

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“RENDIMIENTO Y CALIDAD DE DOS CULTIVARES DE BRÓCOLI
(*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) BAJO TRES DENSIDADES
DE SIEMBRA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

VÍCTOR HUGO TESÉN GALLARDO

LIMA-PERÚ

2021

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“RENDIMIENTO Y CALIDAD DE DOS CULTIVARES DE
BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) BAJO TRES
DENSIDADES DE SIEMBRA”**

VÍCTOR HUGO TESÉN GALLARDO

Tesis para optar el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
PRESIDENTE

Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Elías Hugo Huanuqueño Coca
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Sarita Maruja Moreno Llacza
MIEMBRO

LIMA - PERÚ

2021

A Bacilia (mi madre), Cynthia (mi hermana) y Martín (mi viejo) por todo su amor, paciencia y apoyo a lo largo de esta aventura llamada carrera universitaria (Agronomía) en la UNALM. Muchas gracias familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial al Ing. Agr. Mg. Sc. Andrés Virgilio Casas, por la oportunidad otorgada, su patrocinio y asesoría en la ejecución de la presente tesis. Agradecido por los consejos dados, las lecciones aprendidas y sugerencias en el transcurso de la tesis.

Sensible agradecimiento a la memoria del Sr. Willy Palomino Manrique, Jefe de Campo del Programa “El Huerto”, por los consejos en el manejo del cultivo de brócoli durante la fase experimental, como también en las labores culturales.

Al Programa “El Huerto”, por brindarme el campo experimental y demás instalaciones para la ejecución y evaluación de la tesis, como otras facilidades y a los trabajadores que lo componen por el apoyo otorgado durante las cosechas y las evaluaciones.

Al Laboratorio de Post-cosecha por brindarme los equipos necesarios para la evaluación de materia seca.

A Gladys Goñi y Anthony Landívar, por el apoyo otorgado en la fase experimental y evaluaciones posteriores a las cosechas.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1.	EL CULTIVO DE BRÓCOLI.....	2
2.1.1.	Origen, domesticación y diseminación.	2
2.1.2.	Taxonomía.....	2
2.1.3.	Morfología del cultivo.	3
2.1.4.	Híbridos de brócoli.	4
2.2.	REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS	5
2.2.1.	Agua.....	5
2.2.2.	Clima.....	5
2.3.	MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO.....	7
2.3.1.	Almácigo.....	7
2.3.2.	Preparación de terreno.	8
2.3.3.	Abonado del campo.	8
2.3.4.	Trasplante y marco de plantación.	9
2.3.5.	Cambio de surco o aporque.....	9
2.3.6.	Riego.....	9
2.3.7.	Control de malezas.....	10
2.3.8.	Plagas clave, enfermedades y control.	10
2.4.	IMPORTANCIA DEL CULTIVO	12
2.4.1.	Propiedades nutracéuticas del brócoli.....	12
2.4.2.	Producción y rendimiento nacional promedio.....	13
2.4.3.	Importancia socioeconómica.....	14
2.5.	EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LOS PARÁMETROS VEGETATIVOS, RENDIMIENTO Y CALIDAD EN BRÓCOLI.	15
2.5.1.	Parámetros vegetativos.	15
2.5.2.	Rendimiento	16
2.5.3.	Parámetros de calidad	16

III.	METODOLOGÍA	19
3.1.	CAMPO EXPERIMENTAL	19
3.1.1.	Ubicación geográfica.	19
3.1.2.	Datos climáticos.	20
3.1.3.	Características del suelo	21
3.2.	MATERIALES	22
3.2.1.	Material vegetal: Cultivares.	22
3.2.2.	Materiales y equipos.	23
3.3.	CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	23
3.3.1.	Manejo del cultivo.	23
3.3.2.	Tratamientos.....	25
3.3.3.	Diseño Experimental.....	26
3.3.4.	Descripción del área experimental.....	27
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1.	PARÁMETROS VEGETATIVOS.....	31
4.1.1.	Altura de planta.	31
4.1.2.	Área foliar.	33
4.2.	RENDIMIENTO.....	36
4.3.	PORCENTAJE DE MATERIA SECA.....	38
4.3.1.	Porcentaje de materia seca en hojas.....	38
4.3.2.	Porcentaje de materia seca en tallo	40
4.3.3.	Porcentaje de materia seca en inflorescencia	41
4.4.	VARIABLES DE CALIDAD	44
4.4.1.	Peso promedio de la pella.	44
4.4.2.	Diámetro promedio de la pella.	46
4.4.3.	Altura de pella.	48
4.4.4.	Diámetro de pedúnculo de pella (cm).....	50
4.4.5.	Compacidad.....	52
V.	CONCLUSIONES	55
VI.	RECOMENDACIONES	56
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	57
VIII.	ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valor nutricional del brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.) en una porción comestible de 100 gramos	13
Tabla 2: Temperatura y humedad relativa en el período setiembre-diciembre 2020 en La Molina, Lima	20
Tabla 3: Propiedades físico químicas del suelo de la parcela Campo Alegre 4	21
Tabla 4: Tratamientos evaluados en el ensayo (Cultivares y distanciamientos entre plantas).	26
Tabla 5: Descripción y dimensiones del área experimental	27
Tabla 6: Efecto de la densidad en la altura de planta de dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.).....	32
Tabla 7: Efecto de la densidad de siembra en el área foliar de dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.).....	34
Tabla 8: Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento (t.ha ⁻¹) de dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.).....	37
Tabla 9: Efecto de la densidad de siembra en el porcentaje de materia seca (% M.S.) en hoja de dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.).....	39
Tabla 10: Efecto de la densidad de siembra en el porcentaje de materia seca (% M.S.) de tallo en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.).....	40
Tabla 11: Efecto de la densidad de siembra en el porcentaje de materia seca (%M.S.) en la inflorescencia en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.)	42
Tabla 12: Efecto de la densidad de siembra en el peso promedio de la pella de dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.)	45
Tabla 13: Efecto de densidad de siembra en el diámetro de pella en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.)	47
Tabla 14: Efecto de la densidad de siembra en la altura de pella en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.)	49
Tabla 15: Efecto de la densidad de siembra en el diámetro de pedúnculo de la pella (cm) en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.).....	51
Tabla 16: Efecto de la densidad de siembra en la compacidad de la pella de dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.)	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del área experimental	19
Figura 2: Variación de la Temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura promedio y humedad relativa en La Molina durante el periodo setiembre-diciembre 2020.....	20
Figura 3: Croquis del área experimental	28
Figura 4: Altura de planta (cm) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.) bajo tres densidades de siembra	34
Figura 5: Área foliar (dm ²) en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.) bajo tres densidades de siembra.	36
Figura 6: Rendimiento (t.ha ⁻¹) en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.) bajo tres densidades de siembra.	38
Figura 7: Porcentaje de materia seca del tallo en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.) bajo tres densidades de siembra.	41
Figura 8: Porcentaje de materia seca en inflorescencia de dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck) bajo tres densidades de siembra.	44
Figura 9: Peso de pella en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.) bajo tres densidades de siembra.	46
Figura 10: Diámetro de inflorescencia (cm) en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck) bajo tres densidades de siembra.	48
Figura 11: Altura de pella (cm) en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck) bajo tres densidades de siembra.	50
Figura 12: Diámetro de pedúnculo de pella en dos cultivares de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.) bajo tres densidades de siembra.	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables evaluadas	65
Anexo 2: Registro de alturas promedio de las plantas de brócoli al momento de la segunda cosecha en cada unidad experimental (UE)	66
Anexo 3: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen del modelo de la altura de planta (cm) al momento de la segunda cosecha en cada cultivar.....	67
Anexo 4: Comparación de medias para altura de planta en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ a la segunda cosecha, mediante la prueba de Tukey	67
Anexo 5: Registro del área foliar (dm ²) de las plantas de brócoli seleccionados en el momento de la segunda cosecha en cada unidad experimental (UE)	68
Anexo 6: Análisis de varianza (ANOVA) de área foliar (dm ²) y resumen del modelo de planta al momento de la segunda cosecha en cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’	69
Anexo 7: Comparación de medias para el área foliar de planta (dm ²) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey	69
Anexo 8: Datos de cosechas, rendimiento por unidad experimental (Kg.UE ⁻¹) y rendimiento total (t.ha ⁻¹).....	70
Anexo 9: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para el rendimiento total (t.ha ⁻¹) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ al momento de la segunda cosecha	71
Anexo 10: Comparación de medias para la variable rendimiento (t.ha ⁻¹) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey	71
Anexo 11: Porcentaje de materia seca (% m.s.) en los diferentes órganos evaluados de brócoli en cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’	72
Anexo 12: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen del modelo para la variable porcentaje de materia se seca (%M.S.) en hoja	73
Anexo 13: Comparación de medias de porcentaje de materia seca (% m.s.) de hoja en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey	73
Anexo 14: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para la variable porcentaje de materia (% m.s.) seca de tallo en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’	74
Anexo 15: Comparación de medias para el porcentaje de materia seca (% m.s.) en tallo de los cultivares ‘Imperial’ y ‘Formoso’ mediante la prueba de Tukey.....	74
Anexo 16: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para la variable porcentaje de materia seca en inflorescencia y resumen del modelo.....	75

