

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“RENDIMIENTO Y CALIDAD DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var.
italica) cv. Imperial EMPLEANDO CUATRO DENSIDADES DE
SIEMBRA EN EL VALLE CHILLÓN”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

AQUILINO HÉCTOR GASPAR RÍOS

LIMA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

“RENDIMIENTO Y CALIDAD DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var.
italica) cv. Imperial EMPLEANDO CUATRO DENSIDADES DE
SIEMBRA EN EL VALLE CHILLÓN”

AQUILINO HÉCTOR GASPAR RÍOS

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez
PRESIDENTE

.....
M. S. Andrés Casas Díaz
ASESOR

.....
Mg. Sc. Sarita Moreno Llacza
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Melchor Jaulis Cancho
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis abuelos

A mis padres Héctor y María Victoria

A mis maestros, aquellos que partieron a mejor vida y a quienes aún nos acompañan, luchando cada día por dejarnos lo mejor en sus enseñanzas.

ミネコ先生ありがとうございます。

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su apoyo incondicional y sus enseñanzas de vida.

A mis maestros por todas sus enseñanzas y paciencia en las aulas.

A mi asesor, Ing. Mg. Sc. Andrés Casas por su apoyo en todo momento.

A mi querida UNALM lugar donde conocí a los mejores amigos quienes me animaron en los peores momentos.

A mis queridos colegas agricultores del valle chillón por sus enseñanzas en campo.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Origen y generalidades del cultivo de brócoli.....	3
2.1.1 Origen.....	3
2.2 Clasificación taxonómica	3
2.2.1 Taxonomía.....	3
2.3 Características morfológicas	4
2.3.1 Inflorescencia	4
2.3.2 Flores y frutos.....	4
2.4 Fenología del cultivo.....	4
2.5 Requerimientos edafoclimáticos	5
2.5.1 Clima	5
2.5.2 Suelo.....	6
2.5.3 Agua	6
2.6 Cultivar.....	6
2.6.1 Brócoli (<i>Brassica oleracea var. italica</i>) cv. Imperial.....	6
2.7 Importancia del cultivo.....	7
2.8 Efecto de la densidad de siembra	7
III. METODOLOGÍA	9
3.1 Ubicación	9
3.2 Características del suelo	9
3.3 Clima	10
3.4 Cultivo.....	11
3.5 Materiales de campo.....	11
3.6 Procedimientos	11
3.6.1 Preparación del terreno.....	11
3.6.2 Almacigado	12
3.6.3 Trasplante	12
3.6.4 Riego	12
3.6.5 Desmalezado	12
3.6.6 Fertilización.....	12
3.6.7 Control fitosanitario	12
3.6.8 Cosecha	13
3.7 Tratamientos.....	13
3.8 Diseño experimental.....	13

3.9	Características del campo experimental	16
3.10	Características evaluadas.....	17
3.10.1	Rendimiento de inflorescencias.....	17
3.10.2	Calidad de inflorescencias.....	17
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	18
4.1	Rendimiento	18
4.2	Calidad	20
V.	CONCLUSIONES.....	26
VI.	RECOMENDACIONES.....	27
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	28
VIII.	ANEXOS.....	32

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica del Brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck)	3
Tabla 2: Codificación BBCH de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>)	5
Tabla 3. Análisis de caracterización físico-química del suelo.....	9
Tabla 4. Datos de temperatura y humedad relativa	10
Tabla 5. Densidades de siembras evaluadas	13
Tabla 6. Distribución DBCA	14
Tabla 7. Densidad de siembra y Rendimiento de brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>) cv. Imperial.....	19
Tabla 8. Densidad de siembra y Peso fresco de brócoli (<i>B. oleracea</i> var <i>italica</i>) cv. Imperial.....	21
Tabla 9. Densidad de plantas y diámetro de inflorescencia de brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>) cv Imperial	22
Tabla 10. Densidad de siembra y altura de planta en brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>) cv. Imperial.....	23
Tabla 11. Densidad de plantas y diámetro de pedúnculo en brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>) cv. Imperial	35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución espacial de las parcelas y tratamientos del cultivo de brócoli cv. Imperial.....	15
Figura 2. Rendimiento total empleando cuatro densidades de siembra en brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>) cv. Imperial bajo condiciones del valle del Chillón.....	19
Figura 3. Peso promedio de inflorescencia en brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>) cv. Imperial empleando cuatro densidades bajo las condiciones del valle del Chillón.	21
Figura 4. Diámetro de inflorescencias en brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra bajo las condiciones del valle del Chillón.....	23
Figura 5. Altura de plantas en brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra bajo condiciones del Valle del Chillón.....	24
Figura 6. Diámetro de pedúnculo de la inflorescencia a la cosecha en brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra bajo las condiciones del Valle del Chillón.....	25

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cronograma de actividades en Brócoli (<i>B. oleracea</i> var <i>italica</i>) cv. Imperial. Carabayllo, 2020.....	32
Anexo 2: Datos meteorológicos. Carabayllo. Julio – Setiembre. 2020.....	33
Anexo 3: Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento total (plantas/ha)	36
Anexo 4: Análisis de varianza (ANOVA) para el peso fresco de inflorescencias (gr)	36
Anexo 5: Análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro de la inflorescencia (cm)	37
Anexo 6: Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta cosechadas (cm)	37
Anexo 7: Análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro de pedúnculo (mm)	38
Anexo 8: Imágenes del proyecto.	38

RESUMEN

Una densidad de siembra no adecuada para un cultivo puede resultar en un rendimiento menor, esto debido a la competencia interespecífica e intraespecífica por espacio, luz, nutrientes y agua. En el Perú el cultivo de brócoli se ha incrementado en los últimos años, pues su demanda se basa en las propiedades beneficiosas en la salud las cuales están descritas en investigaciones realizadas. Uno de los valles que produce esta hortaliza es el Valle Chillón donde no se encontraron estudios sobre la relación entre la densidad de siembra y el rendimiento, así como calidad del brócoli. Con el objetivo de evaluar la relación entre la densidad de siembra respecto al rendimiento y calidad del brócoli cv. Imperial, se instaló el área experimental en el mes de junio hasta setiembre del 2020 en el Valle Chillón ubicado en Punchauca, distrito de Carabayllo. El diseño experimental usado fue Diseño en Bloques Completamente al Azar con cuatro repeticiones. Los distanciamientos evaluados fueron 0.3x0.8, 0.4x0.8, 0.5x0.8 y 0.6x0.8 metros entre plantas para dar densidades de siembra de 41667, 31250, 25000 y 20833 plantas /ha. Se evaluaron características de rendimiento y calidad del cultivo: peso fresco, diámetro de pella, altura y diámetro del pedúnculo. Los resultados evidenciaron un mejor rendimiento en mayores densidades de plantas, mientras que las mejores características de calidad son mayores cuando la densidad de plantas es menor. Concluyendo que le brócoli cv. Imperial, bajo las condiciones evaluadas, tendrá un mejor rendimiento a una densidad de 41667 y mejor calidad a una densidad de siembra de 20833 plantas/ha.

Palabras clave: densidad de siembra; brócoli; inflorescencia; rendimiento

ABSTRACT

A plant density that is not suitable for a crop can result in a lower yield, this due to interspecific and intraspecific competition for space, light, nutrients and water. In Peru, the cultivation of broccoli has increased in recent years, as its demand is based on beneficial health properties which are described in research. One of the valleys that produces this vegetable is the Chillón Valley where no studies were found on the relationship between planting density and yield, as well as broccoli quality. In order to evaluate the relationship between the sowing density with respect to the yield and quality of broccoli cv. Imperial, the experimental area was installed from June to September 2020 in the Chillón Valley located in Punchauca, Carabayllo District. The experimental design used was Completely Random Block Design with four replications. The distances evaluated were 0.3x0.8, 0.4x0.8, 0.5x0.8 and 0.6x0.8 meters between plants to give planting densities of 41667, 31250, 25000 and 20833 plants / ha. Performance characteristics and quality of the culture were evaluated: fresh weight, pellet diameter, height and peduncle diameter. The results showed a better performance in higher plant densities, while the best quality characteristics are higher when the plant density is lower. Concluding that broccoli cv. Imperial, under the evaluated conditions, will have a better yield at a density of 41,667 and quality at a planting density of 20,833 plants / ha.

Key word: plantation space; broccoli; inflorescence; yield

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la demanda y consumo de brócoli, tanto fresco como procesado presentó un incremento a nivel mundial, siendo los mercados más importantes Estados Unidos, Canadá, Japón y algunos países de Europa. Esto debido a la preocupación por una alimentación más sana y los beneficios para la salud que nos provee. (García, 2018).

En América latina los países productores de esta hortaliza son Brasil y Ecuador como principales proveedores, seguidos por Perú, Chile y Argentina, responsables del 10% de la producción mundial (Sakata, 2017).

En Perú, en los últimos 19 años, la producción nacional de brócoli presentó un incremento, llegando a producir 56,039 toneladas para el año 2019 (la máxima producción en los últimos 19 años), resultado del incremento de áreas de siembra, iniciando el año 2000 con 670 ha. llegando al año 2019 con 4162 ha. en total; y un rendimiento de 13.5 tn/ha. Siendo las más representativas Lima, La libertad y Arequipa como productoras de brócoli. (MINAGRI, 2021).

En la actualidad los agricultores en el valle Chillón realizan prácticas agrícolas incorrectas, entre estas tenemos: el exceso de dosis de pesticidas para obtener un “rápido efecto” para controlar las plagas y enfermedades, el no utilizar los equipos de protección o la aplicación de insecticidas con la idea de “prevenir” el ataque de las plagas, la falta de planificación de cultivos, entre otros. Por otro lado, no se toman análisis de suelos por falta de asesoramiento o por la demora en la entrega de los resultados. Se puede definir como una falta de atención a uno de los valles importantes cercano a los principales mercados de Lima. Como resultado tenemos los fracasos en las cosechas y los precios bajos.

