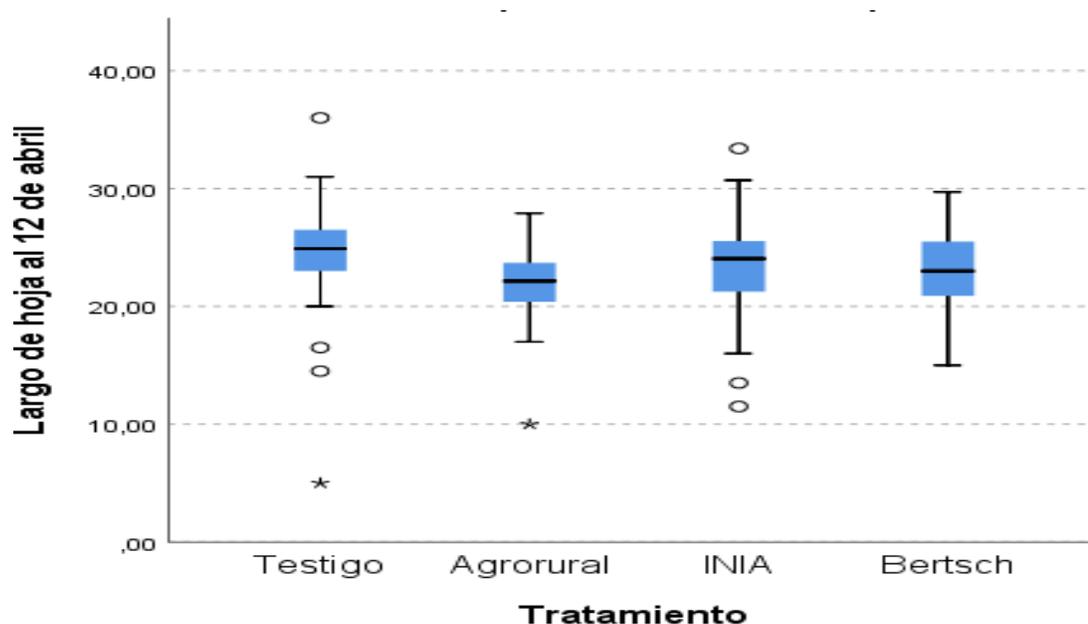
ligeramente superiores en el grupo testigo, pero con presencia de valores atípicos.

Tabla 39 Estadísticos descriptivos para el largo de hoja por tratamiento al 12 de abril

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	24,442	21,919	23,502	23,038
Mediana	24,900	22,150	24,050	23,000
Varianza	22,559	9,907	16,180	10,275
Desviación estándar	4,750	3,147	4,022	3,205
Mínimo	5,000	10,000	11,500	15,000
Máximo	36,000	27,900	33,400	29,700

De acuerdo con los resultados de la tabla 41, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo un largo de las hojas medio de $24,442 \pm 4,750$, Agrorural $21,919 \pm 3,147$, INIA $23,502 \pm 4,022$ y Bertsch $23,038 \pm 3,205$. Se afirma que los tratamientos de fertirriego obtuvieron menores valores que el Testigo y el Agrorural presenta una menor dispersión.

Figura 30. Prueba de Kruskal-Wallis para el largo de hoja al 12 de abril



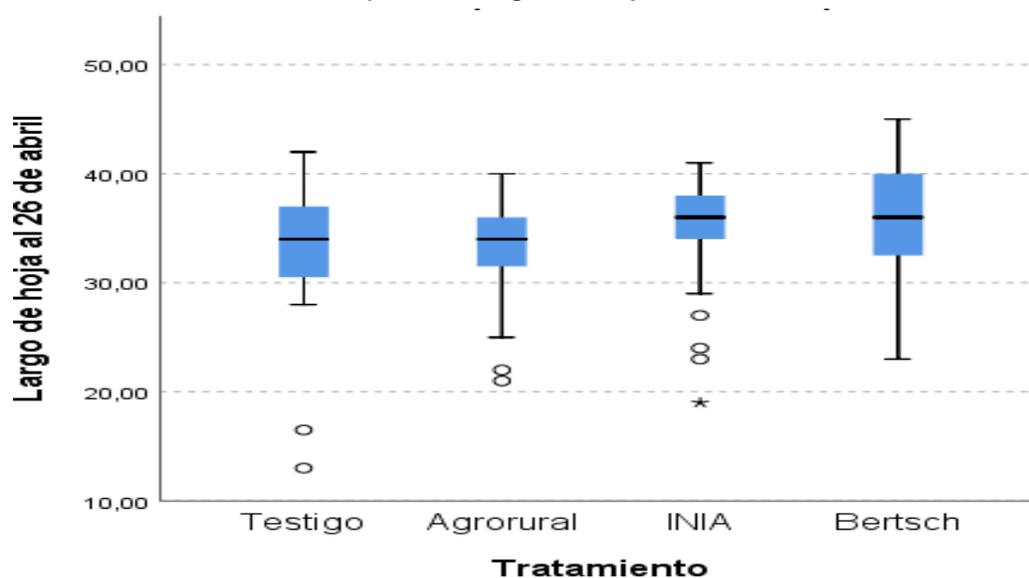
La figura 30, expone las diferencias existentes entre el largo de las hojas tanto del grupo testigo como de los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente superiores en el grupo testigo, pero con presencia de valores atípicos.

Tabla 40 Estadísticos descriptivos para el largo de hoja por tratamiento al 26 de abril

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	33,300	33,104	35,146	35,729
Mediana	34,000	34,000	36,000	36,000
Varianza	30,199	18,819	21,957	25,989
Desviación estándar	5,495	4,338	4,686	5,098
Mínimo	13,000	21,000	19,000	23,000
Máximo	42,000	40,000	41,000	45,000

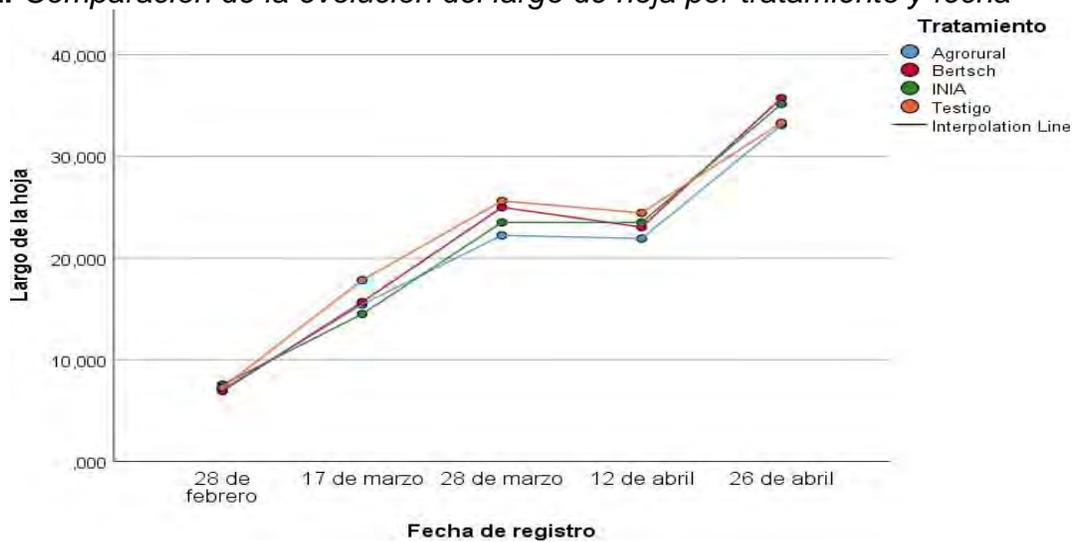
De acuerdo con los resultados de la tabla 42, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo un largo de las hojas medio de $33,300 \pm 5,495$, Agrorural $33,104 \pm 4,338$, INIA $35,146 \pm 4,686$ y Bertsch $35,729 \pm 5,098$. Se afirma que el tratamiento de fertirriego Bertsch obtuvo mayor valor.