Anexo 17: Comparación de medias para el porcentaje de materia seca (% m.s.) en inflorescencia en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey	75
Anexo 18: Data de las variables de calidad evaluadas en las pellas de brócoli cosechadas de los cv ‘Imperial’ y ‘Formoso’	76
Anexo 19: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para la variable peso de pella (Kg) en cultivares de brócoli ‘Imperial’ y ‘Formoso’	77
Anexo 20: Comparación de medias en peso de pella de los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey	77
Anexo 21: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para la variable diámetro de pella (cm) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’	78
Anexo 22: Comparación de medias para el diámetro de pella (cm) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey	78
Anexo 23: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para la variable altura de pella (cm) en brócoli en cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’	79
Anexo 24: Comparación de medias para altura de pella (cm) en cultivares ‘Formoso e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey	79
Anexo 25: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen del modelo para la variable diámetro de pedúnculo de pella (cm) en cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’	80
Anexo 26: Comparación de medias para el diámetro del pedúnculo de pella (cm) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey	80
Anexo 27: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen del modelo para la variable compacidad de pella en brócoli en cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’	81
Anexo 28 Comparación de medias para la compacidad de pella (Kg/dm) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey	81
Anexo 29: Plantines de brócoli a raíz desnuda listo para trasplantar	82
Anexo 30: Trasplante de plantines	82
Anexo 31: Riego por goteo (10 DDT)	82
Anexo 32: Cambio de surco a los 23 DDT	83
Anexo 33: Larva de primeros estadios de <i>Plutella xylostella</i>	83
Anexo 34: Colonias de pulgón de las brasicas (<i>Brevicoryne brassicae</i>) a 10 DDT	83
Anexo 35: Aparición de la inflorescencia en el cv. 'Formoso' a los 48 DDT	84
Anexo 36: "Cabeza" de brócoli cv. 'Formoso' listo para cosechar (55 DDT)	84
Anexo 37: Primera cosecha de cv. 'Formoso' (55DDT)	84
Anexo 38: Evaluación de rendimiento en los tratamientos de cv. 'Formoso'	85

Anexo 39: Evaluación de parámetros de calidad de pella en cv 'Formoso'	85
Anexo 40: Obtención de discos foliares para determinación de área foliar en cv. 'Formoso'	85
Anexo 41: Preparativos para determinación de materia seca y área foliar en tratamientos del cv 'Formoso'	86
Anexo 42: Secado de órganos de brócoli cv 'Formoso' a estufa (70°C) para determinación de materia seca.....	86
Anexo 43: Pesado de materia seca de follaje en cv. 'Formoso'	86
Anexo 44: "Cabeza" de cv 'Imperial' en plena formación.....	87
Anexo 45: Primera cosecha de cv 'Imperial' (62 DDT)	87
Anexo 46: Preparativos para determinación de materia seca y área foliar en cv. 'Imperial'	87
Anexo 47: Tercera cosecha de cv 'Imperial'	88
Anexo 48: Registro de actividades	88
Anexo 49: Análisis de suelo de la parcela experimental Campo Alegre 4	90

ABSTRACT

The present work evaluated the effect of three planting densities (20,000; 25,000 and 31,250 plants.ha⁻¹) on parameters of plant growth, yield and quality in two cultivars of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) 'Formoso' and 'Imperial' at La Molina between September to December 2020, using a randomized complete block design. No significant differences were found among the densities within each cultivar, obtaining the highest values in the following densities: At 31,250 plants.ha⁻¹ for plant height ('Imperial': 41.84 cm, 'Formoso': 38.56 cm) and inflorescence height ('Imperial': 22.55 cm, 'Formoso': 20.46 cm). In 20,000 plants.ha⁻¹ the highest values were obtained for leaf area ('Imperial': 14.41 dm²; 'Formoso': 12.43 dm²), percentage of dry matter (% DM) in stem ('Imperial': 5.85%, 'Formoso': 5.22%), % DM in inflorescence ('Imperial': 9.61%, 'Formoso': 8.41%), inflorescence weight ('Imperial': 1.36 Kg, 'Formoso': 1.28 Kg), inflorescence diameter ('Imperial': 21.3 cm, 'Formoso': 20.64 cm), and stem peduncle diameter ('Formoso': 5.81 cm, 'Imperial': 5.49 cm). Significant differences in yield were found in the densities evaluated in each cultivar, the highest values being found at 31,250 plants.ha⁻¹ ('Imperial': 29.52 t.ha⁻¹, 'Formoso': 25.44 t.ha⁻¹). No significant differences were found among treatments for % DM in leaves and compactness of the inflorescence.

Keywords: 'Imperial', 'Formoso', plant density, yield, quality.

RESUMEN

El presente trabajo evaluó el efecto de tres densidades de siembra (20,000; 25,000 y 31,250 plantas.ha⁻¹) en parámetros de crecimiento vegetal, rendimiento y calidad para los cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) ‘Formoso’ e ‘Imperial’ en La Molina durante los meses de setiembre a diciembre del año 2020, empleando un diseño de bloques completos al azar. No se encontraron diferencias significativas entre las densidades dentro de cada cultivar, obteniéndose los mayores valores en las siguientes densidades: A 31,250 plantas.ha⁻¹ para altura de planta (‘Imperial’:41.84 cm, ‘Formoso’: 38.56 cm) y altura de pella (‘Imperial’: 22.55 cm, ‘Formoso’: 20.46 cm). En 20,000 plantas.ha⁻¹ los mayores valores se obtuvieron para área foliar (‘Imperial’:14.41 dm²; ‘Formoso’:12.43 dm²), porcentaje de materia seca (%M.S) en tallo (‘Imperial’: 5.85%, ‘Formoso’: 5.22%), %M.S inflorescencia (‘Imperial’: 9.61%, ‘Formoso’: 8.41%), peso de pella (‘Imperial’: 1.36 Kg, ‘Formoso’: 1.28 Kg), diámetro de pella (‘Imperial’: 21.3 cm, ‘Formoso’: 20.64 cm), y diámetro de pedúnculo de tallo (‘Formoso’: 5.81 cm, ‘Imperial’: 5.49 cm). Se encontraron diferencias significativas en las densidades evaluadas en cada cultivar para la variable rendimiento, hallándose los mayores valores a 31,250 plantas.ha⁻¹ (‘Imperial’: 29.52 t.ha⁻¹, ‘Formoso’: 25.44 t.ha⁻¹). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para % M.S. hojas y compacidad de la pella.