Un aspecto crítico en la producción de brócoli, así como otras hortalizas, es la falta de conocimiento o información actualizada del agricultor respecto a la forma de cultivar, ocasionando bajos rendimientos y mala calidad del brócoli (Moreno, 2018). La densidad de

siembra es un factor importante en el logro de máximos rendimientos no solo en cantidad si no en calidad lo que contribuye a una adecuada rentabilidad para el agricultor.

Por la importancia comercial y la tendencia al crecimiento en el mercado del brócoli, necesitamos un desarrollo adecuado del cultivo, para la obtención de buen rendimiento y calidad del producto con el fin de cumplir con las demandas del mercado y reducir las pérdidas. La falta de actualización e investigación en la forma de cultivar el brócoli puede traer pérdidas, baja calidad y mayores costos de producción.

El objetivo de la tesis realizada fue evaluar el efecto en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cv. Imperial bajo cuatro diferentes densidades de siembra en el valle Chillón.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y generalidades del cultivo de brócoli

2.1.1 Origen

El brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) es una hortaliza que se originó en las costas del mediterráneo y Asia menor, pertenece la familia de Brassicaceae, palabra que proviene del latín *Brachium* haciendo referencia a los brotes. El cultivo de brócoli data del siglo XVI A.C, la diversificación por el mundo es atribuido a los comerciantes y navegantes del mediterráneo, así como los intercambios culturales que se dieron durante la expansión y consolidación de las culturas del mediterráneo (Grecia, Roma, entre otras) (Gray, 1982).

En Perú, desde que fue introducido el brócoli, el consumo de esta hortaliza ha sido limitado en el mercado limeño debido a las pocas áreas de siembra. A partir del año 1990 fue incrementando el cultivo y la producción de brócoli en la costa central, a la par del crecimiento de la agroindustria de exportación de congelados (Toledo, 2003).

2.2 Clasificación taxonómica

2.2.1 Taxonomía

La United States Department of Agriculture (USDA,2020) propone la siguiente jerarquía taxonómica.

Tabla 1: Clasificación taxonómica del Brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Capparales
Familia	Brassicaceae/ Cruciferae
Genero	<i>Brassica</i> L.
Especie	<i>Brassica oleracea</i> L.
Variedad	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck

FUENTE: USDA (United States Department of Agriculture), 2020

2.3 Características morfológicas

El brócoli es una planta herbácea que presenta una raíz principal pivotante con raíces secundarias cuya mayor concentración esta entre los 20 a 30 cm de profundidad. El tallo principal es grueso, presenta entrenudos cortos donde se insertan hojas grandes de 25 a 40 cm de longitud. Las hojas son lobuladas y el peciolo largo con cutícula cerosa en el haz haciéndola impermeable. Además los bordes son rizados y lisos, de color verde oscuro a violeta azulado dependiendo de la variedad (Jaramillo et al., 2016; Large & Quintero, 1999; Toledo, 2003).

2.3.1 Inflorescencia

La parte comestible y comercial de la planta es la inflorescencia, de tipo corimbo, conformado por numerosas flores la cual se colectan en estado inmaduro. En nuestro medio, esta inflorescencia es conocida como “cabeza”, es compacta y firme, que pueden alcanzar hasta 30 cm de diámetro, forman brotes laterales con inflorescencias que llegan a un tamaño de 10 cm. Asimismo suelen ser de color verde oscuro o violeta dependiendo de la variedad (Jaramillo et al., 2016; Large & Quintero, 1999; Toledo, 2003).

2.3.2 Flores y frutos

Sus flores son perfectas y actinomorfas con 4 pétalos libres dispuestas en forma de cruz, de color amarillo. Son de polinización cruzada (entomófilas), por presentar autoincompatibilidad. El fruto es de tipo silicua dehiscentes en la maduración, de forma redonda, pequeñas y de color marrón a rojizo con semillas de forma achatadas (Jaramillo et al., 2016; Large & Quintero, 1999; Toledo, 2003).

2.4 Fenología del cultivo

El desarrollo fenológico del brócoli presenta 10 estadios, iniciando con la germinación y finalizando en la madurez y senescencia. Para nuestro experimento presentaremos solo 3 estadios hasta cosecha. Esta fue adaptada según la codificación fisiológica BBCH (*Meier et al., 2001*).

Tabla 2: Codificación BBCH de brócoli (*Brassica oleracea var italica*)

Código	Descripción
Estadio	Principal de crecimiento 0. Germinación
00	Semilla seca
01	Inicio de imbibición de la semilla
03	Imbibición de la semilla completa
05	Emergencia de la radícula.
07	Hipocótilos y cotiledones atraviesan el tegumento seminal.
09	Emergencia: los cotiledones rompen la superficie del suelo.
Estadio	Principal de crecimiento 1. Desarrollo de hojas (tallo principal)
10	Cotiledones completamente abiertos; punto de crecimiento de las primeras hojas verdaderas visibles.
11	Formación de la primera hoja verdadera
12	Formación de la segunda hoja verdadera
13	Formación de la tercera hoja verdadera
1...	Estado continuo hasta...
19	Formación de la novena a más hojas verdaderas
Estadio	Principal de crecimiento 2. Formación de brotes laterales
21	Primer brote lateral visible.
22	Segundo brote lateral visible
23	Tercer brote lateral visible.
2...	Estado continuo hasta...
29	Noveno a más brotes laterales visibles

FUENTE: *Meier et al., 2001*

Cada etapa de desarrollo estará afectada por el material genético que utilizemos, pueden ser variedades tempranas, tardías o precoces.

2.5 Requerimientos edafoclimáticos

2.5.1 Clima

El brócoli es una hortaliza de climas templados y fríos, con una temperatura de desarrollo óptima entre 15 a 18°C. Presenta un límite inferior de -2 a 5°C para su crecimiento sin formación de inflorescencia, en caso contrario, sería dañada por temperaturas bajas. Temperaturas mayores a 24°C afecta la calidad del producto debido a la pérdida en la compactación de la cabeza, abertura de la inflorescencia y aceleración de la senescencia; sin

embargo existen cultivares capaces de desarrollar en condiciones de verano en costa central, es decir existen cultivares que no requieren de frio para el desarrollo de la inflorescencia (Moreno, 2018; Toledo, 2003).

2.5.2 Suelo

Los suelos adecuados para el brócoli son suelos fértiles, de textura media, profundos, con buen drenaje. Es conveniente que el suelo posea una adecuada capacidad de retención de agua y buen nivel de materia orgánica. Otras características importantes son pH neutro y la ausencia de salinidad (Toledo, 2003).

2.5.3 Agua

El brócoli es susceptible a deshidratación, con dificultad para su recuperación, especialmente en el periodo cuando alcanza la tasa más alta de crecimiento. La presencia de altos niveles de salinidad o toxicidad en el agua de riego afecta potencialmente al cultivo (Moreno, 2018).

2.6 Cultivar

Un aspecto importante en el cultivo de brócoli es la elección del cultivar. Se debe considerar el uso del cultivo, rendimiento, precocidad, época de siembra y cosecha, densidad de siembra, características de la cabeza, tolerancia a enfermedades y plagas, requerimientos del mercado, etc. (De Chavez, 2016; Toledo, 2003).

Por ello las casas comerciales se orientan a mejorar la calidad, homogeneidad, resistencia a plagas y enfermedades, rendimiento y adaptación al ambiente. Las limitaciones para el uso de los nuevos cultivares se dan por los altos costos de las semillas, el nivel tecnológico utilizado para el manejo del cultivo y los gastos de producción (Toledo, 2003).

2.6.1 Brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) cv. Imperial

Es una planta de habito de crecimiento erecto, cabeza o pella única, tamaño mediano y grano fino a medio, color verde azulado. Se adapta a zonas intermedias y calientes en condiciones de días largos de calor moderado. La distancia de siembra es de 0.7 x 0.25 a 0.40m, lo cual permite utilizar más plantas por área, inicio de cosecha a los 80 días después del trasplante, ideal para el mercado fresco y para industria debido a que presenta una mejor postcosecha (Sakata, citado por Otárola, 2018).

2.7 Importancia del cultivo

La principal importancia en el cultivo de brócoli radica en su contenido nutricional. Estudios realizados indican que este cultivo presenta propiedades beneficiosas para la salud, por ser rico en proteínas, minerales como calcio, fósforo y hierro principalmente; compuestos azufrados y vitaminas tales como la provitamina A(beta-caroteno), vitamina C (ácido ascórbico) y vitamina E(tocoferol); así como propiedades antioxidantes que pueden prevenir enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, neurológicas y oculares (Lozano et al., 2019).

En Perú, en los últimos 19 años, la producción nacional de brócoli presentó un incremento, llegando a producir 56,039 toneladas para el año 2019 (la máxima producción en los últimos 19 años), resultado del incremento de áreas de siembra, iniciando el año 2000 con 670 ha. llegando al año 2019 con 4162 ha en total; y un rendimiento de 13.5 tn/ha. Siendo las más representativas Lima, seguido por La Libertad y Arequipa (MINAGRI,2021).

2.8 Efecto de la densidad de siembra

Según Chung citado por De Chávez (2016) una alta densidad de plantación en el cultivo de brócoli está relacionado con la reducción del tamaño y peso de la inflorescencia, y un menor desarrollo de brotes secundarios. Por ello, para la elección de la distancia entre plantas se tendrá un menor peso de inflorescencia, pero mayor producción y por lo tanto mayor rendimiento por hectárea. Se tendrá mayor peso y tamaño de cabezas o pellas cuanto mayor sea la distancia de siembra (Jaramillo et al., 2016).