Figura 31. Prueba de Kruskal-Wallis para el largo de hoja al 26 de abril



La figura 31, expone las diferencias existentes entre el largo de las hojas tanto del grupo testigo como de los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente superiores en el tratamiento Bertsch, pero con mayor dispersión. Además, se observa que los demás tratamientos presentan valores atípicos, lo que muestra un comportamiento aleatorio.

Figura 32. Comparación de la evolución del largo de hoja por tratamiento y fecha



La figura 32, muestra la evolución del largo de las hojas, observándose que el tratamiento Bertsch al final del periodo de estudio presenta una mayor longitud de las hojas en el último registro con respecto a los demás tratamientos, pero dicha diferencia es muy similar a la del tratamiento INIA. Además, considerando que el registro fue de manera aleatoria se observó que no tiene un comportamiento regular debido a que algunas hojas en el registro realizado el 28 de marzo tuvieron mayor longitud que otras registradas el 12 de abril, lo que muestra el alto grado de variación o dispersión entre dichas medidas. Similar situación se observa en los demás registros; finalmente se aprecia que el tratamiento Agrorural presenta similares características que el tratamiento testigo.

6.1.3.5 Resultados comparativos respecto al diámetro del brócoli

La comparación del diámetro de ella también fue calculada evaluando 48 plantas distribuidas en dos bloques de 24 cada una y por tratamiento de tres niveles de fertirriego, Agrorura adicionalmente se consideró un grupo testigo sinfertirrigación, según la tabla 43:

Tabla 41 Rendimiento de la cosecha respecto al diámetro del brócoli

Código	Fila	Tratamiento			
		Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
T1B1F1-1	1	15	19	18	19
T1B1F1-2	1	17	17	20	21
T1B1F1-3	1	17	14	20	21
T1B1F1-4	1	14	16	18	18
T1B1F1-5	1	16	15	18	18
T1B1F1-6	1	17	17	16	17
T1B1F1-7	1	16	17	20	19
T1B1F1-8	1	17	18	21	19
T1B1F2-1	2	13	15	15	17
T1B1F2-2	2	21	20	21	21
T1B1F2-3	2	17	19	21	16
T1B1F2-4	2	17	24	19	22
T1B1F2-5	2	17	18	20	17
T1B1F2-6	2	17	19	19	16
T1B1F2-7	2	17	18	21	18
T1B1F2-8	2	19	16	21	18
T1B1F3-1	3	16	18	18	19
T1B1F3-2	3	18	18	20	24
T1B1F3-3	3	18	18	20	21
T1B1F3-4	3	15	19	18	18
T1B1F3-5	3	15,5	19	18	21
T1B1F3-6	3	19	17	18	21
T1B1F3-7	3	25	25	18	19
T1B1F3-8	3	21	21	19	16

Para decidir la prueba estadística a emplear para comparar el rendimiento en los tratamientos de fertirriego y realizar la contrastación de hipótesis, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, pues el tamaño de muestra es mayor que 50, dicho cálculo se observa en la siguiente tabla.

Tabla 42 *Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para el rendimiento respecto al diámetro*

		Rendimiento de la cosecha - Diámetro
N		192
Parámetros normales ^{a,b}	Media	17,951
	Desv. Desviación	2,543
Estadístico de prueba		0,138
Sig. asintótica(bilateral)		0,000 ^c

De la tabla 44, se aprecia que el p valor es menor que el nivel de significancia de 0,05; en consecuencia, se puede afirmar que el rendimiento con respecto al diámetro del brócoli no sigue una distribución normal. Por lo que, la prueba para comparar los resultados de fertirriego en los tres tratamientos y el grupo testigo fue la prueba de Kruskal-Wallis, de esta forma se determinó si existen diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos, para ello se formularon las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: No existen diferencias significativas en el diámetro del brócoli entre los tratamientos de niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli bajo condiciones edafoclimáticas.

Ha: Existen diferencias significativas en el diámetro del brócoli entre los tratamientos de niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli bajo condiciones

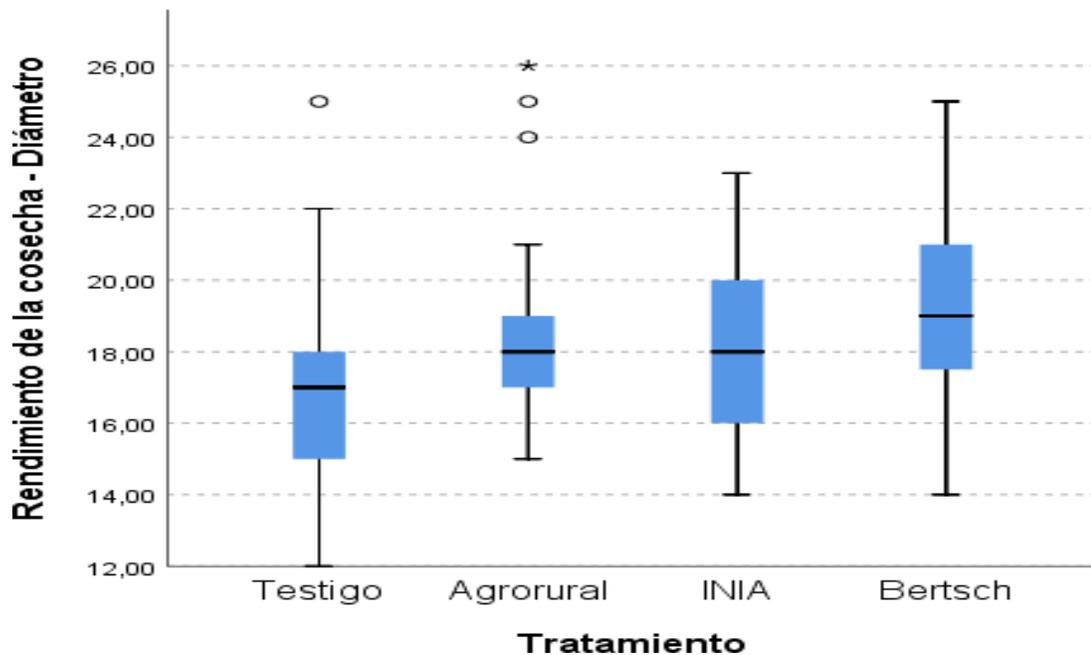
edafoclimáticas.

Tabla 43 *Contrastación de hipótesis para el rendimiento respecto al diámetro por tratamiento*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Rendimiento de la cosecha - Diámetro es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.

La tabla 45, muestra el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el rendimiento con respecto al diámetro del brócoli con un nivel de significación menor a 0,05 y permite rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se afirma que estadísticamente el rendimiento en cuanto al diámetro del brócoli presenta diferencias significativas entre los tratamientos de niveles de fertirriego y el grupo testigo.