Palabras clave: ‘Imperial’, ‘Formoso’, densidad de siembra, rendimiento, calidad.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años los consumidores demandan hortalizas que posean gran cantidad de compuestos con propiedades nutracéuticas, que posean atributos de buena calidad (física y organoléptica) y valoran más que estos productos sean obtenidos por un manejo que sea amigable con el ambiente; mientras que los productores desean que sean fácilmente adaptables a diversas condiciones ambientales, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a diversos tipos de estrés y de buen rendimiento. Estas exigencias son trasladadas a las casas productoras de semillas, las cuales constantemente liberan nuevos cultivares para reemplazar a aquellas que ya son obsoletas en el mercado y satisfacer las exigencias de sus clientes. El brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) no es una hortaliza que escape de esto, por ello se evalúan la expresión de nuevos cultivares que se liberan al mercado, bajo diversas condiciones ambientales a fin de constatar que puedan satisfacer los requerimientos solicitados por el productor y consumidor final.

El brócoli en Perú se maneja como un cultivo anual y aproximadamente el 90% de su producción se da en los valles aledaños a Lima Metropolitana (Gargurevich, 2018), bajo la mano de pequeños agricultores, quienes son dependientes de insumos externos y de bajo poder adquisitivo (Andrade, 2017; Rodríguez, 2017). En estos valles los agricultores se dedican principalmente a la producción de frutas como mandarina, palta, manzana, uva y melocotón; granos como maíz (amarillo o chala), hortalizas como espárragos y camote (SIEA, 2021), tomando al brócoli como un cultivo transitorio o de rotación, siendo atractivo por el precio que se paga en chacra por el producto cosechado respecto de otras hortalizas (MINAGRI, 2020), tomando la comercialización de este cultivo como un medio transitorio de subsistencia hasta la próxima campaña del cultivo principal.

Por lo anteriormente mencionado el presente trabajo tuvo como objetivo general determinar la mejor densidad que permita maximizar el rendimiento y calidad de brócoli, específicamente entre los cultivares ‘Formoso e Imperial’, determinando al cultivar más adecuado entre estos dos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL CULTIVO DE BRÓCOLI

2.1.1. Origen, domesticación y diseminación.

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) es una hortaliza diploide ($2n=18$) que pertenece a la familia Brassicaceae (Dixon, 2007; Infante, 2018). De acuerdo con Gómez-Campo & Prakash (1999), el brócoli se habría originado a partir de la especie *Brassica cretica* entre los años 600 a 400 a.c., cuando se seleccionaron las formas ancestrales de las variedades modernas, y evolucionaron en el este mediterráneo de Europa (principalmente Italia), el cual es considerado su centro de origen. Jaramillo *et al*, citado por Soncco (2019) menciona que la diseminación de este cultivo se atribuye al comercio y la navegación del mediterráneo, como también a la expansión y consolidación de las culturas mediterráneas (griegos, romanos, etc.).

2.1.2. Taxonomía.

De acuerdo con Grandez, citados por Infante (2018) clasificación taxonómica de del brócoli es la siguiente:

Reino: Vegetal

Phyllum: Traqueofitas

División: Angiospermae

Clase: Dicotiledonea

Orden: Rhoedales

Familia: Brassicaceae (Cruciferaeae).

Género: *Brassica*

Especie: *Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck.

2.1.3. Morfología del cultivo.

a. Sistema radicular.

El brócoli presenta un sistema radicular pivotante y leñoso, acompañado de varias raíces secundarias, las cuales pueden extenderse alrededor del tallo a una distancia de entre 45 a 60 cm (Infante, 2018). La raíz principal puede extenderse entre 60 a 80 cm en el perfil del suelo y la mayor concentración de raíces secundarias, terciarias y raicillas hasta los 40 cm de profundidad (Toledo, 2003).

b. Tallo.

Es de naturaleza herbácea y de forma cilíndrica, presenta un diámetro de entre 3 a 6 cm, con una longitud variable de entre 45 a 75 cm (Bacarreza, 2018; Infante, 2018). Presenta entrenudos cortos con un arreglo helicoidal sobre las cuales crecen las hojas y en la parte superior del tallo se presenta una la inflorescencia denominado cabeza o pella (Toledo, 2003). En las axilas de las hojas se pueden apreciar brotes florales hipertrofiados por supresión de la cabeza principal, las cuales crecen de manera paulatina y escalonada cuando la inflorescencia principal es cortada.

c. Hojas.

Presentan una gran variabilidad la cual se debe a la diversidad de cultivares que existen para este cultivo. En general posee entre 15 a 30 hojas con dimensiones de aproximadamente 30 cm de ancho y 50 cm de largo con una cutícula cerosa e impermeable en la lámina foliar (Toledo, 2003). En cuanto al color de la hoja, ello va en función al cultivar, pasando del color verde claro al verde oscuro, es ligeramente rizada, simple o compuestas, enteras a variadamente lobuladas o dentadas en los bores de la lámina foliar, con unas venas bastante prominentes y un pecíolo generalmente desnudo, aunque en ciertos cultivares puede presentar estipuloides y que puede llegar a medir la tercera parte de la lámina foliar (Bacarreza, 2018; Infante, 2018; Toledo., 2003).

d. Inflorescencia.

La inflorescencia es un corimbo principal, el cual está compuesto por numerosas yemas florales de color verde a gris, que se encuentran en estado inmaduro y que en conjunto se insertan mediante un pedúnculo común al tallo principal de la inflorescencia, denominándose a esto un florete, por lo antes mencionado, el corimbo es un conjunto

conformado varios floretes. (Toledo, 2003). La masa densa de yemas florales en estado inmaduro es la parte comestible de este cultivo, la cual puede tener un diámetro de entre 20 a 35 cm, esto de acuerdo al cultivar que se emplee (Bacarreza, 2018).

e. Flores.

Presentan flores perfectas y actinomorfas, presentan cuatro pétalos de color amarillos dispuestos en forma de cruz. Presentan polinización alógama debido a problemas de autoincompatibilidad (Toledo, 2003).

f. Fruto.

El fruto es una silicua, similar a una vaina con dehiscencia longitudinal, de una longitud aproximada de entre 2 a 5 mm de ancho y hasta 6 cm de largo. En estado maduro pueden presentar de entre 10 a 30 semillas que se disponen en dos hileras dentro de ella (Bacarreza, 2018; Infante, 2018).

g. Semilla.

Son redondas, con un diámetro de 2 mm y son diversos colores (marrón, rojizo o beige) cuando se encuentran en estado inmaduro, pero de color marrón rojizo cuando maduran (Toledo, 2003). De acuerdo con Collantes, citado por Infante (2018), un gramo de semilla contiene aproximadamente 320 unidades de semilla.

2.1.4. Híbridos de brócoli.

Según Farnham y Bjorkman (2011) las obtenciones de híbridos en brócoli se logra principalmente por la cruce entre líneas altamente endogámicas, los cuales pueden ser obtenidos mediante generaciones sucesivas de selección y autofecundación. En otros casos, las líneas endogámicas pueden ser líneas haploides duplicadas que surgen de cultivos de anteras o microesporas.