Sin embargo, para Maroto et al. citado por De Chávez (2016) indica que para una misma variedad de brócoli cultivada en estaciones primaverales o de principios de otoño, en donde la temperatura y/o iluminación son adecuados para el desarrollo de la planta. Sin embargo, el tamaño de la inflorescencia suele ser más grande que en los ciclos invernales.

Por ello el distanciamiento y la densidad de plantas depende del cultivar, la época de siembra, fertilización, riego, el mercado destino y los problemas bióticos y abióticos. En nuestro medio el cultivo de brócoli se conduce con densidades de 28000 a más de 50 000 plantas por hectárea (Toledo, 2003).

Según Elizondo & Boschini(2006) los mayores rendimientos de maíz para forraje se debe tanto a la calidad como a la cantidad. Por lo tanto, es indispensable que se aumente la densidad de siembra, y se estimule una mayor relación hoja: tallo. Ya que bajo esta situación el tallo pierde grosor y existe una alta competencia lumínica entre plantas. De la misma manera Choque (2011) encontró que el diámetro del tallo en cultivo de brócoli fue influenciado por la densidad, así mismo el diámetro de la inflorescencia fue mayor a una densidad menor.

Según Rojas et al. citado por Torres (2016) todos los cultivos requieren una densidad optima, determinada por el área necesaria para un adecuado desarrollo de las plantas. Si esta área no es suficiente, ocurre la competencia entre ellas por nutrientes, luz y agua. Para Lozano et al. (2019) el peso de las cabezas de brócoli cosechadas fue mayor cuando se hizo un trasplante a 30 cm; independientemente del híbrido.

III. METODOLOGÍA

3.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado Punchauca, perteneciente al departamento de Lima, distrito de Carabayllo, ubicado en la carretera Canta-Santa rosa de Quives. Representado por las siguientes coordenadas geográficas.

Latitud Sur	11°50'23.3''
Latitud Oeste	77°00'16.6''
Altitud	547.7 m s n m

3.2 Características del suelo

El análisis de caracterización físico-química de suelo (Tabla 3) fue realizado con muestras aleatorias tomadas dentro del campo, luego fueron enviadas al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Tabla 3. Análisis de caracterización físico-química del suelo

Características	Resultado	Interpretación
Análisis Mecánico		
Arena (%)	48	
Limo (%)	34	
Arcilla (%)	18	
Clase textural	Fr.	
pH (1:1)	7.6	Ligeramente alcalino
C.E(1:1) (dS/m ⁻¹)	0.8	Ligeramente salino
CaCO ₃ (%)	0.7	Bajo
M.O. (%)	6.52	Alta
P disponible(ppm)	76.7	
K disponible(ppm)	394	
CIC (meq/100gr)	16	
Cationes Cambiables		
Ca ⁺²	10.46	
Mg ⁺²	4.13	
K ⁺	1.21	
Na ⁺	0.19	

FUENTE: Laboratorio de análisis de suelos Plantas Aguas y Fertilizantes (LASPAF) – UNALM. 2020

El análisis realizado nos indica que estamos en un suelo de textura franca cuyas características proporcionan una capacidad de retención y humedad adecuada, además contiene un alto porcentaje de materia orgánica lo cual mejora las características del suelo tanto en oxigenación como retención de humedad y mejora la asimilación de nutrientes encontrados en el suelo.

Las características químicas nos indica un suelo con una conductividad eléctrica (C.E) de 0.8 dS/m, señalando que es un suelo ligeramente salino, un pH de 7.6, ligeramente alcalino y el contenido de materia orgánica de 6.53% lo cual es adecuado para un buen desarrollo de la planta.

3.3 Clima

La toma de datos de temperatura y humedad relativa fueron registrados en el periodo de desarrollo del cultivo hasta el momento de la cosecha, estos fueron obtenidos de la estación Carabayllo - SENAMHI. En la tabla 4 se observa el resumen de los registros. La temperatura promedio máxima y mínima durante el desarrollo del experimento fue de 17.40 y 15.61°C respectivamente. Los datos de humedad relativa oscilaron entre el 83.39% y 99.7%. Los datos diarios se observan en el Anexo 1.

Según Moreno (2018) y Toledo (2003); la temperatura adecuada para un desarrollo óptimo del cultivo se encuentra entre los 15 y 18 °C, resultando las temperaturas mínimas y máxima en el rango de temperatura óptimo (Tabla 4).

Tabla 4. Datos de temperatura y humedad relativa

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)
	Mínima	Máxima	Promedio	
Junio	14.80	22.40	18.60	98.70
Julio	12.90	21.10	17.00	99.70
Agosto	12.50	21.40	16.95	84.79
Setiembre	12.70	22.30	17.50	83.39

Fuente: Estación meteorológica Carabayllo-SENAMHI. 2020.

3.4 Cultivo

El trabajo experimental ejecutado tuvo como material de experimentación el cultivo de brócoli, el cual fue adquirido en forma de almacigo. El brócoli cv. Imperial pertenece a la casa comercial Sakata, indicando que es un híbrido de madurez intermedia. Con una cabeza de forma de domo alto de color atractivo verde-azulado. El grano de la pella o cabeza es pequeño y uniforme, ideal para temporadas de transición en la primavera como en el otoño. Este cultivar no desarrolla brotes secundarios en la planta. La maduración es uniforme lo que facilita la cosecha. (Sakata, 2010).

3.5 Materiales de campo

- Semillas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cv.Imperial
- Bandeja de siembra
- Fertilizantes
- Insecticidas
- Navaja o cuchilla para cosecha
- Jabas
- Equipo de aplicación (mochila Jacto manual)
- Bolsas de papel
- Cuaderno de apuntes
- Cámara fotográfica
- Balanza de precisión
- Vernier digital
- Cinta métrica

3.6 Procedimientos

3.6.1 Preparación del terreno

Se inició con la limpieza y preparación de campo, para esto se dio vuelta al campo utilizando el arado de disco, para eliminar terrones y rastros se pasó un disco de gradas y rastra para la nivelación del campo y poder finalmente realizar el surcado del campo.

3.6.2 Almacigado

El material utilizado fue almacigo de brócoli cv. Imperial con 30 días de sembrado, estos plantines fueron adquiridos con tres a cuatro hojas verdaderas en bandejas de 11x22 orificios, lista para su trasplante a las parcelas experimentales.

3.6.3 Trasplante

El trasplante a campo definitivo se realizó el 10 de julio del 2020, cuya distribución se observa en la figura 1, este fue distribuido a densidades de 0.3m, 0.4m, 0.5m y 0.6m entre plantas y 0.8m de distancia entre surcos. Para ello los plantines deben presentar una altura de 12 a 15 cm y tres a cuatro hojas verdaderas.

3.6.4 Riego

El primer riego fue realizado dos días antes del trasplante con el objetivo de mantener el suelo a capacidad de campo. Los riegos posteriores fueron realizados cada 2 semanas para mantener la humedad adecuada en el suelo y las raíces del cultivo.

3.6.5 Desmalezado

El desmalezado se realizó de forma manual, al ser los plantines de mayor tamaño en comparación a la maleza. Al momento del aporque se enterró las malezas que crecían a lado del cultivo en estudio.

3.6.6 Fertilización

Se realizó solo una fertilización al momento del cambio de surco, aplicando nitrato de amonio 300 kg/ha, esto debido a la concentración de fosfato y cloruro encontrados en el análisis de suelo, la mayoría de agricultores en la zona utilizan este fertilizante como fuente de nitrógeno. Con ello se procuró mayor formación de hojas para un buen almacenamiento de fotosintatos.

3.6.7 Control fitosanitario

El monitoreo del cultivo se realizó cada dos semanas determinando la presencia de plagas y enfermedades durante del desarrollo del cultivo. Entre las plagas se observó presencia del pulgón (*Brevicorine brassicae*) afectando las hojas viejas y a *Plutella xylostella* perforando

y dañando hojas jóvenes y viejas, para lo cual se realizó aplicaciones de un producto biológico (Ver Anexo 1).

3.6.8 Cosecha

Se realizó una sola cosecha de brócoli ejecutada el 25 de setiembre de 2020, a los 74 días después de trasplantado, con lo cual se inició la toma de datos en laboratorio. Esta fue de forma manual utilizando un cuchillo para el corte de las inflorescencias una vez alcanzada la madures comercial. El corte se realizó a 5 cm por encima del cuello de la planta. Las cabezas o inflorescencias fueron colectadas en jabas y llevados inmediatamente al laboratorio de post cosecha, para evitar la pérdida de peso por deshidratación y pérdida de calidad.

3.7 Tratamientos

Se evaluaron 4 tratamientos basados en los distanciamientos entre plantas: 30 cm, 40cm, 50 cm y 60cm, dando una cantidad de 40 000 plantas /ha, 30 000 plantas /ha, 25 000 plantas/ha y 20 000 plantas/ha respectivamente. El distanciamiento entre surcos fue de 80 cm para todos los tratamientos (ver tabla 5).

Tabla 5. Densidades de siembras evaluadas

Tratamientos	Distanciamiento entre plantas	Plantas por hectárea
T1	30 cm	41,667
T2	40 cm	31,250
T3	50 cm	25,000
T4	60 cm	20,833

3.8 Diseño experimental

El diseño estadístico utilizado en el presente trabajo de investigación fue el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones (Tabla 6). La distribución de los tratamientos se asignó de manera aleatoria en las unidades experimentales

de cada bloque (ver Figura 1). Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias con la prueba Tukey a un nivel de significancia del 0.05. El software utilizado fue R.