Figura 33. *Prueba de Kruskal-Wallis para el rendimiento respecto al diámetro por tratamiento*



La figura 33, exhibe las diferencias existentes en cuanto al diámetro del brócoli del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose resultados ligeramente superiores principalmente en el tratamiento Bertsch; sin embargo, los resultados del tratamiento Agrorural muestran un mayor grado de homogeneidad en los diámetros del brócoli, pero se aprecia que presenta algunos valores atípicos por encima del 75% de los productos en dicho nivel de fertirriego.

Tabla 44 Estadísticos descriptivos para el rendimiento respecto al diámetro del brócoli

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	16,615	18,167	17,896	19,125
Mediana	17,000	18,000	18,000	19,000
Varianza	6,300	5,461	5,074	6,154
Desviación estándar	2,510	2,337	2,253	2,481
Mínimo	12,000	14,000	14,000	14,000
Máximo	25,000	26,000	23,000	25,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 46, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo un diámetro medio de $16,615 \pm 2,510$, Agrorural $18,167 \pm 2,337$, INIA $17,896 \pm 2,253$ y Bertsch $19,125 \pm 2,481$. Por consiguiente, los tratamientos de fertirriego con mayores valores medios que el tratamiento Testigo, siendo el tratamiento Bertsch el que presenta una mayor media, pero tiene mayor dispersión. Además, en el tratamiento Testigo y Agrorural indica que los diámetros registrados tienen mayor grado de concentración cerca a la media.

6.1.4. Rendimiento del cultivo de Brócoli

El rendimiento fue calculado a partir de 48 plantas distribuidas en dos bloques

de 24 cada una y por tratamiento de tres niveles de fertirriego, Agrorural, INIA y Bertsch, adicionalmente se consideró un grupo testigo sin fertirrigación, según la tabla 47:

Tabla 45 Rendimiento en peso del brócoli por tratamiento

Código	Fila	Tratamiento			
		Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
T1B1F1-1	1	261	470	474	517
T1B1F1-2	1	441	377	554	618
T1B1F1-3	1	300	279	563	710
T1B1F1-4	1	270	379	466	569
T1B1F1-5	1	207	398	450	635
T1B1F1-6	1	328	328	438	439
T1B1F1-7	1	298	424	570	507
T1B1F1-8	1	396	450	668	563
T1B1F2-1	2	180	257	394	419
T1B1F2-2	2	356	404	631	638
T1B1F2-3	2	400	483	629	446
T1B1F2-4	2	442	656	438	709
T1B1F2-5	2	401	520	626	507
T1B1F2-6	2	334	453	548	574
T1B1F2-7	2	444	500	758	447
T1B1F2-8	2	351	346	540	546
T1B1F3-1	3	301	526	619	509
T1B1F3-2	3	416	480	580	837
T1B1F3-3	3	310	528	544	794
T1B1F3-4	3	255	424	418	520
T1B1F3-5	3	293	454	358	844
T1B1F3-6	3	503	330	536	573
T1B1F3-7	3	872	872	649	708
T1B1F3-8	3	539	539	576	574

Para decidir la prueba estadística a emplear para comparar el rendimiento en los tratamientos de fertirriego y realizar la contrastación de hipótesis, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, pues el tamaño de muestra es mayor que 50, dicho cálculo se observa en la siguiente tabla.

Tabla 46 Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para el peso del brócoli por tratamiento

		Rendimiento de la cosecha -Peso
N		192
Parámetros normales ^{a,b}	Media	471,974
	Desv. Desviación	163,954
Estadístico de prueba		0,086
Sig. asintótica(bilateral)		0,002 ^c

De la tabla 48, se aprecia que el p valor es menor que el nivel de significancia de 0,05; en consecuencia, se puede afirmar que el rendimiento en peso del brócoli no sigue una distribución normal. Por lo que, la prueba para comparar los resultados de fertirriego en los tres tratamientos y el grupo testigo fue la prueba de Kruskal-Wallis, de esta forma se determinó si existen diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos, para ello se formularon las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: No existen diferencias significativas en el peso de brócoli entre los tratamientos de niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli bajo condiciones edafoclimáticas.

Ha: Existen diferencias significativas en el peso de brócoli entre los tratamientos de niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli bajo condiciones edafoclimáticas.

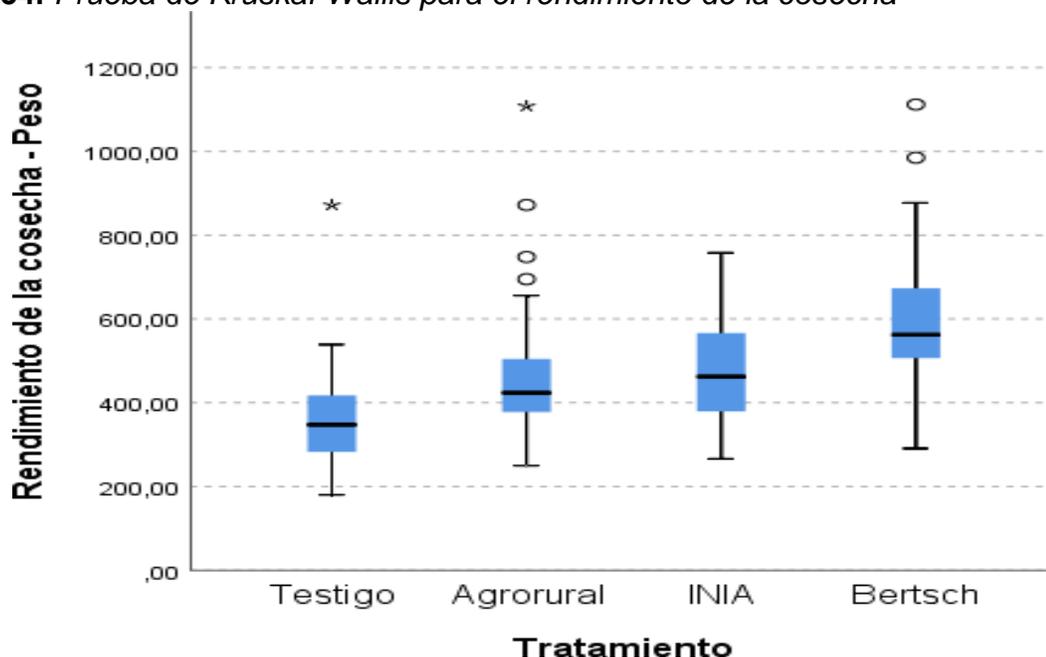
Tabla 47 *Contrastación de hipótesis para el rendimiento del peso del brócoli*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Rendimiento de la cosecha - Peso es la misma entre categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0,050.

La tabla 49, muestra el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el rendimiento del peso del brócoli con un nivel de significación menor a 0,05 y permite rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se afirma que estadísticamente el rendimiento del peso del brócoli presenta diferencias significativas entre los tratamientos de niveles de fertirriego y el grupo testigo.

Figura 34. *Prueba de Kruskal-Wallis para el rendimiento de la cosecha*



La figura 34, también expone las diferencias existentes entre el peso del brócoli del grupo testigo y los tres niveles de fertirriego, observándose resultados superiores

principalmente en el tratamiento Bertsch; sin embargo, los resultados del tratamiento Agrorural, seguido del tratamiento Testigo muestran que el 50% de los pesos registrados son menos dispersos que el resto de tratamiento, además, se aprecia que el tratamiento Agrorural presenta mayor cantidad de valores atípicos que se encuentran por encima de la mayoría de resultados obtenidos.