La finalidad en el fitomejoramiento es la obtención de una variedad/híbrido que pueda reunir la mayor cantidad de cualidades o rasgos agronómicos deseables, los cuales son determinados por el cultivador y/o consumidor, acorde a lo que crean beneficioso. Entre estos rasgos se incluyen mejores rendimientos, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia al estrés ambiental y al valor nutricional del cultivo (Mero & Arroyo, 2013). En

el caso específico del brócoli, uniformidad en el rendimiento, inicialmente los esfuerzos se evocaron por desarrollar una sola y gran inflorescencia, de gran tamaño, buena calidad (peso, tamaño, compacidad, ausencia de hojas en la pella, ausencia de “tallo hueco”, etc.) sin brotes axilares, de periodo vegetativo corto, etc (Renaud *et al.*, 2015; Salter *et al* 1984; Sanderson & Fillmore, 2010). En la última década se han realizado diversas investigaciones enfocadas a la producción del brócoli bajo el contexto de la problemática del cambio climático. Estas investigaciones han evaluado el performance de diversos híbridos liberados al mercado; y entre los rasgos evaluados destacan el rendimiento bajo diferentes condiciones ambientales (Lozano *et al*, 2017; Tejaswini *et al* , 2018), la adaptabilidad a zonas de alta temperatura (Farnham & Bjorkman, 2011), adaptabilidad a cosecha mecanizada (Gordon, 2010), sistemas de producción orgánico (Ciancaleoni *et al.*, 2016), etc. En el caso de la producción orgánica, además de los rasgos mencionados, también son deseados el crecimiento vigoroso y precoz, hojas cerosas, habilidad para desarrollarse en suelos con bajo potencial o tasas variables de mineralización de nutrientes, y de poder competir eficientemente contra las malezas. Estos rasgos son importantes en el caso de brócoli debido a su alta demanda de nitrógeno y su sistema radicular, el cual es fino y poco profundo, lo que limita su capacidad de tomar agua y nutrientes del suelo (Renaud *et al.*, 2015).

2.2. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

2.2.1. Agua.

De acuerdo con Toledo (2003) el brócoli tiene una condición de planta mesofítica. Esto quiere decir que requiere de agua de buena calidad permanentemente para la obtención de máximos rendimientos, con un bajo nivel de salinidad y sin elementos tóxicos que puedan afectar el rendimiento potencial y calidad.

2.2.2. Clima.

a. Temperatura.

La temperatura es uno de los factores abióticos que mayor relevancia tienen en el crecimiento y desarrollo en el cultivo de brócoli. Vilca (2019) menciona que la temperatura óptima para el crecimiento de brócoli se da entre 16°C a 18°C, con un rango

de entre 15°C a 25°C. Toledo (2003) menciona que la temperatura mínima con la cual se da el crecimiento en el brócoli debe de ser mayor a 5°C.

En cuanto al desarrollo, el salto de la etapa vegetativa a reproductiva se da mediante el proceso de vernalización en ciertos cultivares. Wurr y colaboradores, citados por Farnham y Bjorkman (2011), postularon que el límite superior de temperatura para la vernalización es de 23.6°C. Es decir, a temperaturas por debajo de este límite se promueve la vernalización y la inducción al estado reproductivo, mientras que temperaturas por encima de este valor durante el estado vegetativo retrasa la inducción floral o impide el desarrollo de la inflorescencia o cabeza; sin embargo, Toledo (2003) menciona que la mayoría de los cultivares que se emplean bajo nuestras condiciones (costa central) tienen un comportamiento anual, es decir, no requieren de bajas temperaturas para inducir la diferenciación floral ni desarrollo reproductivo.

Durante el desarrollo de la inflorescencia, las temperaturas mayores a 30°C son desfavorables. Farnham y Bjorkman (2011) mencionan que a estas temperaturas el crecimiento de la inflorescencia cesa o en todo caso se obtiene un producto de mala calidad (desarrollo incompleto, baja uniformidad, pérdida de compacidad, brácteas en la cabeza y una superficie rugosa en la misma, además de una aceleración en los procesos de senescencia). Otros autores como Toledo (2003) o Mendoza, citado por Infante (2018) sin embargo mencionan que estos desordenes pueden darse a una temperatura menor (24°C a más).

b. Humedad relativa.

Valores de 70% a 80% de humedad relativa favorecen el crecimiento de brócoli y mejora la calidad, esto según Linsmayer, citado por Vilca (2019).

c. Suelo.

En cuanto a parámetros físicos, el brócoli requiere suelos de textura media, profundos y con una buena estructura que favorezca un adecuado drenaje. Así mismo, por la naturaleza mesofítica del cultivo, se requiere que el suelo posea una buena capacidad de retención de agua y una buena cantidad de materia orgánica (Toledo, 2003). Suelos compactados o excesivamente regados pueden generar problemas de anoxia o problemas fitosanitarios en las raíces. Respecto a los requerimientos químicos, el brócoli demanda

suelos ligeramente ácidos a neutros (pH 6.5 a 7.0), con baja salinidad (conductividad eléctrica menor 2.8 dS/m) y con baja concentración de sodio, pues es en suelos salinos y salinos-sódicos el rendimiento se ve perjudicado, reduciéndose en un 10% a 4 dS/m y en un 50% a 8dS/m (Martínez, 2015; Toledo, 2003; Zamora, 2016). Una adecuada y balanceada concentración de nutrientes es requerida en el suelo, pues el brócoli requiere elevadas cantidades de macroelementos (N, P y K). Las deficiencias en estos pueden ocasionar problemas fisiológicos afectando el crecimiento y vigor de la planta, la germinación, el desarrollo radicular, la velocidad de crecimiento y la formación de la pella, repercutiendo en la calidad y rendimiento (Vilca, 2019).

d. Luz.

La luz no constituya un factor crítico en el normal desarrollo del cultivo; sin embargo, tiene importancia en ciertos parámetros vegetativos que se relacionan con la calidad (Toledo, 2003). La intercepción de la luz puede determinar la concentración de materia seca y afectar el rendimiento (Xue *et al.*, 2015), siendo en el caso del brócoli, una menor producción de materia seca, retención de fotosintatos en el tallo, etiolación y hojas con mayor área foliar y más delgadas a medida que se sombrea el cultivo (Francescangeli, *et al.*, 2006)

2.3. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

2.3.1. Almacigo.

La producción de plántulas se realiza en el invernadero mediante dos sistemas: “speedlings” y a campo abierto. En el primer caso se siembran las semillas en celdas individuales dentro de una bandeja almaciguera con sustrato; mientras que en el segundo se realizan en camas almacigueras con un sustrato suelto. Las plántulas se cultivan hasta que obtienen 4 o 5 hojas verdaderas, esto por lo general es 30 días después de sembradas las semillas (Toledo, 2003; Zamora, 2016). Aun cuando la producción de plántulas a campo abierto es predominante, actualmente hay mayor interés en la obtención de las plántulas por el sistema de “speedlings”, esto debido a los beneficios que otorga al sistema radicular, uniformidad en cuanto a germinación y una menor pérdida de plántulas menor al 3%, lo que reduce los

costos en semillas, especialmente cuando se tratan de semillas de híbridos (Choque & Vilca, 2018).

2.3.2. Preparación de terreno.

Sobrino, citado por Soria (2020) menciona que el terreno debe de ser trabajado con un subsolador a una profundidad de entre 50 a 60 cm, seguido de un trabajo con vertedera a 40 cm para posteriormente dejar bien mullido el terreno empleando gradas o cultivadores. Se realizan los camellones separados a una distancia de 40 cm a 100 cm, dependiendo del cultivar a emplear (Velazco, 2010). Días previos al trasplante, se debe de realizar un riego en el campo (riego de enseño) para otorgar humedad adecuada a las plántulas (Toledo, 2003).