Tabla 6. Distribución DBCA

Tratamiento				Bloque
T4-R1	T3-R1	T2-R1	T1-R1	BLOQUE 1
T3-R2	T4-R2	T1-R2	T2-R2	BLOQUE 2
T1-R3	T3-R3	T4-R3	T2-R3	BLOQUE 3
T1-R4	T3-R4	T2-R4	T4-R4	BLOQUE 4

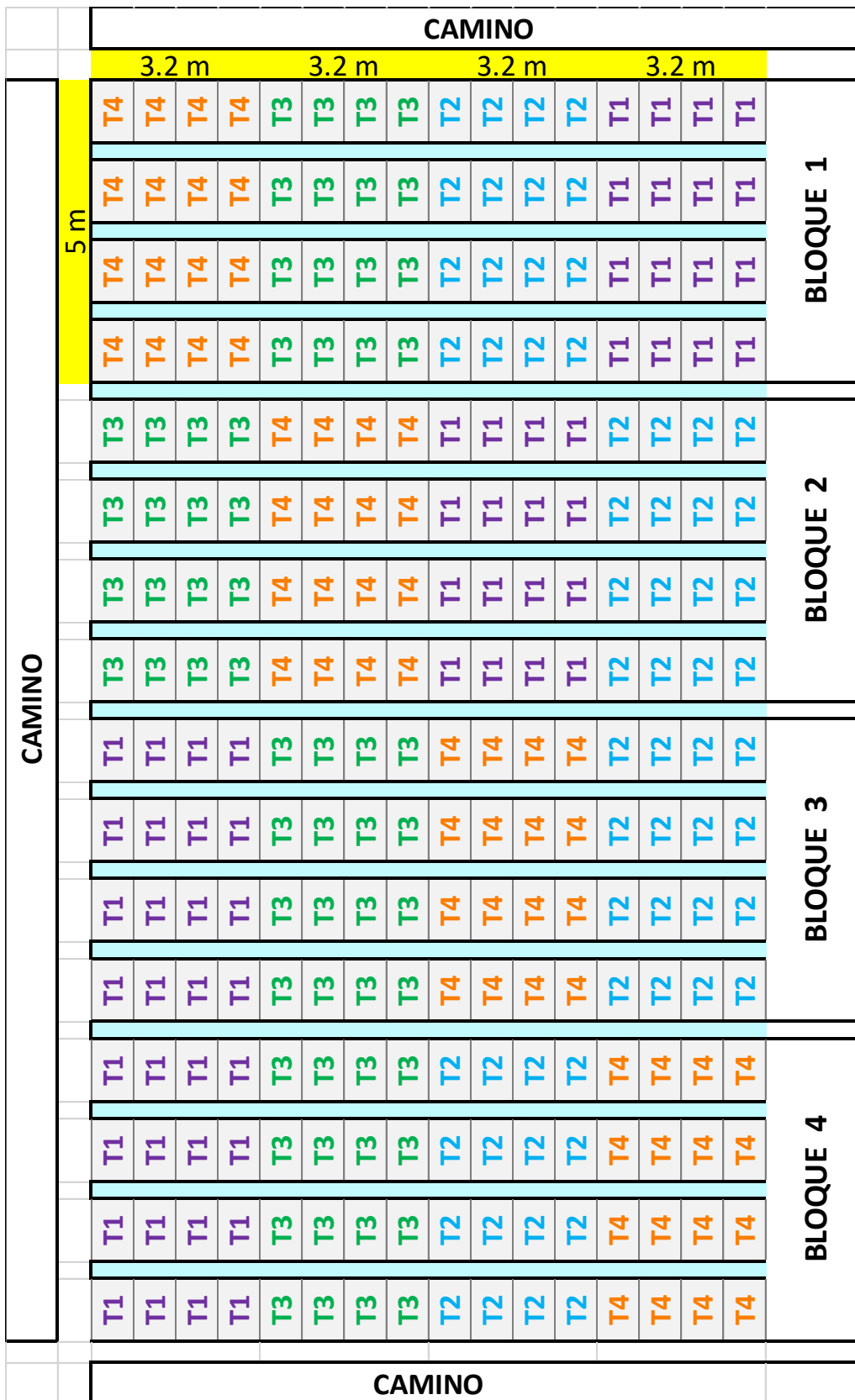


Figura 1. Distribución espacial de las parcelas y tratamientos del cultivo de brócoli cv. Imperial

3.9 Características del campo experimental

Características del área experimental se detallan a continuación:

a. Unidad Experimental

- Ancho de parcela	5 m
- Largo	3.2 m
- Área por unidad experimental	16 m ²
- Número total de unidad experimental	16

b. Bloques

- Número total de unidad experimental	16
- Numero de bloques	4
- Área del bloque	64 m ²
- Área total de los bloques	256 m ²

c. Calles

- Ancho	1.5 m
- Largo	12.8 m
- Área de cada calle	19.2 m ²
- Numero de calles	3
- Área total de calles	57.6 m ²

d. Área total del proyecto

- Área total del proyecto	300 m ²
---------------------------	--------------------

3.10 Características evaluadas

3.10.1 Rendimiento de inflorescencias

Se registró la cantidad de inflorescencias que llegaron a cosecharse por cada unidad experimental y el peso total de todas las inflorescencias.

3.10.2 Calidad de inflorescencias

a. Peso promedio de inflorescencia

Se pesaron de forma individual 10 inflorescencias o “cabezas” de brócoli de cada unidad experimental para obtener un peso promedio por unidad experimental.

b. Diámetro de inflorescencia

Se midió el diámetro de las 10 inflorescencias o “cabezas” de brócoli cosechadas de cada unidad experimental.

c. Altura de inflorescencia

Se midió la altura de cada una de las 10 inflorescencias o “cabezas” de brócoli cosechadas de cada unidad experimental.

d. Diámetro del pedúnculo

Se midió el diámetro del pedúnculo de cada una de las 10 inflorescencias o “cabezas” de brócoli tomadas de cada unidad experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Rendimiento

Para el rendimiento total de brócoli, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Tabla 7 y Figura 2). Los resultados registrados indican para el tratamiento T1 (41 667 plantas/ha) un rendimiento de 25.65 t/ha en comparación con el T4 (20 833 plantas/ha) con 18.25 t/ha (tabla 7).

Sin embargo, Lozano et al, (2019) registró en su trabajo un resultado similar sin registrar diferencias estadísticas significativas. Indica que “una alta densidad de siembra está relacionado con una reducción en el tamaño y peso de la inflorescencia o pella y con el aumento del rendimiento por unidad de área”.

El resultado obtenido es similar con los registrados por Muñoz (2014); quien comparó densidades de siembra de 0.30x0.60m, 0.4x0.6m, 0.5x0,6 m y 0.35x0.6m, demostrando que consiguió mayor rendimiento el distanciamiento 0.3x0.6m logrando 21.48 t/ha de producción. Sin embargo, Infante (2018) obtuvo diferencias significativas al comparar densidades de siembra de 0.3x0.8m, 0.4 x0.8m, 0.5x 0.8m y 0.6x0.8m, teniendo un mayor rendimiento (19.59 t/ha) el distanciamiento de 0.3x0.8m.

Cabe resaltar que según los datos registrados se obtuvieron mayores rendimientos en los tratamientos T1 (25.65 t/ha) y T2 (22.65 t/ha), en comparación a T3 (19.05 t/ha) y T4 (18.26 t/ha), a pesar de ello, no hubo diferencias significativas entre estos dos grupos de densidad de siembra.

En un estudio realizado por Bailón, (2001) en col china; el mayor rendimiento se obtuvo con una densidad poblacional de 124 401 plantas /ha, logrando un rendimiento de 119 371 t/ha a diferencia de una densidad poblacional de 28 572 plantas /ha, el cual resulto con un rendimiento de 35 414 t/ha, afirmando que para un comercio por unidad y peso conviene emplear una densidad mayor.

Ortegón-Morales et al., (2009) menciona que “la densidad de población en el cultivo de canola (*Brassica napus*) varía considerablemente en respuesta a su rendimiento dependiendo del ambiente, sistema de producción y de los cultivares”. De los estudios previos podemos indicar que la densidad poblacional es un factor importante relacionado directamente con el rendimiento del cultivo.

Tabla 7. Densidad de siembra y Rendimiento de brócoli (*B. oleracea* var. *italica*) cv. Imperial

Distancia entre plantas	Densidad (plantas /ha)	Rendimiento (Tn/ha)	
30 cm (T1)	41667	25.65	a*
40 cm (T2)	31250	22.65	a
50 cm (T3)	25000	19.05	a
60 cm (T4)	20833	18.26	a
ANOVA		n.s	
Promedio		21.40	
CV %		16.05%	

* Medias seguidas con la misma letra no muestran diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%

n.s = No Significativa

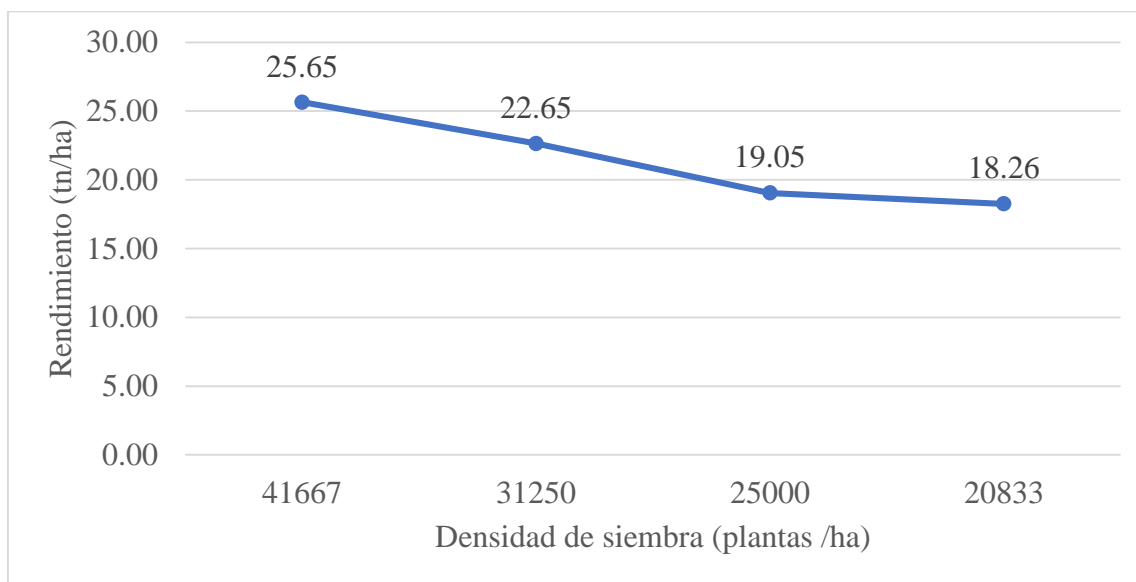


Figura 2. Rendimiento total empleando cuatro densidades de siembra en brócoli (*B. oleracea* var. *italica*) cv. Imperial bajo condiciones del valle del Chillón