Tabla 48 Estadísticos descriptivos para el peso del brócoli por tratamiento

	Tratamiento			
	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
Media	355,792	459,979	476,396	595,729
Mediana	347,500	424,000	462,500	562,500
Varianza	13289,317	24036,319	15009,521	27310,585
Desviación estándar	115,279	155,037	122,513	165,259
Mínimo	180,000	250,000	266,000	291,000
Máximo	872,000	1108,000	758,000	1112,000

De acuerdo con los resultados de la tabla 50, se aprecia que en el tratamiento Testigo se tuvo un peso medio de $355,792 \pm 115,279$ gr, Agrorural $459,979 \pm 155,037$ gr, INIA $476,396 \pm 122,513$ gr y Bertsch $595,729 \pm 165,259$ gr. Por consiguiente, se puede afirmar que los tratamientos de fertirriego obtuvieron mayores valores medios que el tratamiento Testigo, siendo el tratamiento Bertsch el que presenta una mayor media. Pero, la curtosis positiva de los tratamientos Testigo y Agrorural indican que los pesos registrados tienen mayor grado de concentración cerca a la media, así como la asimetría nos muestra que los datos se concentran con valores menores a la correspondiente media.

Tabla 49 Rendimiento de Brócoli en ocho parcelas

RENDIMIENTO				
UNIDAD	Testigo	Agrorural	INIA	Bertsch
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
GRAMOS/PLANTA	0.355,79	0.459,98	0.476,40	0.596,73
CANTIDAD DE PLANTAS POR PARCELA	50	50	50	50
KILOGRAMOS POR HECTAREA	8,068 kg/ha	10,454 kg/ha	10,818 kg/ha	13,545 kg/ha

En el análisis elaborado para determinar el rendimiento del cultivo de Brócoli variedad Itálica Híbrido "Legacy" en kilogramos por hectárea para cada parcela se concluye que, existe una correlación proporcional de acuerdo al nivel de fertirriego empleado en la presente investigación, en el testigo con 8,068 kg/ha, en Agrorural con 10,454 kg/ha, en INIA 10,818 con kg/ha y siendo Bertsch con un nivel alto con 13,545 kg/ha siendo superior estadísticamente a los demás.

Los rendimientos de los diferentes niveles pueden variar en función al uso de otra variedad, época del año y condiciones edafoclimáticas diferentes al experimento.

VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

1. Del requerimiento nutricional

Se concluye que el nivel 229-23-288 propuesto por la autora Floria Bertsch fue el que obtuvo mejores resultados puesto que durante la conducción de cultivo de brócoli no se presentaron deficiencias nutricionales.

2. De la demanda hídrica

De los datos de la planilla se obtuvo la cantidad de agua que consume el cultivo de Brócoli durante el ciclo vegetativo del cultivo con distintos niveles de fertilización.

Con los datos adquiridos de la planilla se pudo ver que 132.65 mm (1326.5 m³/ha) fue la demanda hídrica del cultivo de brócoli en 100 días.

3. De las características biométricas

En la altura de planta se observó que su crecimiento fue en promedio desde 8.391 cm hasta 29.131 cm en las últimas semanas donde se observó que el tratamiento con nivel propuesto por INIA muestra un mayor crecimiento a partir del 17 de marzo en comparación a los demás niveles llegando a un promedio de 30.583 cm de altura de planta en la última etapa vegetativa.

En la etapa de incremento de número de hojas con un promedio de 6.688 llegando a un promedio de 19.609 número de hojas en las últimas semanas, observándose que el tratamiento con nivel propuesto de Floria Bertsch donde presenta una mayor cantidad con un promedio de 20.604 números de hojas en la última etapa.

Para el diámetro de hoja se obtuvo un promedio de crecimiento desde 5.550 cm hasta 15.802 cm en las últimas fechas observando así, que el tratamiento con nivel propuesto por Bertsch presenta un mayor diámetro con un promedio de 16.458 cm en la última semana con respecto a los demás, observando que no tiene un comportamiento regular ya que se tomó los datos de manera aleatoria. En promedio para el largo de hoja su crecimiento fue desde 7.215 cm hasta

34.320 cm en las últimas semanas observando que el tratamiento con nivel propuesto por Floria Bertsch presenta una mayor longitud de las hojas con un promedio 35.729 cm, pero dicha diferencia es muy similar a la del tratamiento INIA con un promedio

35.146 cm. Además, considerando que el registro fue de manera aleatoria se observó que no tiene un comportamiento regular.

En la última etapa vegetativa se obtuvo los datos del diámetro de pella observando así que el tratamiento con nivel propuesto por Floria Bertsch son ligeramente superiores a los demás tratamientos con un promedio de 19.125 ± 2.481 cm.

4. Del rendimiento

De la prueba de Kruskal-Wallis para el rendimiento del peso del brócoli presenta diferencias significativas con un nivel de significación menor a 0,05. Observando así que el tratamiento con nivel propuesto por Bertsch fueron superiores con un promedio de 595.729 ± 165.259 gr obteniendo 13.545 kg/ha seguidamente tenemos el

tratamiento INIA con un promedio de 476.396 ± 122.513 gr obteniendo así 10,818 kg/ha, este ligeramente superior al tratamiento con nivel propuesto por Agrorural con un promedio de 459.979 ± 155.037 gr obteniendo así 10.454 kg/ha y por último el testigo con un promedio de 355.792 ± 115.279 gr donde se obtuvo 8.068 kg/ha con menor peso por pella.

SUGERENCIAS

Estas sugerencias van de acuerdo con el trabajo de investigación bajo las condiciones ambientales, físicas y biológicas del centro Agronómico K'ayra.

- Realizar trabajos de investigación con nuevos fertilizantes solubles en agua para que así sean exclusivamente para fertirriego.
- Realizar un trabajo de investigación en épocas del año diferentes.
- Utilizar otros métodos para el cálculo de la demanda hídrica.
- Realizar la evaluación económica para el nivel alto de N-P-K en el cultivo de brócoli.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Agrorural. (2017). *Guano de isla. Direccion de Operaciones*. Lima , Perú: Sub Dirección de Insumos y Abonos .
- AGRORURAL. (2019). *Manual de abonamiento con Guano de islas*. (A. R.-D. Abonos, Ed.)Lima, Perú.
- Angeles , M. V., Fernández, C. V., Khalidou , M., & Díaz, D. C. (2002). *Elementos básicos de riego presurizado para productores :MICROIRRIGACION*. Toluca, Mexico : FACEM.
- Arrieta, Q. J. (2020). Riego a baja presión. *INA Instituto Nacional de Aprendizaje*, Pag 11. Arroyo , U. P., Mazquiaran, B. L., Rodriguez, A. P., Valero, G. T., Ruiz, M. E., Avila, T. J., &
- Varela, M. G. (2018). *"Frutas y Hortalizas: Nutricion y salud en la España del s. XXI"*. Madrid , España: Fundacion Española de Nutricion FEN.
- Bello, U. M., & Pino, M. (2000). *Cálculo básico para fertirrigar*. Punta Arena, Chile : Centro Regional de Investigacion Kampenaike, INIA, Ministerio de Agricultura. .
- Bertsch, H. F. (2009). *Absorcion de Nutrimientos por los cultivos*. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Blanco , C. A. (2017). Efecto de tres niveles de abonamiento organico liquido aerobico (AOLA) bajo riego por goteo en el cultivo de brocoli (Brassica oleraceae). Tesis de grado. *Universidad mayor de San Andres*. Facultad de Agronomia carrera de Ingenieria Agronomica., La paz, Bolivia.
- Bullard, E. T., & Mortensen , E. (1986). *Horticultura tropical y subtropical*. Mexico: Pax-

Mexico

Casseres , E. (1981). *Produccion de Hortalizas*. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericanode Cooperacion para la Agricultura (IICA).