2.3.3. Abonado del campo.

De acuerdo con AGRORURAL (2019), para obtener rendimientos de entre 15 a 20 toneladas.ha⁻¹, la demanda nutricional del cultivo se puede satisfacer empleando una fertilización empleando guano de islas. Recomiendan aplicar entre 600 a 1200 Kg de guano de islas por hectárea bajo dos opciones: La primera es aplicar el 100% del fertilizante a 15 o 20 días después del trasplante (ddt). La segunda opción es aplicarlo de forma fraccionada, siendo la primera parte (50% de fertilizante) en los primeros 15 a 20 ddt y la otra parte en el cambio de surco. Por otra parte Sobrino, citado por Soria (2020) menciona que debido a que el cultivo demanda una alta cantidad de materia orgánica en el suelo, es mejor abonar previamente el campo con estiércol (2 meses antes del trasplante) y complementar posteriormente con abonos minerales.

La fertilización mineral al cultivo se dará en función de las condiciones ambientales de la zona donde se producirá, a las densidades a emplear y al estado en que se encuentre el suelo, así por ejemplo Casas, citado por Infante (2018), menciona que por la precocidad del cultivo se deberá de fertilizar con una ley de 100-80-80 fraccionado en dos momentos: Al trasplantar y 25 a 30 ddt, siendo las cantidades equitativas en ambos momentos; sin embargo, cuando las densidades de siembra son elevadas, las dosis de fertilización pueden llegar a 220 a 250 Kg de N.ha⁻¹, 150 a 250 Kg de P₂O₅.ha⁻¹. y 200 a 260 Kg de K₂O, como en las condiciones en el Valle de Chilinas en Arequipa (Choque & Vilca, 2018).

2.3.4. Trasplante y marco de plantación.

El trasplante se realiza cuando la plántula posee de 4 a 5 hojas verdaderas y tienen una longitud entre 10 a 15 cm, con buen vigor, descartándose aquellas plántulas etioladas, débiles, con el tallo dañado, aquellas que tienen la yema apical abortada o dañado por *Hellula phidilealis* (“brote ciego”) (Velazco, 2010). El trasplante se recomienda realizar a tempranas horas en la mañana o al atardecer para la reducción del estrés (Zamora, 2016). En el Perú se realiza mayoritariamente el trasplante a campo definitivo empleando plántulas con la raíz desnuda, esto debido a la facilidad de la planta para adaptarse a campo definitivo (Toledo, 2003). El recalce se realizará transcurridos pocos días al trasplante en las plántulas que no pudieron adaptarse a campo definitivo.

Respecto al marco de plantación, esto va ir acorde al cultivar que se va a emplear. En nuestro medio, Toledo (2003) menciona que el marco de plantación tradicional es de 70 cm entre surcos y un distanciamiento de 50 cm entre plantas en la hilera de siembra (28 750 plantas/ha.); sin embargo Cutcliffe, citado por Soncco (2019), menciona que para cultivares precoces se pueden emplear marcos de 70 cm a 75 cm entre hileras y 35 a 40 cm entre plantas dentro de las hileras, o un marco de 80 a 90 cm entre surcos y 45 a 50 cm entre plantas dentro de una hilera para cultivares intermedias o tardías.

2.3.5. Cambio de surco o aporque.

Se realiza entre los 25 a 30 ddt y se realiza con la finalidad de alejar el surco de riego del pie de la planta, además de otorgar soporte mecánico al tallo, aprovechar la labor para aplicar fertilizantes y realizar un control de malezas (Toledo, 2003).

2.3.6. Riego.

Los riegos son ligeros y frecuentes después del trasplante, con el fin de otorgar humedad al suelo para el crecimiento de las plántulas hasta el momento del cambio de surco. Después de esta labor los riegos serán más distanciados y copiosos en caso se emplee un sistema de riego por gravedad (Martínez, 2015). El período crítico del riego se da en la formación de los primordios florales y formación de la pella o cabeza, la carencia de agua puede disminuir

el tamaño de la cabeza, retrasar la maduración y afectar su calidad (Soria, 2020). De acuerdo a Toledo (2003), en Perú se emplea aproximadamente entre 3500 a 4000 m³ de agua por hectárea bajo condiciones de costa central en invierno.

2.3.7. Control de malezas.

Las malezas compiten con el cultivo de brócoli por nutrientes, luz, agua y espacio en el suelo para crecer y desarrollarse; además de ser hospederos de plagas y enfermedades (Toledo, 2003). La etapa crítica de competencia de las malezas se da en los primeros 30 ddt, por lo que se deberán realizar labores para controlarlos; caso contrario y debido al mal manejo de las malezas el rendimiento se verá afectado (Coaquira, 2019; Zamora, 2016).

En el manejo convencional del cultivo, antes del trasplante pueden aplicarse herbicidas pre-emergentes como oxyfluorfen a una dosis de 0.75 L/ha. para el control de malezas de hoja ancha hasta en por lo menos 3 semanas, para posteriormente realizar un segundo control al momento de realizarse el cambio de surco (Coaquira, 2019; Toledo, 2003). Sin embargo, en el caso de manejo agroecológico u orgánico, ya trasplantadas las plántulas se recomiendan el deshierbo manual o con herramientas como escardas (Soncco, 2019). En cualquier tipo de manejo, se recomienda que las actividades de control se realicen hasta que el follaje del brócoli cubra por completo el área ocupada, evitando así que prosperen las malezas (Coaquira, 2019).

2.3.8. Plagas clave, enfermedades y control.

a. *Hellula phidilealis* (“Gusano del brote”).

Especie de la familia Pyralidae, las larvas barrenan los brotes y profundizan en el tallo de las plántulas cuando se encuentran en almácigo. En plantas establecidas, la larva se dirige hacia el tallo ingresando ya sea por las axilas de la hoja o por el brote principal, barrenándolos. El daño es crítico cuando ataca al brote principal, ya que lo vuelve inviable, y aunque la planta genera brotes secundarios, no logran desarrollarse cabezas comerciales (Sánchez & Vergara, 2003).

Entre las medidas de control cultural se tiene la eliminación de residuos de cosecha, eliminación de plántulas dañadas y eliminación de malezas en el campo (incluido los bordes adyacentes), además de la rotación con otros cultivos que no sean crucíferas y evitar la siembra en campos donde previamente se hayan sembrado especies de la misma familia (Sánchez & Vergara, 2003). Respecto al control químico se recomiendan productos sistémicos o aquellos que actúen por contacto e ingestión como ciertos piretroides (SENASA, 2021).

b. *Plutella xylostella* (“Palomilla del dorso diamante”).

Especie de la familia Plutellidae, las larvas en primeros estadios pueden realizar minas (envés de la hoja) y conforme van creciendo ocasionan perforaciones en las hojas hasta dejarla esqueletizada. *P. xylostella* puede afectar la cabeza del brócoli dañando su conformación y con ello hacer que pierda valor comercial (Sánchez & Vergara, 2003)

Respecto al control cultural, las medidas de control implican la destrucción de residuos de cosechas anteriores y evitar la siembra cerca de otros campos con crucíferas (Sánchez & Vergara, 2003). En cuanto a control químico, SENASA (2021) permite el uso de Methomyl, Fipronil, Tolfenpyrad y Benzoylureas como Lufenuron. *P. xylostella* es susceptible a *Bacillus thuringiensis* (Dixon, 2007), por lo que SENASA permite su uso para la agricultura orgánica.

c. *Brevicoryne brassicae* (“Pulgón de crucíferas”).

Perteneciente a la familia Aphididae, los daños ocasionados por esta especie son la formación de agallas, amarillamientos y deformaciones en las hojas, además de la reducción de la fotosíntesis debido a la “fumagina” (*Capnodium sp.*) que se forman por las excretas azucaradas de este pulgón (Ramos, 2016). El daño más importante que ocasiona esta especie es la transmisión de virus (alrededor de 20) a diversas especies de crucíferas (Sánchez & Vergara, 2003).