4.2 Calidad

a. **Peso promedio de inflorescencia de brócoli**

Se observaron diferencias significativas en la evaluación del peso promedio de inflorescencia de brócoli (Tabla 8 y Figura 3), registrándose en el tratamiento T4 (1213.63 gr) un peso fresco superior al T1 (829gr). En la figura 3 se puede observar el aumento del peso fresco a medida que disminuye la densidad poblacional.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Infantes (2018); quien al realizar cuatro distanciamientos (30x80, 40x80, 50x80 y 60x80 cm) no observó diferencias significativas entre los tratamientos, registrando el mayor peso promedio de la inflorescencia con 593.86gr para el distanciamiento de 60x80 cm y 489.96gr para un distanciamiento de 30x80 cm.

Sin embargo, Lozano et al., (2019); observaron que, a mayor distancia de trasplante, hay un aumento del peso de la inflorescencia cosechadas, teniendo 257 gr con un distanciamiento de 30x30 y 207.3 gr a un distanciamiento de 15x15 por inflorescencia. Así mismo, Tejaswini et al., (2018); encontraron resultados similares, obteniendo un peso fresco máximo de 275.53gr obtenidos a un distanciamiento de 45x45 cm y un menor peso fresco de 220.8gr conseguido con un distanciamiento de 30x30cm. De forma general se encontró diferencias significativas en el peso fresco de inflorescencia relacionado con la densidad poblacional, debido al espacio entre plantas permitiendo un mejor desarrollo, mayor recepción de luz, menor competencia por nutrientes y espacio, así mismo buena acumulación de fotosintatos en la inflorescencia principal. Esto concuerda con los estudios anteriores realizado por Dev (2012), Bhangre et al., (2011), Thirupal et al., (2014) y Vinod et al., (2011) en brócoli.

Tabla 8. Densidad de siembra y Peso fresco de brócoli (*B. oleracea* var. *italica*) cv. Imperial

Distancia entre plantas	Densidad (plantas /ha)	Inflorescencia peso promedio (gr)	
30 cm (T1)	41 667	829.00	b*
40 cm (T2)	31 250	967.13	ab
50 cm (T3)	25 000	1040.88	ab
60 cm (T4)	20 833	1213.63	a
ANOVA		*	
Promedio		1012.66	
CV %		13.56%	

* Medias seguidas con la misma letra no muestran diferencias significativas según la prueba de Tuckey al 5%

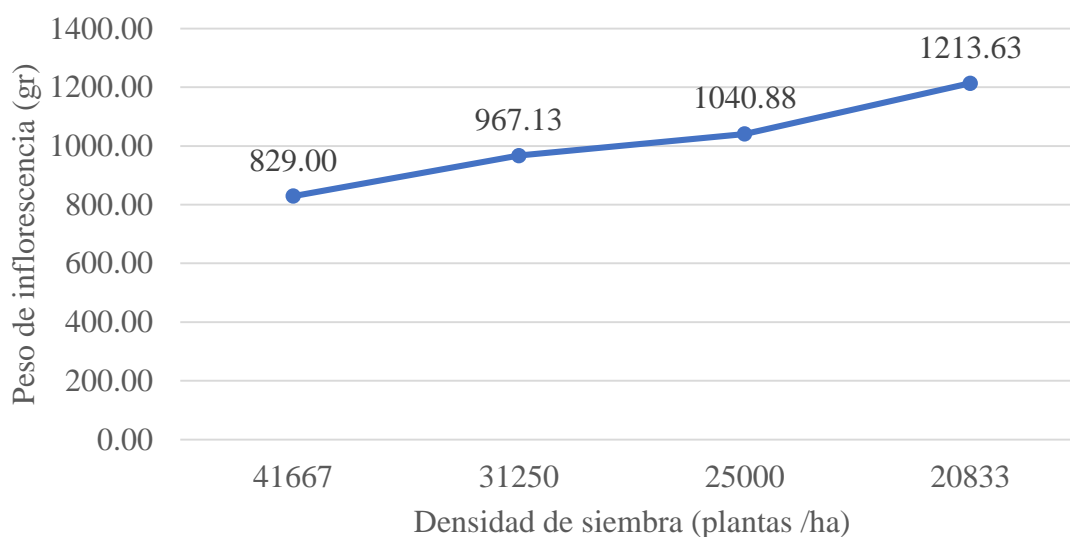


Figura 3. Peso promedio de inflorescencia en brócoli (*B. oleracea* var. *italica*) cv. Imperial empleando cuatro densidades bajo las condiciones del valle del Chillón.

b. Diámetro de inflorescencia

Se observaron diferencias significativas para el parámetro de calidad diámetro de inflorescencia. El tratamiento T4 (21.86 cm) registró un diámetro de inflorescencia mayor, en comparación con el tratamiento T1 (18.36 cm). En la tabla 9 y figura 4 se puede observar cómo aumenta el diámetro de la inflorescencia a medida que la densidad de plantas disminuye.

Lozano et al, (2019) encontró que a una menor distancia de siembra los diámetros promedios de pella no fueron modificados, sin embargo, encontró en otros trabajos que el menor diámetro encontrado a una mayor densidad de plantas es explicado por el efecto negativo de la competencia intraespecífica. Fraire-Cordero et al., (2010), quien observó diferencias significativas en el cultivar brócoli a diferentes densidades. A una densidad de 55 000 plantas /ha se obtuvieron un tamaño de inflorescencia de 22.7 cm y 22.6 cm en los cv. Mónaco y cv. Heritage, respectivamente. Mientras los registros con menor tamaño fueron para una densidad de 65 000 plantas /ha con un promedio de diámetro de inflorescencia de 15.4 cm en el cv. Patriot. Resultados similares fueron registrados por Damato (2000) y Chung (1982).

Desde el punto de vista comercial, estos resultados favorecen a las empresas procesadoras de brócoli, así como para los agricultores quienes lo comercializan por peso de inflorescencia. Fraire-Cordero et al., (2010); citando a Albarracín et al, (1995); nos menciona que “cultivares con inflorescencias de mayor diámetro tienen el potencial de generar mayores ingresos por unidad de área”

Tabla 9. Densidad de plantas y diámetro de inflorescencia de brócoli (*B. oleracea* var. *italica*) cv Imperial

Distancia entre plantas	Densidad (plantas /ha)	Diámetro de inflorescencia (cm)	
30 cm (T1)	41 667	18.36	b*
40 cm (T2)	31 250	20.14	ab
50 cm (T3)	25 000	21.00	ab
60 cm (T4)	20 833	21.86	a
	ANOVA	*	
	Promedio	20.34	
	CV %	6.47%	

* Medias seguidas con la misma letra no muestran diferencias significativas según la prueba Tuckey al 5%.

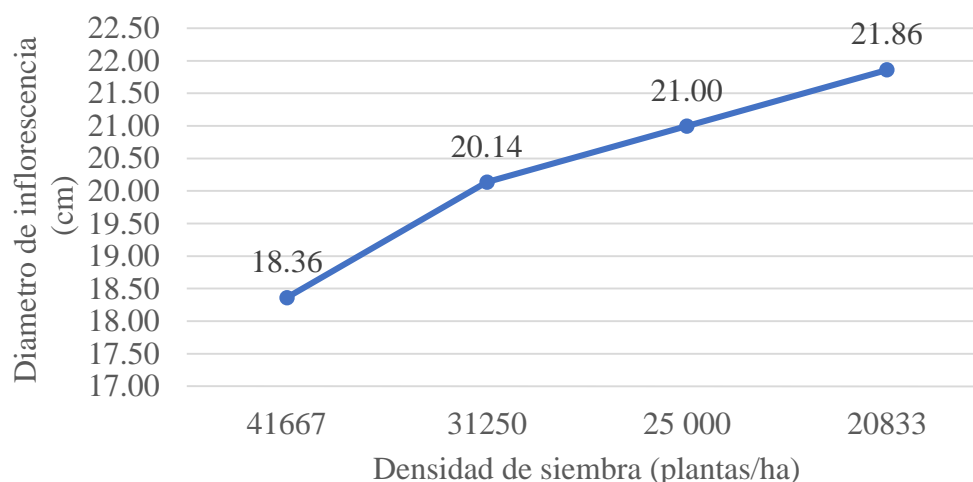


Figura 4. Dímetro de inflorescencias en brócoli (*B. oleracea* var. *italica*) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra bajo las condiciones del valle del Chillón.

c. Altura de inflorescencia

No se observaron diferencias significativas para el parámetro altura de inflorescencia. La mayor altura fue registrada para el tratamiento T4 (22.05 cm), siendo la de menor altura el tratamiento T2 (21.62cm). Mamani Rojas, (2014) no observó diferencias significativas en la altura de plantas de brócoli, indicando que “a cualquier densidad de siembra y con cualquier variedad ..., estadísticamente las alturas de plantas son iguales ...”.