Cisneros , A. R. (2003). *Apuntes de la materia de riego y drenaje*. San Luis Potosí, Mexico : Centro de Investigación y Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de laUniversidad Autónoma de San Luis Potosi.

FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para determinacion de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma , Italia: FAO riego y drenaje.

FAO. (2011). *Manual de Produccion de hortalizas*. Chaco, Bolivia: Proyecto "Ayuda Humanitaria de Asistencia y Recuperación paraComunidades Afectadas por la Sequíaen el Chaco". Obtenido de <https://www.fao.org/3/as972s/as972s.pdf>

FAO. (2013). *El manejo del suelo en la produccion de hortalizas con buenas practicas agricolas*. Antioquía, Colombia: ISBN 978-92-5-307783-0 ñemity.

FAO, & IFA. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. París : FIIAT PANIS, Asociacion Internacionalde los fertilizantes.

Fernández, d. M., & García, G. G. (2014). *El sistema de riego localizado*. España : Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario.

Fernández, G. R., Yruela, M., Milla, M. M., García , B. J., & Oyonarte, G. N. (2010). *Manual de riego para agricultores Modulo 4. Riego Localizado*. Andalucia, Sevilla, España: Juntade Andalucia, Institucion de Investigacion y Formacion Agraria y Pesquera, Consejeriade Agricultura y Pesca.
Obtenido de

https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO_BAJA.pdf

Fuentes , Y. J., & Guillermo , G. L. (2006). *Técnicas de riego Sistema de riego en la Agricultura*.

Rio Pánuco , Mexico: Primera edición 1999 Mundi - prensa Mexico, S.A. de C.V.

Garcia, C. I., & Briones , S. G. (1997). *Sistemas de riego por aspercion y goteo*. Mexico : trillas(1 Enero 1997).

Giaconi, V. M., & Escaff, M. G. (2004). *Cultivo de Hortalizas*. Santiago, Chile: Universitaria S.A.

Gomez, E. C. (2012). Efecto Agronómico de dos variedades de brócoli (Brassica oleraceae L.) con la interacción de dos densidades poblacionales de lombriz californiana (Eisenia foetida). *Universidad Mayor de San Andres*. Facultad de Agronomia, La paz, Bolivia.

Gurovich, L. A. (1985). *Fundamentos y diseño de SISTEMA DE RIEGO*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de cooperacion para la agricultura IICA.

HERBAZET. (2020). *Brócoli*. Estados Unidos: HERBAZET.

INATEC. (2018). *Manual del protagonista Cultivo de Hortalizas*. Managua, Nicaragua: Nivel de formación y especialidad Técnico Agropecuario.

INFOJARDIN. (2006). Carencias de N, P, K. *INFOJARDIN*. Obtenido de (<http://www.infojardin.com/articulos/macronutrintes/micronutrientes.htm>).

Jaramillo, M. j., Londoño, M., Tamayo, A., Loandoño , M., & Tamayo, P. (2006). *El Cultivo de las Crucíferas Brocoli, Coliflor, Repollo, Col China*. Rionegro, Colombia: Litomadrid - Cra.50 No. 56 -38.

Jimenez, B. J., & Rodriguez, V. J. (2013). Fertirrigacion. *Direccion Regional Central Sur*, 1-2

- Kafkafi, U., & Tarchitzky, J. (2012). *Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo de agua*. Paris, Francia: primer Congreso Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA), Instituto Internacional de la Potasa (IIP).
- Krørup, C., & Álvarez, X. (1997). *Requerimientos y variedades de brócoli para la industria del congelado*. Quito, Ecuador: Agroeconómico V.4.
- Legarda, L., Puentes, G., & Benavides, G. H. (1999). Importancia de los parámetros hidrofísicos del suelo y requerimiento hídricos del cultivo en el diseño de un proyecto de riego por aspersión liviana. *Revista de Ciencias Agrícolas*, pag. 104.
- Liotta, M. (2015). *Manual de capacitación: Riego por goteo*. Buenos Aires, San Juan, Argentina: UCAR Unidad para el cambio Rural 1a ed, edición especial.
- Lucic, A. (2016). *Determinación del coeficiente de uniformidad de riego (C.U)*. Salvador: CDTEC.
- Mallqui, B. Y. (2019). Tesis: Rendimiento de híbridos de brócoli *Brassica oleracea* L. Var. Italica Bajo fertirriego en condiciones de Pillco Marca Huanuco. *Universidad Nacional Hermilio Valdizan* Facultad de ciencias agrarias Escuela profesional de Ingeniería Agronómica Carrera profesional de Ingeniería Agronómica, Huánuco, Perú.

- Martínez, B. L. (1998). *Manual de Fertirrigacion*. La Serena , chile: Oficina Técnica Huasco. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (2015). *Manual de Cálculo de Eficiencia para Sistema de Riego*. Lima, Lima, Perú.
- Moreno, V. A. (2020). *Siembra y transplante de cultivos horticolas y flor cortada*. Madrid, España: Praninfo.
- OEB. (2016). *Manual de cultivo de hortalizas: Parte Especial*. Tajira, Bolivia: SeguridadAlimentaria y Economica en el valle central de Tajira . Obtenido de <https://louvaincooperation.org/sites/default/files/2019-01/83-Manual%20para%20el%20Cultivo%20de%20Hortalizas.pdf>
- Piñeros, C. Y. (2010). *Manual poscosecha de brócoli, Espinaca y lechuga en la sabana de Bogotá Diagnóstico, manejo y tecnologías poscosecha*. Bogota, Colombia: Primera edicion 2010.
- Pizarro, C. F. (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación*. Bilbao, España: (3era edición)Mundi.
- Porco , F., & Terraza, J. (2009). *Horticultura Aplicaciones Prácticas*. La Paz, Bolivia: Facultadde Agronomia UMSA.
- Pronamachcs. (2004). Capitulo-IX-Fundamentos del riego. "MANEJO Y CONSERVACIÓNDEL SUELO" *Fundamentos y Prácticas*, pag. 454.

- Rivera, B. W. (2016). Humus de lombriz en el rendimiento de brocoli (*Brassica oleracea* L.) cv."Legacy" Bajo cobertura de plástico y mulch orgánico en sistema de riego por goteo en Cayma - Arequipa. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Facultad de Agronomía, Arequipa, Cayma, Perú.
- Rivulis . (2021). Cinta de goteo Rivulis Ro-Drip. *Rendimiento 5 estrellas*, 2-3.
- Roberts, H. A. (1982). *Weed control hanhbook: principles*. Inglaterra, Londres: Blackwell Science Ltd; 7th Revised edition.
- Rodriguez, S. F. (1982). *Fertilizacion y nutricion Vegetal*. Mexico: A.G.T.
- Ruiz, C. J. (2014). Producción y Compuestos Metabólicos en Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var.Itálica) Cultivado con Diferentes Fuentes de Potasio. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*. División de Agronomía Departamento de Horticultura, Coahuila, Saltillo, Mexico .
- Saray, S. R., Delgado, d. F., Casas, A., & Toledo, J. (2000). *Hortlizas datos básicos*. Lima, Perú: Programa de Hortalizas Facultad de Agronomía Universidad Nacional Agraria LaMolina.
- Seminis (2012). *Brocoli Legacy*. Sudamerica S.A: Agronegocios
- Genésis. Seymour, J. (2014). *El cultivo de hortalizas*. Londres, Reino Unido: blume.
- SICA. (2004). SISTEMA DE INTEGRACION CENTROAMERICANA. *Antecedentes del brocoli*.
- Obtenido de