Entre las medidas de control cultural tenemos la eliminación de malezas y plantas voluntarias, la rotación de cultivos, evitar la siembra en campos infestados adyacentes,

eliminación de hojas altamente infestadas (Sánchez & Vergara, 2003). En cuanto a control químico se recomiendan productos sistémicos, tales como aquellos a base de Acephate o Dimethoate (SENASA, 2021).

d. *Peronospora parasitica* (“Mildiú de las crucíferas”).

Perteneciente al grupo de oomycetos, este pseudohongo ocasiona daños a nivel foliar en cualquier etapa del cultivo. En plántulas ocasiona amarillamiento y clorosis en cotiledones y hojas; mientras que en plantas establecidas el daño inicialmente se presenta en pequeñas manchas cloróticas angulares delimitadas por las nervaduras en el haz de la hoja, las cuales se expanden y agrupan formando grandes manchas amarillas. En el envés se puede apreciar una esporulación blanquecina. El daño en la pella es el manchado de un tono color gris, perdiendo valor comercial. La enfermedad se ve favorecida por periodos de neblinas, lluvias ligeras que humedezcan el follaje y temperaturas nocturnas de 8°C a 16°C y temperaturas diurnas de menores a 24°C, siendo el rango de temperatura óptimo de 10°C a 15°C (SEMINIS, 2017).

Entre las medidas de control cultural se tiene el manejo de las densidades de siembra, con el objetivo que pueda permitir la circulación de aire y una buena exposición solar, una buena gestión del riego, eliminación de rastrojos u órganos afectados, rotación con otros cultivos que no sean crucíferas, etc. (SEMINIS, 2017). Respecto al control químico, el SENASA tiene registrado al Metalaxyl como ingrediente activo para su control (SENASA, 2021).

2.4. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

2.4.1. Propiedades nutraceuticas del brócoli.

El brócoli posee un importante valor nutricional, además de otros compuestos químicos que son beneficiosos para la salud. Respecto al valor nutricional, los componentes y sus respectivos valores se mencionan en la tabla N° 1.

El brócoli posee también compuestos fitoquímicos como glucosinolatos, los cuales luego derivan en isotiocianatos como el sulforafano que poseen acción anticancerígena preventiva; y en las índoles. Estos tres compuestos químicos tienen como función general la inducción de enzima detoxificadoras (Moreno & García, 2008; Ordiales *et al.*, 2017).

Tabla 1: Valor nutricional del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) en una porción comestible de 100 gramos

ELEMENTOS NUTRICIONALES	CANTIDAD	UNIDAD
<i>Componentes</i>		
Agua	89	%
Proteínas	3.6	g
Carbohidratos	5.9	g
Grasas	0.3	g
<i>Vitaminas</i>		
Vitamina A	2500	IU*
Vitamina C	113	mg
<i>Minerales</i>		
Calcio	103	mg
Hierro	1.1	mg
Fósforo	7.8	mg
Potasio	382	mg
Sodio	15	mg

Fuente: Kumar *et al.*, citado por Tejaswini *et al.* (2018).

*IU: Unidad Internacional: 0.3 mg de retinol o 0.6 mg de β -caroteno (Díaz, 2013).

2.4.2. Producción y rendimiento nacional promedio.

El brócoli ha sido uno de los cultivos que ha incrementado su área sembrada desde el año 2000 en adelante según el MINAGRI (2017). Un estudio económico realizado por este ministerio menciona que en el año 2000 la producción de 4,985 toneladas, el cual fue creciendo hasta el año 2017, dónde se registra una producción de 55,170 toneladas. El MINAGRI menciona que las causas de este incremento de producción obedecen a dos causas. Primero, un incremento del área sembrada con este cultivo a nivel nacional, pasando

inicialmente de unas 670 ha en el año 2000 a unas 4,090 ha para el año 2017 (incremento de 11% anual). Por último, un incremento anual del 3% en el rendimiento, pasando en el año 2000 a un rendimiento promedio nacional de entre 7.4 t/ha a 13.3 t/ha en 2017. El incremento en el rendimiento se debe también a la introducción de cultivares híbridos por los productores a mediados de los años 2000 y su posterior masificación en uso, esto según Casas, citado por Gargurevich (2018).

2.4.3. Importancia socioeconómica.

El MINAGRI (2017) menciona que las regiones productoras más importantes de brócoli son: Lima (80%), La Libertad (10%) y Arequipa (4%). Según Casas, citado por Gargurevich (2018), la mayor parte de la producción se concentra en Lima debido a que es en esta región en donde se concentra aproximadamente un tercio de la población del país y la existencia de grandes mercados mayoristas; es por ello que valles cercanos como Carabayllo, Chancay, Huaral, Chillón, Mala, Cañete e inclusive el Valle de Tarma y el Valle del Mantaro se volvieron en productores para la zona periurbana de Lima.

La mayoría de los productores de brócoli son pequeños agricultores. Andrade (2017) realizó un estudio de análisis de sostenibilidad en fincas productoras de brócoli en Santa Rosa de Quives – Canta (Lima), y entre la caracterización menciona que el 80% de productores poseen entre 1 a 5 ha en su posesión; el 62% tiene rendimientos cercanos a las 13 ton/ha y que su ingreso mensual no supera los \$368 para el 46% de productores (siendo este el ingreso más alto). Los productores, sumado al bajo ingreso mensual, presentan problemas económicos como la escasez de canales de comercialización de sus productos. Esta situación se estaría repitiendo en otras zonas productoras como por ejemplo en Carabayllo, donde Rodríguez (2017) menciona que una de las principales causas similares a esta situación es la falta de apoyo al agricultor para la formalización de cadenas productivas y comerciales.

2.5. EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LOS PARÁMETROS VEGETATIVOS, RENDIMIENTO Y CALIDAD EN BRÓCOLI.

2.5.1. Parámetros vegetativos.

a. Altura de planta.

Recientes investigaciones concluyen que, a bajas densidades de siembra, el distanciamiento entre plantas en brócoli no tiene un efecto significativo en la altura de planta. Los trabajos realizados por Bacarreza (2018) y Sanderson & Fillmore (2010), muestran que para densidades de siembra dentro del rango de 31 000 - 66 600 plantas/ha en cultivares como 'Green Storm', 'Monte Cristo' o 'Marathon' el factor distanciamiento entre plantas no muestran diferencias significativas en la altura de la planta entre estas a comparación de otros factores como el genotipo (cultivar), fecha de trasplante o la siembra a doble hilera. Sin embargo, según la empresa SEMINIS (2019) cuando se maneja el brócoli a altas densidades de siembra (98 000 – 148 000 plantas/ha), ocasiona un mayor crecimiento del tallo a medida que se incrementa la densidad de siembra. Francescangeli *et al* (2006) mencionan que el alargamiento del tallo en especies de crucíferas se debe a una alta absorción de luz roja lejana que se ocasiona por la sombra, lo que provoca la conversión de fitocromo rojo lejano a fitocromo rojo, y esto conlleva a una baja degradación de auxinas, ocasionando un elongamiento en el tallo.

b. Área foliar.

La magnitud del desarrollo del área foliar es independiente de la densidad hasta el inicio del desarrollo y posterior crecimiento de la pella (o días antes a este suceso); donde después de este, el incremento de área foliar sigue una tendencia lineal creciente a medida que se incrementa la densidad de siembra debido a que hay un incremento en las dimensiones (largo y ancho) de las hojas superiores en el brócoli (Francescangeli *et al.*, 2006). Aun cuando este enunciado se opone a los postulados de competencia intraespecífica entre plantas de Duncan y Gardner, citados por Cabezas & Corchuelo (2005) y a los resultados obtenidos por Bacarreza (2018), en el cual debería haber una mayor área foliar en plantas que están más distanciadas entre sí debido a una menor competencia entre individuos, Francescangeli *et al* (2006) mencionan que las hojas de brócoli son más anchas en el ápice que en la base y que, conforme se incrementa la densidad de siembra, las plantas activan ciertos mecanismos que implican cambios morfológicos con el fin de obtener la mayor cantidad de luz PAR

interceptada; esto, obedeciendo a la capacidad propia de cada cultivar para interceptar la mayor cantidad de luz PAR posible.