Según Acuña, (1994); citado por Infante, (2018); indica que “por efecto de la densidad de siembra no hay diferencias significativas, por otro lado, Mendoza (1996); citado por Mamani, (2014); nos indica que “el crecimiento en cuanto la altura, está determinado por el carácter genético de cada cultivar, de igual manera afecta el sustrato y la nutrición que se les proporcione a las plantas.”

Tabla 10. Densidad de siembra y altura de planta en brócoli (*B. oleracea* var. *italica*) cv. Imperial

Distancia entre plantas	Densidad (plantas /ha)	Altura de planta (cm)	
30 cm (T1)	41 667	21.84	a*
40 cm (T2)	31 250	21.62	a
50 cm (T3)	25 000	21.82	a
60 cm (T4)	20 833	22.05	a
ANOVA		n.s	
Promedio		21.83	
CV %		3.54%	

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tuckey al 5%.

n.s = No Significativa

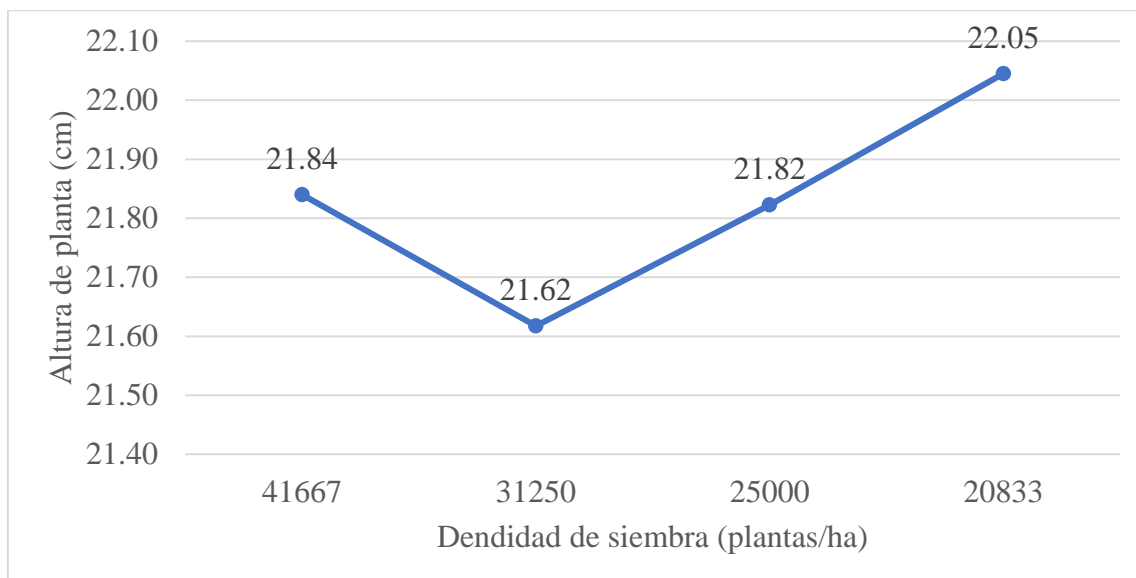


Figura 5. Altura de plantas en brócoli (*B. oleracea* var. *italica*) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra bajo condiciones del Valle del Chillón.

d. Diámetro del pedúnculo

Se observaron diferencias significativas para el parámetro diámetro de pedúnculo (Tabla 11 y figura 6). El tratamiento T4 registró un diámetro de 46.62 mm siendo el máximo en comparación con el tratamiento T1 con un diámetro de 42.37mm. Los tratamientos T2 y T3 no presentaron diferencias estadísticas entre sí. En la figura 6 podemos observar el incremento del diámetro del pedúnculo a medida que disminuye la densidad poblacional.

Infante, (2018) en un ensayo similar no observó diferencias significativas entre tratamientos, indicando un mayor diámetro del pedúnculo de 4.9 cm, para una densidad de 20 000 plantas /ha y 4.43 cm como el menor valor de diámetro registrado en su experimento. Del mismo modo, Mamani, (2014) no observó diferencias significativas para la variable diámetro de pedúnculo. Indicando que entre variedades puede observarse diferencias esto debido a las características genéticas propias del cultivar.

Choque, (2011) señala que “a mayor densidad hay mayor competencia de luz y espacio, y menor es el diámetro del tallo; pero a menor densidad, la competencia es menor por los factores mencionados anteriormente y el diámetro del tallo es ligeramente mayor desde el punto de vista de las densidades de plantación de brócoli”. De igual forma Gliessman et al., (1998) citado por Lozano et al., (2019) afirma que a menor distancia de trasplante, hay una mayor competencia por espacio, recursos y luz, repercutiendo negativamente en algunas variables relacionadas con el crecimiento de la planta, como por ejemplo el grosor del tallo.

Tabla 11. Densidad de plantas y diámetro de pedúnculo en brócoli (*B. oleracea* var. *italica*) cv. Imperial

Distancia entre plantas	Densidad (plantas /ha)	Diámetro del pedúnculo (mm)	
30 cm (T1)	41 667	42.37	b*
40 cm (T2)	31 250	44.19	ab
50 cm (T3)	25 000	44.93	ab
60 cm (T4)	20 833	46.62	a
	ANO VA	*	
	Promedio	44.53	
	CV %	3.43%	

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tuckey al 5%.

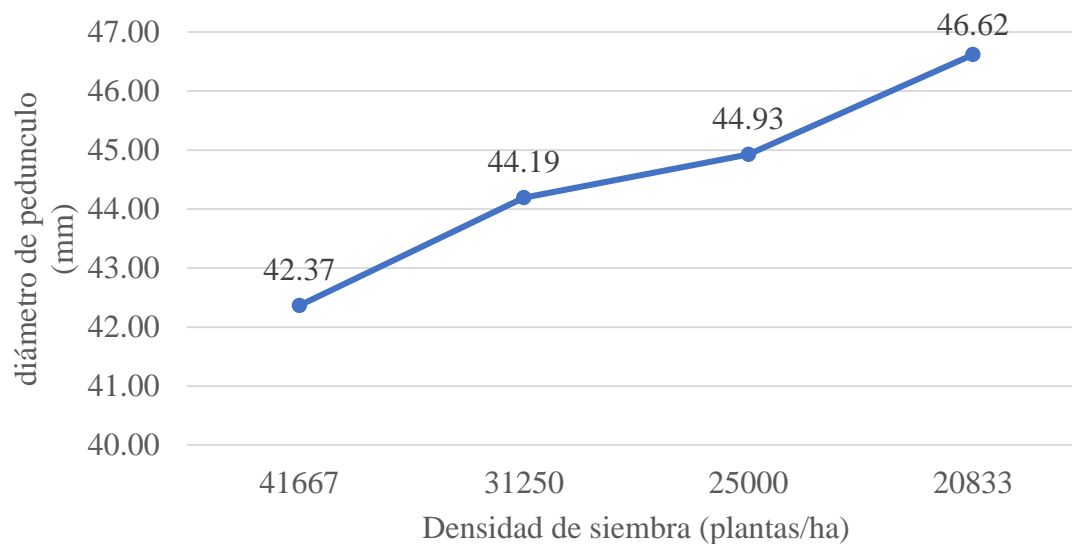


Figura 6. Diámetro de pedúnculo de la inflorescencia a la cosecha en brócoli (*B. oleracea* var. *italica*) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra bajo las condiciones del Valle del Chillón.

V. CONCLUSIONES

Para el rendimiento del cultivo, no se registraron diferencias estadísticas significativas bajo las diferentes densidades de siembra en el cultivo de brócoli cv. Imperial en el valle chillón, sin embargo, se presentó un aumento en términos de número de inflorescencias por hectárea conforme la densidad de siembra aumentaba. Además, la calidad del cultivo mostro diferencias estadísticas significativas en cuanto al peso de inflorescencias, diámetro de inflorescencias y diámetro del pedúnculo principal, resultando como una densidad de siembra adecuada el tratamiento (T4) con 20833 plantas/ha, un distanciamiento utilizado para el mercado nacional debido a sus exigencias en peso y tamaño de brócoli requeridos.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar el mismo ensayo en otras zonas, en campañas consecutivas para determinar la mejor época de siembra.
- Realizar ensayos similares comparando distintos distanciamientos entre plantas con diferentes dosis de fertilizantes y porcentaje de materia orgánica.
- Evaluar el rendimiento y calidad de brócoli con nuevos cultivares, y su efecto con diferentes distanciamientos entre plantas y surcos.
- Evaluar el rendimiento y calidad de brócoli bajo un sistema de riego por goteo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, E. (1994). Efecto de la fertilización nitrogenada y de la densidad de siembra en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. itálica*) bajo R.A.L.F: exudación. Tesis (Ingeniero Agrónomo) Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.Facultad de Agronomía. 51 p
- Albarracín M, C Berbin, W Machado (1995) Evaluación agronómica de cultivares de brócoli (*Brassica oleracea var. italica*). Rev. Fac. Agron. (Maracay) 21:71-83
- Bailón, A., (2008). Sistema de siembra en el rendimiento de col china (*Brassica chinensis L.*) variedad ‘Wong Bock’ en Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva - Facultad de Agronomía. (Tesis de Pregrado -UNAS). Recuperado de <https://agronomia.unas.edu.pe/sites/default/files/AGR-519.pdf>
- Bleiholder H, et al. (2001). Estadios de las plantas mono-y dicotyledóneas. 2.a ed. Berlín: Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. (s. f.). Recuperado 17 de mayo de 2020, de <https://www.politicheagricole.it/flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCHengl2001.pdf>
- Choque L, F. (2011). Evaluación de dos variedades de brocoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación, en sustrato sólido hidropónico, en ambiente atemperado en el Municipio de El Alto. [Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía]. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=cidab.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=018738>