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/hortalizas/brocoli/> c

- Soncco, B. R. (2019). Rendimiento de cuatro híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). *Universidad nacional de San Agustín de Arequipa*. Facultad de Agronomía, Arequipa, Perú.
- Soto, J. (2016). Presentación 09: Evapotranspiración Hidrología. *9 evapotranspiración*. Universidad Continental, PERU. Obtenido de <https://es.slideshare.net/RibBrian/9- evapotranspiracion-67438987>
- Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (1988). *Los suelos y su fertilidad cuarta edición*. Barcelona, España: Reverté S. A.
- Toledo, J. (2003). *Cultivo de Brocoli*. Lima, Huaral, Peru: INIA. Estación Experimental Agraria Donoso - Huaral.
- Valadez, L. A. (1993). *Producción de hortalizas*. Mexico: Limusa.
- Valencia, A., Nolasco, R., & Cruz, C. (2014). Estudio sobre una plantación experimental de Brocoli. *Universidad autónoma de Chapingo*. Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Chapingo, Mexico.
- Vidal Martínez, L., Nuñez Escobar, R., Lazcano Ferrar, I., Etchevers Barra, J., & Carrillo Gonzales, R. (2006). Nutrición potásica del brocoli (*brassica oleracea*) con manejo convencional y fertirrigación en un vertisol en invernadero. *Agrociencia Colegio postgraduados Mexico*.
- Villalobos, R., Castellanos, R. J., Tijerina, C. L., & Crespo, P. G. (2005). *Coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli con riego por goteo*. Chapingo, Mexico: Terra

Latinoamericana.

Yepez, C. D. (2021). EFECTO DE BIOESTIMULANTES ORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE BRÓCOLI (BRASSICA OLERACEA VAR.ITALICA) POR FERTIRRIEGO EN CONDICIONES DE FITOTOLDO DEL CENTRO AGRONOMICO

K'AYRA. *Universidad Nacional de San Antonio Abab del cusco*. Facultas de CienciasAgrarias carrera profesional de Agronomía, Cusco, Perú.

Yepez, C. D. (2021). Efecto de bioestimulantes orgánicos en el rendimiento de dos variedades de brocoli (brassica oleracea var.Italica) por fertirriego en condiciones de fitotoldo del centro agronomico Káyra Cusco. *Universidad de san Antonio Abab del cusco*. Facultadde ciencias Agrarias Carrera proesional de Agronomía, Cusco, Perú.

Zegarra, P. M. (2019). Demanda hidrica de beterraga (Beta vulgaris L.) con riego por goteo enel centro Agronómico K'ayra. *Universidad Ncional de San Antonio Abab del Cusco*. Fcultad de Ciencias Agrarias Escuela profesional de Agronomía,

ANEXOS

Fotografía 12. *Remoción del terreno.*



Fotografía 13. *Trazado de terreno*



Fotografía 14. *Trasplante del cultivo de brócoli*



Fotografía 15. *Instalación del sistema de riego por goteo*



Fotografía 16. *Instalación de cintas de riego*



Fotografía 17. *Instalación de sistema para fertirriego*



Fotografía 18. Instrumentos de medición



Fotografía 19. *Deshierbe manual del cultivo*

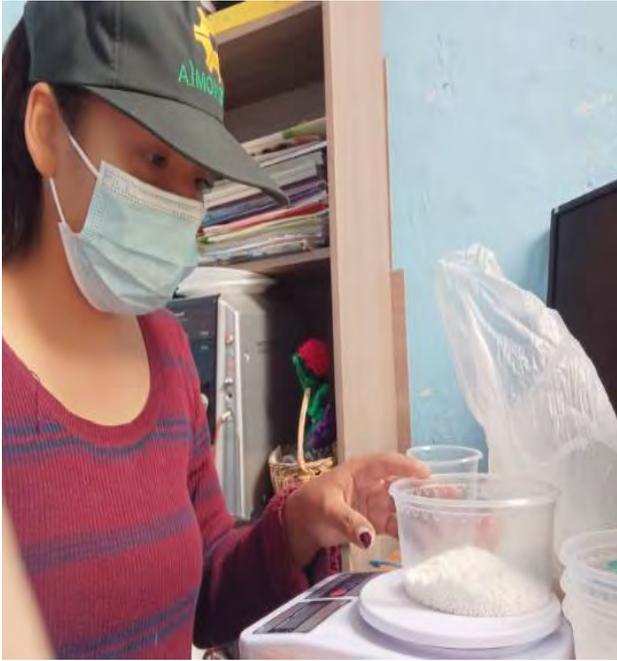


Fotografía 20. *Aporque del cultivo*



Fotografía 21. *Preparación de solución madre para fertirrigación*





Fotografía 22. Fertirrigación del cultivo de brócoli



Fotografía 23. *Control de plagas y enfermedades*



Fotografía 24. *Evaluación de las variables de crecimiento*





Fotografía 25. *Medición de diámetro y peso de pella*







MC QUIMICALAB

Dr. Ing. Gary Manuel Campa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
BUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

INFORME N° LD 0029-22 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE SUELO

SOLICITA :

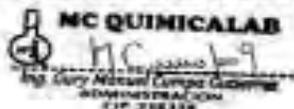
-Thalia Luchita Mosquera Orozco.
-Jehel Cecibel Cárdenas Collana.
-Ingrid Verónica Serrano Dueñas.

PROYECTO : Tesis-Agronomía. Parcela de investigación del GER
MUESTRA : M1: Potrero C2
DISTRITO : San Jerónimo
PROVINCIA : Cusco
DEPARTAMENTO : Cusco
FECHA DE INFORME : 26/01/22
RESULTADOS :

DETERMINACIONES	UNIDAD	M ₁
Humedad	%	19.5
Muestra seca		
Nitrogeno total	%	0.12
Fosforo disponible P ₂ O ₅	mg/100	2.4
Potasio disponible K ₂ O	mg/100	8
Materia orgánica	%	2.5
pH		7.5
Conductividad Eléctrica Saturada	µS/cm	960
Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)	meq/100	14
Textura(malla 2 mm)		
Arena	%	3
Arcilla	%	28
Limo	%	69
Clase textural		Franco Arcillo Limoso
Humedad equivalente (He)	%	17
Densidad aparente	g/cc	1.42
Densidad real	g/cc	2.2
Capacidad de campo (C.C.)	%	17.3
Punto de marchitez permanente (P.M.P.)	%	9.2

MÉTODOS DE ANÁLISIS: El trabajo de análisis de suelos se ha realizado bajo los métodos establecidos en los Manuales de Análisis Químico-Agrícola, Nigel T. Falthull, Institute of Rural Studies, University of Wales, UK 2005; que a su vez está basado en el Manual "The Analysis of Agricultural Materials, MAFF/ADAS.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.



MARIO CAMPA CAYURI
INGENIERO QUÍMICO
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 1118



MC QUIMICALAB

Dr. Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

INFORME N° LQ 0031-21

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA PARA RIEGO

SOLICITA

- Thalía Luchita Mosqueira Onofre,
- Jeibel Cecibel Cárdenas Ccollana,
- Ingrid Verioska Serrano Duañas.