2.5.2. Rendimiento

El manejo de las densidades es una importante práctica cultural para obtener el máximo rendimiento y uniformidad en los cultivos (Bracy *et al.*, 1991). El incremento de la densidad de siembra tiene como consecuencia un incremento en el rendimiento debido a que incrementa la cantidad de planta en una determinada área (Dixon, 2007; Schellenberg *et al.*, 2009). Recientes trabajos realizados por Lozano *et al.* (2019), Infante (2018) y Luna (2017) mostraron resultados en los cuales el rendimiento incrementaba conforme se incrementaba la densidad de siembra; esto mediante la reducción del distanciamiento entre plantas dentro de la hilera. Así, la diferencia en el rendimiento era más significativa cuanto menor era la distancia entre las plantas dentro de la hilera. Cutcliffe, citado por Sanderson & Fillmore (2010), menciona que el rendimiento eventualmente llega a una meseta conforme se incrementa la densidad de siembra y que, según Gordon (2010), incrementar la densidad de siembra por encima de aquella densidad que llega a la meseta, sólo incrementa los costos al productor sin observarse un incremento en el rendimiento.

2.5.3. Parámetros de calidad

a. Materia seca

La densidad de siembra no afecta la acumulación de la materia seca en los órganos hasta poco antes del inicio del desarrollo de la inflorescencia (Francescangeli *et al.*, 2006). Durante el crecimiento vegetativo, la materia seca se acumula exponencialmente en las hojas y tallo hasta antes del inicio de la etapa reproductiva. Es en esta etapa donde la acumulación de materia seca en las hojas y tallos disminuye y se produce una acumulación exponencial de materia seca en la inflorescencia, lo que demuestra que, iniciado el proceso reproductivo, los fotoasimilados se dirigen preferentemente a la inflorescencia (Cecílio *et al.*, 2017); sin embargo, Francescangeli (2006) menciona que la cantidad de materia seca en la cabeza comercial disminuye linealmente conforme se incrementa la densidad de siembra, no afectando así a otros órganos como raíces, tallos, hojas o la inflorescencia botánica.

b. Peso de pella

Chung, citado por Sanderson & Fillmore (2010), menciona que el peso promedio de la pella disminuye a medida que se incrementa la densidad de siembra. Existen una vasta cantidad de reportes que refuerzan este enunciado, en los cuales se demuestra que a medida que se reduce la distancia entre plantas o incremento en la densidad de siembra, la reducción en el peso de la pella se hace cada vez más significativa (Bracy *et al.*, 1991; Jett *et al.*, 1995; Lozano *et al.*, 2019; Salter *et al.*, 1984). Collantes, citado por Infante (2018), menciona que en bajas densidades, al haber menor competencia el peso promedio tiende a ser mayor que en aquellas pellas cosechadas en áreas sembradas a altas densidades.

c. Diámetro ecuatorial de la pella

Diversos estudios referentes al manejo de la densidad demuestran un efecto marcado en el diámetro ecuatorial de la pella. A medida que la densidad de siembra incrementa, el diámetro ecuatorial de la pella se reduce, siendo inversamente proporcionales (Cordero *et al.*, 2010; Jett *et al.*, 1995; Lozano *et al.*, 2019; Salter *et al.*, 1984; Sanderson & Fillmore, 2010).

d. Altura de pella

La variación de la densidad de siembra en la altura de la pella cosechada tiene el mismo efecto que en la altura de planta y probablemente se explique por las mismas causas (Infante, 2018).

e. Diámetro de pedúnculo de pella

El distanciamiento no tiene un efecto notorio en la variación del diámetro de tallo. Infante, (2018) y Ward *et al.* (2015) demostraron que aunque hay un ligero incremento del diámetro de tallo a altas densidades de siembra, la variación de este parámetro contra las bajas densidades de siembra no es estadísticamente significativo.

f. Compacidad

No existe investigaciones que hubiesen evaluado el efecto la densidad de siembra con el grado de compacidad que pueda tener la pella. La variación de este parámetro se ha realizado para ver el efecto de otros tipos de factores, tales como la época de trasplante (Vilca, 2019) o el genotipo (Lozano *et al.*, 2017; Salguero *et al.*, 2011).

Coaquira (2019) menciona que el grado de compacidad es afectado por el genotipo del cultivar que se desee emplear, pero también puede estar influenciado por el clima y las labores culturales. Este autor, citando a Asturias (2015), también menciona la importancia de esta variable en la post-cosecha, pues, se desea que la pella sea compacta, pesada, para que tenga aguante en campo y post-cosecha; no se desean pellas con baja compacidad, pues se asocia a mala calidad de producto y complica el manejo en post-cosecha

III. METODOLOGÍA

3.1. CAMPO EXPERIMENTAL

3.1.1. Ubicación geográfica.

El presente trabajo de investigación fue realizado en la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima-Perú), exactamente dentro del campo experimental “Campo Alegre 4”, manejado por el Programa de Investigación en Hortalizas “El Huerto” (ver Fig 1). Las coordenadas geográficas son:

Latitud sur: 12°05'07''

Longitud Oeste: 76°56'32''

Altitud: 240 m.s.n.m.



Figura 1: Ubicación del área experimental
Fuente: Google Earth (2021)

3.1.2. Datos climáticos.

La tabla N° 2 resume el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa en La Molina, por medio de datos obtenidos por la estación meteorológica Alexander Von Humboldt durante el desarrollo del cultivo. La temperatura promedio oscila en el rango de 17°C a 20.35°C, la temperatura mínima registrada fue de 11.10°C a finales del mes de setiembre y la temperatura máxima fue de 25.40°C en el mes de a inicios del mes de diciembre (Fig 2). Los registros de temperatura se encuentran dentro del rango para el crecimiento y desarrollo del cultivo. La humedad relativa en promedio se mantiene constante durante entre $77.67 \pm 2.49\%$

Tabla 2: Temperatura y humedad relativa en el período setiembre-diciembre 2020 en La Molina, Lima

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)
	Mínima	Máxima	Promedio	
Setiembre	11.10	22.90	17.00	78.92
Octubre	12.60	25.50	19.05	78.27
Noviembre	11.90	26.30	19.10	76.43
Diciembre	15.30	25.40	20.35	78.48

Fuente: ESTACIÓN METEOROLÓGICA ALEXANDER VON HUMBOLDT - SENAMHI (2021).

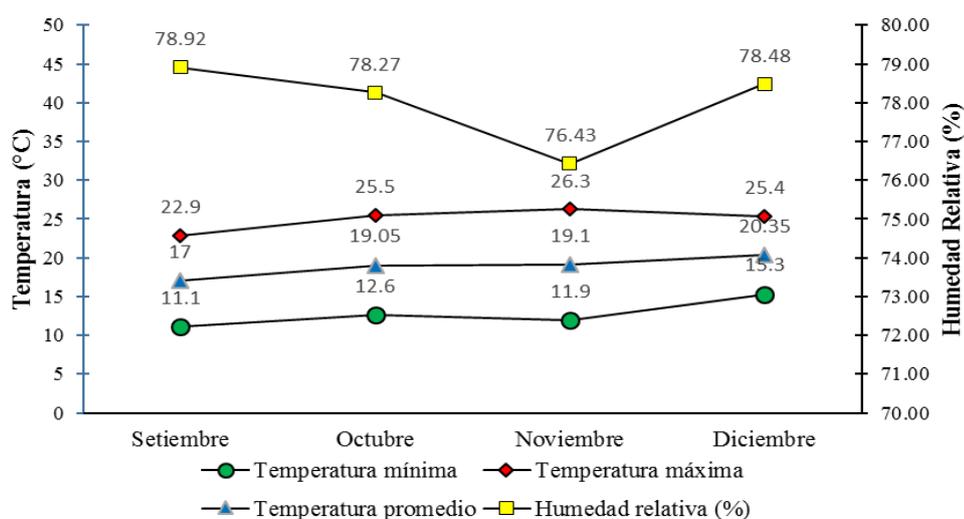


Figura 2: Variación de la Temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura promedio y humedad relativa en La Molina durante el periodo setiembre-diciembre 2020.