- De Chavez, A. (2016). Estudio del comportamiento de cultivares de brócoli y determinación de las necesidades hídricas y coeficiente de cultivo 'Kc' [Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España.]. http://www.academia.edu/download/48360779/TFG._Alberto_Beautell.pdf
- Fraire-Cordero, et al. (2010). EFECTO DE VARIEDADES Y DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN LA CALIDAD FÍSICA DEL FLORETE DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Italica*). Revista Fitotecnia Mexicana, 33(2), 141. <https://doi.org/10.35196/rfm.2010.2.141>
- García, G. (2018). Fuerte incremento en la demanda de crucíferas. Perspectivas de mercado para el brócoli. Revista HortiCultivos. Editorial Agro Cultivos. Recuperado de <https://www.horticultivos.com/cultivos/cruciferas/brocoli/perspectivas-de-mercado-para-el-brocoli/>
- Gliessman, S. R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, CR. CATIE. 359 pág. Recuperado de: <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecologia-procesos-ecolc3b3gicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>
- Gray, A. R. (1982). Taxonomy and evolution of broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). Economic Botany, 36(4), 397-410. <https://doi.org/10.1007/BF02862698>
- Infante Fuentes, O. J. (2018). "RENDIMIENTO Y CALIDAD DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) cv. Imperial EMPLEANDO CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA". Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Jaramillo, et al. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de brócoli en el departamento de Antioquia *Brassica oleracea* L. var. *Itálica* (1.a ed.). Corporacion colombiana de Investigacion Agropecuaria - Corpoica. <https://doi.org/10.21930/978-958-740-212-4>
- Large, et al. (1999). Monografía del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*. Variedad *Italica*) (p. 80) [Monografía]. Universidad del Magdalena.

- Lozano, et al. (2019). Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de la pella y el rendimiento en dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica* Plenck) en el Valle de Lerma (Salta). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 118, n.o 2. <https://doi.org/10.24215/16699513e027>
- Mamani Rojas, V. P. (2014). Evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de Brócoli (*Brassica oleracea*) [Tesis]. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.
- MINAGRI. (2021). ANUARIO ESTADISTICO DE PRODUCCION AGRICOLA. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicaciones/datosestadisticas/anuarios/category/26-produccion-agricola?download=431:agricola-2019> . Recuperado 21 de junio de 2021, de <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicaciones/datosestadisticas/anuarios/category/26-produccion-agricola>.
- MINAGRI. (2017). Boletín de Frutas y Verduras (p. 11). www.minagri.gob.pe
- Moreno Huacas, F. X. (2018). Evaluación de tres niveles de NPK en la producción de brócoli (*Brassica oleracea* L.) en la zona de Huaca, provincia del Carchi [Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/oai:utb:49000-4372>
- Muñoz Montalvo, L. F. (2014). Evaluación de cuatro distanciamientos de siembra en el desarrollo y producción de dos variedades del Brócoli (*brassicaoleracea* l.) en el cantón Ibarra provincia de Imbabura [Babahoyo: UTB, 2014]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/633>
- Ortegón-Morales, et al. (2009). COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE CANOLA (*Brassica napus* L.) EN SIEMBRA A BAJA DENSIDAD DE POBLACIÓN. 6.
- Rojas, R. et al. (2007). Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron.*, 19.

- Sakata. (2017). Datos del Mercado y Consumo. Brócoli Pasión - Brasil. <https://paixaoporbrocolis.com.br/esp/dados-de-mercado-e-consumo/>
- Tejaswini, T. et al. (2018). Studies on Effect of Different Plant Spacing with Respect to Growth, Yield and Quality of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*. L) under North Gujarat Conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(05), 34-42. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.005>
- Toledo Hevia, J.(2005). Cultivo del brocoli. INIA. Manual. 5-95. (s. f.). Recuperado 17 de mayo de 2020, de http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/895/1/Toledo-Cultivo_brocoli.pdf
- Toledo, J. (2003). Cultivo del brócoli. Instituto Nacional de Innovación Agraria, 58. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/895>
- Torres Machado, L. M. (2016). Comportamiento agronómico de dos variedades de Brócoli (*Brassica oleracea*) sometidas a cuatro densidades de siembra en la parroquia “Chanduy”, provincia de Santa Elena [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3043>
- Ugás, R; et al. (2000). Datos básicos de hortalizas. Programa de Hortalizas. Universidad nacional Agraria La molina. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Datosbasicos.html>
- USDA. (5 de abril de 2020). Plants Profile for *Brassica oleracea italica* (sprouting broccoli). Recuperado de <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=BROLI>
- Zamora, E. (Ene. 2016). El cultivo de Brócoli. Serie guías–producción de hortalizas. Universidad de Sonora. Recuperado de <http://dagus.uson.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>
- Vinod sutar, et al., (2017). Effect of sowing date and spacing on growth, yield and quality of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cultivar. Green head. *Chemical science review and letters*. 6(21): 209-212

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Cronograma de actividades en Brócoli (*B. oleracea* var *italica*) cv. Imperial. Carabayllo, 2020.

Fecha	DDT	Labores	Observación/materiales	Riego	Aplicaciones sanitarias (ingrediente activo)- casa comercial	Dosis/ 20 lt de agua
10/07/2020	0	Marcado de parcelas, Riego y Trasplante	Manual /Cinta métrica	Gravedad		
11/07/2020	1	Etiquetado de Parcelas	Estacas y Etiquetas			
13/07/2020	3	Evaluación de trasplantes	Manual/ cámara de fotos	Gravedad		
15/07/2020	5	Aplicación sanitaria	Mochila manual		Steward (Indoxacarb)- Farmex	20 ml
16/07/2020	6			Gravedad		
19/07/2020	9	Evaluación de plantas	Manual/ cámara de fotos	Gravedad		
22/07/2020	12			Gravedad		
23/07/2020	13	Aplicación sanitaria	Mochila manual		Envivo (Virus de poliedrosis nuclear) - Point Andina	25 ml
25/07/2020	15	Evaluación de plantas	Manual/ cámara de fotos	Gravedad		
28/07/2020	18			Gravedad		
31/07/2020	21	Aplicación sanitaria	Mochila manual	Gravedad	Steward (Indoxacarb) - Farmex	20 ml
3/08/2020	24	Evaluación de plantas	Manual/ cámara de fotos	Gravedad		
8/08/2020	29	cambio de surco (Aporque)	manual			
9/08/2020	30			Gravedad		
10/08/2020	31	Aplicación sanitaria	Mochila manual		Envivo(virus de la poliedrosis nuclear)- Point Andina/ Steward (Indoxacarb)- Farmex	25 ml/ 20 ml
14/08/2020	35			Gravedad		
19/08/2020	40			Gravedad		
24/08/2020	45			Gravedad		
26/08/2020	47	Aplicación sanitaria	Mochila manual		Envivo (Virus de poliedrosis nuclear)- Point Andina	25ml
29/08/2020	50			Gravedad		
30/08/2020	51	Evaluación de plantas	Manual /cámara de fotos			
3/09/2020	55	Evaluación de plantas	Manual /cámara de fotos	Gravedad		
5/09/2020	57	Aplicación sanitaria	Mochila manual		Envivo(virus de la poliedrosis nuclear)-Point Andina / Steward (Indoxacarb)- Farmex	25 ml/ 20ml
8/09/2020	60			Gravedad		
24/09/2020	76	cosecha				

Anexo 2: Datos meteorológicos. Carabaylo. Julio – Setiembre. 2020.

JULIO	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Temperatura Promedio	Humedad (%)
1/07/2020	19.30	14.50	16.19	80.81
2/07/2020	18.20	15.20	16.13	79.45
3/07/2020	20.60	15.20	16.98	75.00
4/07/2020	20.50	13.80	16.11	82.72
5/07/2020	20.00	14.30	16.14	84.97
6/07/2020	17.30	14.70	15.65	86.73
7/07/2020	19.60	14.40	16.20	84.03
8/07/2020	17.30	14.50	15.68	87.63
9/07/2020	15.90	14.10	14.95	90.97
10/07/2020	17.70	14.50	15.61	85.19
11/07/2020	19.80	13.90	15.67	82.88
12/07/2020	20.30	14.10	16.18	82.54
13/07/2020	19.10	14.50	16.18	85.08
14/07/2020	21.10	14.80	16.74	84.50
15/07/2020	18.50	14.50	15.71	90.04
16/07/2020	16.10	13.80	14.62	92.93
17/07/2020	20.60	13.50	15.38	83.89
18/07/2020	19.60	13.50	16.25	77.20
19/07/2020	19.90	14.30	16.25	79.65
20/07/2020	20.00	14.60	16.34	80.87
21/07/2020	20.40	14.40	16.13	85.01
22/07/2020	20.00	15.10	16.83	82.07
23/07/2020	20.20	14.40	15.89	88.07
24/07/2020	20.20	14.20	16.05	88.53
25/07/2020	16.20	14.50	15.13	90.80
26/07/2020	15.30	13.80	14.33	94.48
27/07/2020	16.40	12.90	14.25	94.65
28/07/2020	18.30	13.20	14.95	86.54
29/07/2020	18.20	13.80	15.21	84.13
30/07/2020	20.50	13.50	16.05	81.65
31/07/2020	19.70	13.90	16.15	81.00