PROYECTO

: Tesis-Agronomía, Parcela de investigación del GEIR.

MUESTRA

: M1: Potrero C2

DISTRITO

: San Jerónimo

PROVINCIA

: Cusco

DEPARTAMENTO

: Cusco

FECHA DE INFORME

: 25/01/21

RESULTADOS

DETERMINACIONES		UNIDAD	M _r
Dureza	CaCO ₃	ppm	400
Alcalinidad	HCO ₃	ppm	269.4
Acidez	CO ₂	ppm	42.9
Cloruros	Cl	ppm	99.4
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	ppm	150
pH			7.8
Conductividad Eléctrica		µS/cm	1020
RAS			1.4
Clase			C ₃ S ₁

METODO DE ANALISIS: Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF)

CONCLUSION: La muestra de agua se clasifica como C₃S₁ que significa salinización **alta** y alcalinización **baja** por consiguiente el agua requiere un manejo técnico para riego.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.



MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 18135

PLANILLA DE RIEGO DEL 2022

Provincia :		CUSCO			Ln para llegar a CC:		23.00		Area del terreno (ha)			176 M2		
Distrito :		SAN JERONIMO			Ln (minimo en suelo):		10.35							
Comunidad C. :		KAYRA			Eficiencia (%):		90.00%							
Sector :		potrero c			Fecha siembra:		23/1/2022							
FECHA	DDS	V (m/s)	HR %	Kp	Evapor. (mm)	ETo	Kc	ETc (mm)	Reposición de agua de riego			Consumo de agua		tiempo de riego minutos
									Pp (mm)	Nec. Netas (mm) riego necesari	Nec. Totales (mm) riego a aplicar	Ln (Inicial)	Descens o tolerable	
23/01/2022	1	0.83	85	0.75	1.10	0.83	0.15	0.12		0	0.00	23.00	22.9	0.00
24/01/2022	2	0.70	85	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11	18.75	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
25/01/2022	3	0.69	88	0.75	0.85	0.64	0.15	0.10	12	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
26/01/2022	4	1.49	86	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11		0.00	0.00	22.90	22.8	0.00
27/01/2022	5	0.58	85	0.75	1.10	0.83	0.15	0.12		0.00	0.00	22.80	22.7	0.00
28/01/2022	6	0.84	85	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11	15	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
29/01/2022	7	1.20	80	0.75	1.30	0.98	0.15	0.15		0.00	0.00	22.90	22.8	0.00
30/01/2022	8	0.85	80	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11	13	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
31/01/2022	9	1.28	83	0.75	1.30	0.98	0.15	0.15		0.00	0.00	22.90	22.8	0.00
01/02/2022	10	1.20	81	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11	18.75	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
02/02/2022	11	0.60	73	0.75	1.50	1.13	0.15	0.17		0.00	0.00	22.90	22.7	0.00
03/02/2022	12	1.20	84	0.75	0.95	0.71	0.15	0.11	14	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
04/02/2022	13	1.44	80	0.75	1.50	1.13	0.15	0.17		0.00	0.00	22.90	22.7	0.00
05/02/2022	14	1.50	72	0.75	1.30	0.98	0.15	0.15	15	0.00	0	23.00	22.9	0.00
06/02/2022	15	1.36	83	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11		0.00	0.00	22.90	22.8	0.00
07/02/2022	16	1.03	76	0.75	2.50	1.88	0.15	0.28		0.00	0.00	22.80	22.5	0.00
08/02/2022	17	0.94	76	0.75	0.90	0.68	0.15	0.10	26.25	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
09/02/2022	18	0.69	67	0.65	0.60	0.39	0.15	0.06	13	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
10/02/2022	19	0.55	70	0.65	0.95	0.62	0.15	0.09	13.5	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
11/02/2022	20	1.39	72	0.75	1.00	0.75	0.15	0.11	15	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
12/02/2022	21	2.50	84	0.65	1.00	0.65	0.15	0.10	0	0.00	0.00	22.90	22.8	0.00
13/02/2022	22	1.61	80	0.75	1.50	1.13	0.15	0.17		0.00	0.00	22.80	22.6	0.00
14/02/2022	23	0.83	70	0.65	1.00	0.65	0.18	0.12	18.75	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
15/02/2022	24	0.83	66	0.65	1.00	0.65	0.21	0.14	18.55	0.00	0.00	23.00	22.9	0.00
16/02/2022	25	0.61	81	0.75	1.00	0.75	0.24	0.18	17.75	0.00	0.00	23.00	22.8	0.00
17/02/2022	26	0.35	81	0.75	0.96	0.72	0.27	0.19	18.5	0.00	0.00	23.00	22.8	0.00
18/02/2022	27	0.44	52	0.65	1.50	0.98	0.30	0.29		0.00	0.00	22.80	22.5	0.00
19/02/2022	28	1.41	52	0.65	1.00	0.65	0.33	0.21	18.38	0.00	0.00	23.00	22.8	0.00

20/02/2022	29	1.38	44	0.65	6.80	4.42	0.36	1.59		0.00	0.00	22.80	21.2	0.00
21/02/2022	30	1.38	44	0.65	6.80	4.42	0.39	1.72		0.00	0.00	21.20	19.5	0.00
22/02/2022	31	0.28	54	0.65	5.60	3.64	0.42	1.53		0.00	0.00	19.50	18.0	0.00
23/02/2022	32	0.88	48	0.65	5.00	3.25	0.45	1.46		0.00	0.00	18.00	16.5	0.00
24/02/2022	33	0.45	50	0.65	7.00	4.55	0.48	2.18		0.00	0.00	16.50	14.3	0.00
25/02/2022	34	0.27	51	0.65	6.00	3.90	0.51	1.99		8.70	9.66	23.00	21.0	68.19
26/02/2022	35	0.41	45	0.65	6.50	4.23	0.54	2.28		0.00	0.00	21.00	18.7	0.00
27/02/2022	36	0.61	81	0.75	1.00	0.75	0.57	0.43		0.00	0.00	18.70	18.3	0.00
28/02/2022	37	1.19	48	0.65	5.60	3.64	0.60	2.18		0.00	0.00	18.30	16.1	0.00
01/03/2022	38	1.69	52	0.65	4.30	2.80	0.63	1.76		0.00	0.00	16.10	14.3	0.00
02/03/2022	39	0.69	40	0.65	6.00	3.90	0.66	2.57		0.00	0.00	23.00	20.4	0.00
03/03/2022	40	1.05	39	0.55	6.20	3.41	0.69	2.35		0.00	0.00	23.00	20.6	0.00
04/03/2022	41	1.23	64	0.65	0.85	0.55	0.72	0.40	19.5	0.00	0.00	20.60	20.2	0.00
05/03/2022	42	1.36	54	0.65	0.60	0.39	0.75	0.29	29.25	0.00	0.00	23.00	22.7	0.00
06/03/2022	43	1.56	51	0.65	3.10	2.02	0.78	1.57		0.00	0.00	22.70	21.1	0.00
07/03/2022	44	1.19	57	0.65	1.00	0.65	0.81	0.53	58.5	0.00	0.00	23.00	22.5	0.00
08/03/2022	45	0.83	70	0.65	1.00	0.65	0.84	0.55	56.25	0.00	0.00	23.00	22.5	0.00
09/03/2022	46	1.36	67	0.65	1.20	0.78	0.87	0.68		0.00	0.00	22.50	21.8	0.00
10/03/2022	47	0.94	57	0.65	7.00	4.55	0.90	4.10		0.00	0.00	21.80	17.7	0.00
11/03/2022	48	0.83	51	0.65	1.00	0.65	0.93	0.60	18	0.00	0.00	23.00	22.4	0.00
12/03/2022	49	1.08	62	0.65	0.85	0.55	0.94	0.52	18.75	0.00	0.00	23.00	22.5	0.00
13/03/2022	50	1.32	77	0.75	3.40	2.55	0.95	2.42		0.00	0.00	22.50	20.1	0.00
14/03/2022	51	1.38	55	0.65	2.00	1.30	0.95	1.24	37.5	0.00	0.00	23.00	21.8	0.00
15/03/2022	52	0.58	48	0.65	1.00	0.65	0.95	0.62	37.5	0.00	0.00	23.00	22.4	0.00
16/03/2022	53	2.73	37	0.50	1.00	0.50	0.95	0.48	18.75	0.00	0.00	23.00	22.5	0.00
17/03/2022	54	1.02	40	0.65	6.70	4.36	0.95	4.14		0.00	0.00	22.50	18.4	0.00
18/03/2022	55	1.58	64	0.65	2.20	1.43	0.95	1.36		0.00	0.00	18.40	17.0	0.00
19/03/2022	56	1.25	54	0.65	1.90	1.24	0.95	1.17		0.00	0.00	17.00	15.8	0.00
20/03/2022	57	0.83	87	0.75	1.10	0.83	0.95	0.78	19.5	0.00	0.00	23.00	22.2	0.00
21/03/2022	58	0.72	48	0.65	1.00	0.65	0.95	0.62	17.25	0.00	0.00	23.00	22.4	0.00
22/03/2022	59	2.80	64	0.60	1.97	1.18	0.95	1.12		0.00	0.00	22.40	21.3	0.00
23/03/2022	60	1.28	41	0.65	1.30	0.85	0.95	0.80		0.00	0.00	21.30	20.5	0.00