AGOSTO	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio	Humedad (%)
1/08/2020	20.40	14.30	16.35	79.52
2/08/2020	19.00	13.90	15.72	84.79
3/08/2020	16.10	13.50	14.77	88.88
4/08/2020	18.80	13.70	15.33	85.80
5/08/2020	19.90	13.10	15.59	84.04
6/08/2020	19.20	14.30	15.95	80.99
7/08/2020	19.20	14.30	16.15	81.56
8/08/2020	20.90	14.10	16.56	80.77
9/08/2020	21.00	14.50	16.41	82.30
10/08/2020	17.60	13.70	15.03	88.71
11/08/2020	17.80	12.90	14.89	84.31
12/08/2020	21.10	12.50	15.89	79.86
13/08/2020	20.00	13.50	15.89	82.84
14/08/2020	19.60	14.40	15.86	83.10
15/08/2020	19.60	14.40	15.93	82.97
16/08/2020	20.70	13.70	15.69	85.04
17/08/2020	20.10	14.20	16.25	82.63
18/08/2020	18.10	14.30	15.57	86.65
19/08/2020	18.30	13.80	15.38	86.93
20/08/2020	19.90	13.60	15.90	84.55
21/08/2020	20.40	14.40	15.68	84.41
22/08/2020	16.90	14.50	15.56	84.47
23/08/2020	19.50	14.20	15.83	84.97
24/08/2020	21.40	14.90	17.21	76.48
25/08/2020	20.20	14.60	16.72	82.40
26/08/2020	19.00	14.80	16.31	87.45
27/08/2020	18.00	14.30	15.47	91.30
28/08/2020	20.40	14.80	15.84	86.80
29/08/2020	17.00	14.00	15.07	92.49
30/08/2020	18.90	13.80	15.06	92.42
31/08/2020	18.00	13.60	15.36	89.82

SEPTIEMBRE	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio	Humedad (%)
1/09/2020	16.50	14.20	15.05	88.89
2/09/2020	16.00	13.50	14.23	93.96
3/09/2020	16.00	13.00	14.57	91.58
4/09/2020	19.30	12.70	15.10	87.08
5/09/2020	20.40	13.80	15.88	84.62
6/09/2020	20.70	14.00	15.80	84.52
7/09/2020	20.10	13.90	16.24	81.72
8/09/2020	20.60	14.20	16.51	81.77
9/09/2020	20.40	14.00	16.65	81.00
10/09/2020	19.40	13.90	15.91	82.93
11/09/2020	20.30	13.40	16.06	81.20
12/09/2020	18.40	13.50	15.24	88.83
13/09/2020	19.80	14.10	16.18	85.27
14/09/2020	19.70	14.50	16.80	82.07
15/09/2020	19.50	14.80	16.18	86.48
16/09/2020	20.50	14.40	16.59	85.22
17/09/2020	19.70	14.10	16.05	86.40
18/09/2020	21.00	15.00	17.00	80.78
19/09/2020	21.60	15.10	17.59	80.35
20/09/2020	22.00	15.10	17.46	81.08
21/09/2020	20.90	14.70	16.55	83.78
22/09/2020	21.10	15.00	17.36	79.18
23/09/2020	21.90	15.50	17.26	80.79
24/09/2020	22.30	15.10	17.90	77.81
25/09/2020	21.10	15.50	17.63	78.77
26/09/2020	19.40	14.90	16.41	83.96
27/09/2020	21.30	14.00	16.86	81.93
28/09/2020	20.10	15.30	17.01	80.45
29/09/2020	20.90	15.10	17.28	80.05
30/09/2020	21.90	15.70	17.81	78.87

FUENTE: Estación meteorológica Carabayllo- SENAMHI, 2020.

Anexo 3: Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento total (plantas/ha)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	3	129.9	43.29	3.671	0.056d3 .
Tratamientos	3	140.1	46.7	3.961	0.0471 *
Residuals	9	106.1	11.79		

MSerror	Mean	SDev	Min	Max	Num	CV
11.78	21.40	5.01	12.46	32.68	16	16.04

Comparación todos contra todos Tuckey al 0.05%

Trt	mean	min	max	r	std	ste	sg
T1	25.649	18.188	32.679	4	6.259	3.129	a
T2	22.642	18.834	26.725	4	3.551	1.776	a
T3	19.05	16.163	23.366	4	3.069	1.534	a
T4	18.252	12.456	22.2	4	4.176	2.088	a

Anexo 4: Análisis de varianza (ANOVA) para el peso fresco de inflorescencias (gr)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	3	280014	93338	4.948	0.0268 *
Tratamientos	3	307950	102650	5.441	0.0207 *
Residuals	9	169785	18865		

MSerror	Mean	SDev	Min	Max	Num	CV
18864.99	1012.66	224.76	582.00	1480.00	16	13.56

Comparación todos contra todos Tuckey al 0.05%

Trt	mean	min	max	r	std	ste	sg
T1	829	582	1005.5	4	195.744	97.872	b
T2	967.125	793	1112	4	149.4	74.7	ab
T3	1040.875	862	1206	4	141.678	70.839	ab
T4	1213.625	866.5	1480	4	263.105	131.552	a

Anexo 5: Análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro de la inflorescencia (cm)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	3	18.07	6.022	3.415	0.0664 .
Tratamientos	3	26.81	8.936	5.067	0.0251 *
Residuals	9	15.87	1.763		

MSerror	Mean	SDev	Min	Max	Num	CV
1.76	20.34	2.01	16.19	23.52	16	6.53

Comparación de datos Tuckey

Trt	mean	min	max	r	std	ste	sg
T1	18.36	16.19	20.71	4	1.848	0.924	b
T2	20.135	18.38	21.4	4	1.299	0.649	ab
T3	20.995	19.09	22	4	1.298	0.649	ab
T4	21.86	18.82	23.52	4	2.127	1.064	a

Anexo 6: Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta cosechadas (cm)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	3	16.04	5.347	8.945	0.0046 **
Tratamientos	3	0.366	0.122	0.204	0.891
Residuals	9	5.38	0.598		

MSerror	Mean	SDev	Min	Max	Num	CV
0.60	21.83	1.21	19.95	24.31	16	3.54

Comparación de datos Tuckey

Trt	mean	min	max	r	std	ste	sg
T1	21.84	20.82	22.83	4	0.826	0.413	a
T2	21.617	20.5	23.02	4	1.223	0.612	a
T3	21.823	20.01	23.09	4	1.326	0.663	a
T4	22.045	19.95	24.31	4	1.789	0.895	a

Anexo 7: Análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro de pedúnculo (mm)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	3	6.9	2.3	0.981	0.4438
Tratamientos	3	37.3	12.434	5.305	0.0222 *
Residuals	9	21.09	2.344		

MSerror	Mean	SDev	Min	Max	Num	CV
2.35	44.52	2.09	40.90	48.00	16	3.44

Comparación de datos Tuckey

Trt	mean	min	max	r	std	ste	sg
T1	42.365	40.897	43.706	4	1.534	0.767	b
T2	44.189	41.996	45.4	4	1.563	0.782	ab
T3	44.925	42.216	46.45	4	1.868	0.934	ab
T4	46.618	45.517	48.001	4	1.03	0.515	a

Anexo 8: Imágenes del proyecto.



Foto 1: Almacigo de Brócoli



Foto 2: Riego por gravedad del campo experimental



Foto 3: Trasplante de almacigo a campo definitivo



Foto 4: Daños por raspadura de larvas



Foto 5: Adulto de polilla del diamante (*Plutella xylostella*)



Foto 6: Monitoreo y presencia de larva de *Plutella xylostela*



Foto 7: Larva muerta por acción de insecticidas



Foto 8: Desarrollo de plantas de Brócoli en el campo experimental



Foto 9: Eclosión y muerte de larvas

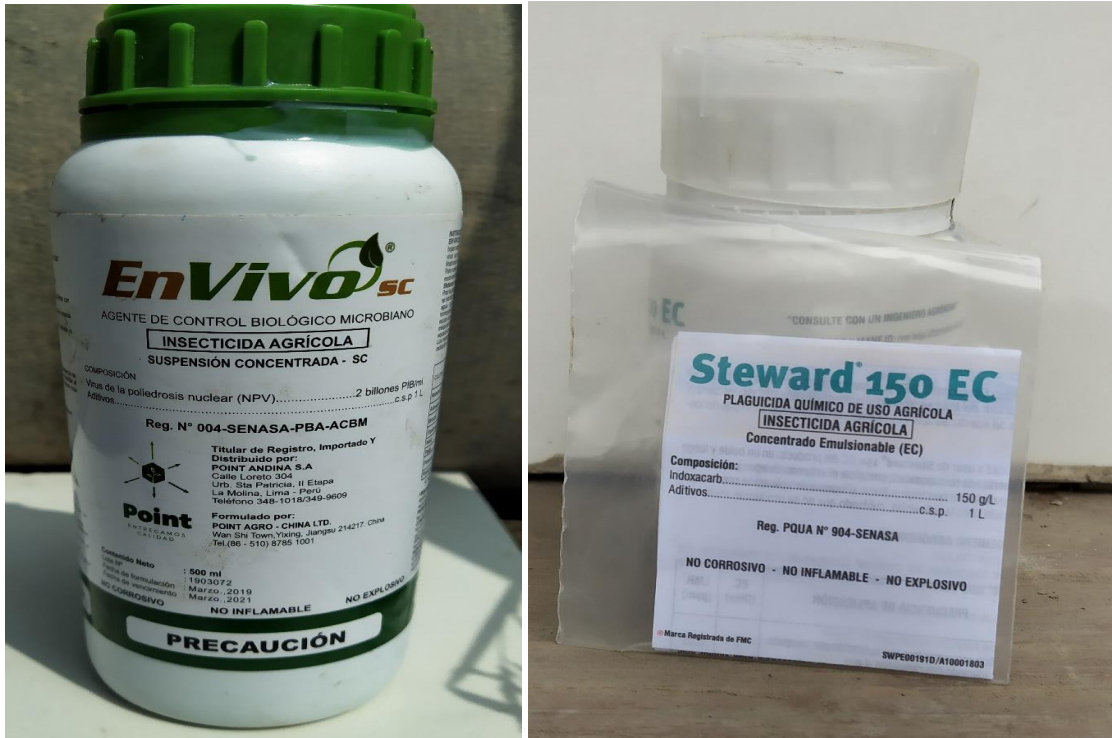


Foto 10: Insecticidas biológico (Envivo) y químico (Steward) utilizados para el control de larvas