24/03/2022	61	1.08	48	0.65	1.00	0.65	0.95	0.62	15	0.00	0.00	23.00	22.4	0.00
25/03/2022	62	1.47	47	0.65	1.20	0.78	0.95	0.74		0.00	0.00	22.40	21.7	0.00
26/03/2022	63	0.50	49	0.65	3.90	2.54	0.95	2.41		0.00	0.00	21.70	19.3	0.00
27/03/2022	64	0.75	76	0.75	1.00	0.75	0.95	0.71		0.00	0.00	19.30	18.6	0.00
28/03/2022	65	0.85	44	0.65	1.50	0.98	0.95	0.93	15	0.00	0.00	23.00	22.1	0.00
29/03/2022	66	0.50	45	0.65	3.10	2.02	0.95	1.91		0.00	0.00	22.10	20.2	0.00
30/03/2022	67	0.28	48	0.65	0.95	0.62	0.95	0.59	17.55	0.00	0.00	23.00	22.4	0.00
31/03/2022	68	0.97	41	0.65	1.00	0.65	0.95	0.62	18.65	0.00	0.00	23.00	22.4	0.00
01/04/2022	69	1.08	54	0.65	2.60	1.69	0.95	1.61		0.00	0.00	22.40	20.8	0.00
02/04/2022	70	1.19	51	0.65	3.60	2.34	0.95	2.22		0.00	0.00	20.80	18.6	0.00
03/04/2022	71	1.44	47	0.65	1.50	0.98	0.95	0.93		0.00	0.00	18.60	17.7	0.00
04/04/2022	72	0.83	49	0.65	4.70	3.06	0.95	2.90		0.00	0.00	17.70	14.8	0.00
05/04/2022	73	2.16	40	0.60	2.10	1.26	0.95	1.20		8.20	9.11	23.00	21.8	64.31
06/04/2022	74	2.38	42	0.60	3.40	2.04	0.95	1.94		0.00	0.00	21.80	19.9	0.00
07/04/2022	75	2.30	55	0.60	2.60	1.56	0.95	1.48		0.00	0.00	19.90	18.4	0.00
08/04/2022	76	0.88	76	0.75	4.80	3.60	0.95	3.42		0.00	0.00	18.40	15.0	0.00
09/04/2022	77	0.94	54	0.65	2.00	1.30	0.95	1.24		8.00	8.89	23.00	21.8	62.75
10/04/2022	78	2.66	57	0.60	5.50	3.30	0.95	3.14		0.00	0.00	21.80	18.7	0.00
11/04/2022	79	2.94	48	0.60	1.90	1.14	0.94	1.07		0.00	0.00	18.70	17.6	0.00
12/04/2022	80	1.08	30	0.55	4.00	2.20	0.94	2.07		0.00	0.00	17.60	15.5	0.00
13/04/2022	81	1.30	30	0.55	3.60	1.98	0.94	1.86		7.50	8.33	23.00	21.1	58.82
14/04/2022	82	1.42	39	0.55	4.50	2.48	0.93	2.30		0.00	0.00	21.10	18.8	0.00
15/04/2022	83	1.24	42	0.65	5.50	3.58	0.93	3.31		0.00	0.00	18.80	15.5	0.00
16/04/2022	84	0.97	30	0.55	4.00	2.20	0.93	2.05		0.00	0.00	23.00	21.0	0.00
17/04/2022	85	1.58	56	0.65	4.50	2.93	0.92	2.68		0.00	0.00	21.00	18.3	0.00
18/04/2022	86	1.19	48	0.65	5.10	3.32	0.92	3.05		0.00	0.00	18.30	15.3	0.00
19/04/2022	87	2.00	32	0.50	6.00	3.00	0.91	2.73		0.00	0.00	15.30	12.6	0.00
20/04/2022	88	1.20	46	0.65	7.00	4.55	0.91	4.12		10.40	11.56	23.00	18.9	81.57
21/04/2022	89	0.37	49	0.65	6.30	4.10	0.90	3.69		0.00	0.00	18.90	15.2	0.00
22/04/2022	90	1.47	35	0.55	2.00	1.10	0.90	0.99		0.00	0.00	15.20	14.2	0.00
23/04/2022	91	1.50	47	0.65	4.20	2.73	0.89	2.44		8.80	9.78	23.00	20.6	69.02
24/04/2022	92	1.03	39	0.55	1.90	1.05	0.89	0.93		0.00	0.00	20.60	19.7	0.00
25/04/2022	93	0.75	41	0.65	7.00	4.55	0.88	4.00		0.00	0.00	19.70	15.7	0.00
26/04/2022	94	1.53	71	0.75	3.50	2.63	0.88	2.31		0.00	0.00	15.70	13.4	0.00
27/04/2022	95	1.80	38	0.55	6.50	3.58	0.87	3.11		9.60	10.67	23.00	19.9	75.29
28/04/2022	96	2.19	57	0.60	2.80	1.68	0.87	1.47		0.00	0.00	19.90	18.4	0.00
29/04/2022	97	1.27	47	0.65	3.00	1.95	0.86	1.68		0.00	0.00	18.40	16.7	0.00
30/04/2022	98	1.80	37	0.55	6.00	3.30	0.86	2.84		0.00	0.00	16.70	13.9	0.00
01/05/2022	99	1.20	34	0.55	3.50	1.93	0.85	1.64		9.10	10.11	23.00	21.4	71.37
02/05/2022	100	1.75	54	0.65	6.80	4.42	0.85	3.76		0.00	0.00	21.40	17.6	0.00
								132.65	663.13	70.30	78.10			