Fuente: SENAMHI (2021).

3.1.3. Características del suelo

Se realizó el análisis de suelo del área experimental dónde se desarrolló el trabajo de investigación que se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3: Propiedades físico químicas del suelo de la parcela Campo Alegre 4

Variab les	Unidades	Valores
<i>Químicas</i>		
pH		7.07
C.E (1:1)	dS/m	5.35
CaCO ₃	%	2.86
P	ppm	99.5
K	ppm	992.
<i>Físicas</i>		
Arena	%	61.00
Limo	%	24.00
Arcilla	%	15.00
Clase textural		Fr.A.
<i>Materia orgánica</i>		
M.O.	%	2.28
<i>Cationes cambiables</i>		
	meq/100 g suelo	
CIC		9.60
Ca ⁺²		6.00
Mg ⁺²		1.72
K ⁺		1.63
Na ⁺		0.25
Al ⁺³ +H ⁺		0.00
<i>Suma de cationes</i>		9.60
<i>Suma de bases</i>		9.60
<i>Saturación de bases</i>	%	100.00

El análisis indica que es un suelo franco arenoso (Fr. A), un suelo de textura moderadamente grueso, con capacidad de retención de humedad moderada y con un considerable espacio poroso.

El pH de suelo es neutro, lo que permite la disponibilidad de la mayoría de elementos. La conductividad eléctrica (C.E_(1:1)) es de 5.35 dS/m, lo que es catalogado como un suelo

ligeramente salino. El PSI calculado es de 10.96. Bajo los parámetros anteriormente mencionados este suelo es catalogado como salino. El valor de CIC es bajo (9.60 meq/100 g suelo). Los valores de K y P son altos y el porcentaje de materia orgánica (%M. O: 2.28) es catalogado como medio. El porcentaje de saturación de bases (PSB) es alto (100%). La concentración de carbonato de calcio es alta (2.86%).

3.2. MATERIALES

3.2.1. Material vegetal: Cultivares.

a. ‘Formoso’

Las características de ese cultivar, de acuerdo con la empresa HM Clause, citado por Coaquira (2019), son las siguientes:

- Precocidad: Cosecha a 75 días después de trasplante.
- Planta compacta y vigorosa, con un follaje intermedio.
- Pellas grandes y pesados, de color verde y granulometría media.
- Ideal para iniciar producción a finales de otoño y verano.

b. ‘Imperial’.

De acuerdo con la empresa Sakata (2020) las características del cultivar ‘Imperial’ son las siguientes:

- Cabeza o pella de tamaño mediano,
- Granulometría fina a mediana.
- Hábito de crecimiento erecto.
- Adaptación a zonas intermedias y calientes.
- Ciclo aproximado de 90 días
- Permite una mayor densidad de siembra.
- Alto rendimiento con calidad en la pella.
- Mejor calidad post-cosecha.

3.2.2. Materiales y equipos.

a. Materiales.

- Escarda.
- Cuaderno de apuntes.
- Cuchillo.
- Jabas.
- Aceite agrícola e insecticidas aprobados para agricultura orgánica.
- Vernier o “pie de rey”.
- Bolsas de papel Kraft.
- Cinta métrica.

b. Equipos.

- Balanza digital marca Valtox®.
- Balanza de precisión marca Ohaus®.
- Estufa marca Memmert®.
- Cámara digital marca Cannon®.

3.3. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.3.1. Manejo del cultivo.

a. Trasplante.

Realizado el 25 de setiembre del 2020. Se emplearon plántulas de los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ de 30 días de edad, con 4 hojas verdaderas y de una longitud aproximada de 10 cm. Las plántulas fueron obtenidas de almácigos del Programa de Investigación en Hortalizas de la UNALM.

Previamente al trasplante se realizaron hoyos de aproximadamente 5 cm de profundidad en la parte superior de la costilla del surco, distanciados entre sí acorde a los tratamientos. El trasplante se realizó a raíz desnuda.

b. Fertilización.

Previo al trasplante, el área experimental fue abonado con guano de islas (5ton/ha) durante la preparación del terreno, el cual estuvo en barbecho durante aproximadamente

5 meses. El guano de islas está enriquecida con diversos macro y micronutrientes, tales como nitrógeno (N: 10%-14% peso), fósforo (P_2O_5 : 10-12% peso), potasio (K_2O : 2%-3% peso), calcio (CaO: 10% peso), magnesio (MgO: 0.8% peso), azufre (%S: 1.5% peso) y micronutrientes (20 a 600 ppm) (programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural - AGRO RURAL, 2018).

c. Riego.

El riego fue realizado por sistema de goteo. Se realizó el riego de enseñanza el 23 de setiembre del 2020. Inmediatamente después del trasplante se realizó el primer riego con el fin de lograr el prendimiento de las plántulas en el campo definitivo. Los riegos posteriores fueron realizados 3 veces por semana, a una frecuencia interdiaria hasta la última cosecha. Los dos primeros riegos de la semana tuvieron un tiempo de duración de 4 horas, y el último riego de 5 horas, con el fin de mantener la humedad en el suelo constante.

d. Control de plagas y enfermedades.

Durante todo el desarrollo del cultivo se presentaron 3 plagas claves en el presente trabajo: *Plutella xylostella*, *Brevicoryne brassicae* y *Hellula phidilealis*. El daño del primero y la presencia de colonias en pequeños focos del segundo se observaron a los 10 ddt, mientras se realizaba la primera evaluación. Los resultados de las evaluaciones arrojaron en promedio 3 larvas (de diferentes estadios) de *Plutella xylostella* y focos de 6 a 13 individuos por hoja. La primera aplicación para el control de estas plagas se realizó a los 13 ddt. Los primeros daños de la última plaga se observaron a los 24 ddt, viéndose en estos las excretas de la larva cerca del cogollo de la planta. La segunda y última aplicación se realizó a los 33 ddt. El control mediante aplicaciones de productos fitosanitarios se realizó empleando una mezcla de MATRINE 0.5% S.L (i.a: Matrine) a 30 mL, BACISTOK 6.4% a 60 g (i.a: *Bacillus thuringensis* var. *Kurstakii*) y aceite agrícola a 50 mL por cada 20 L de solución. Estos productos actúan tanto por contacto como ingestión en el caso de las larvas de lepidópteros y por asfixia en el caso de los pulgones.

e. Labores culturales.

El recalce se realizó a los 5 días después del trasplante (ddt). Esto fue ejecutado en los hoyos que presentaron plántulas que no lograron adaptarse al campo definitivo ocasionado por el estrés del trasplante.

El desmalezado se realizó de manera continúa hasta que el momento del cambio de surco. Esto con el fin de permitirle al cultivo cubrir con su follaje gran parte del surco, reduciendo así el efecto de la competencia que ocasionan las malezas. El desmalezado se realizó con escarda, manualmente.

El cambio de surco se realizó a los 23 ddt y fue ejecutado con tractor implementado con una rastra de dientes.

f. Cosecha.

Se realizó cuando la inflorescencia alcanzó la madurez comercial. De forma manual, se cortaron las inflorescencias con una porción aproximada de 6 a 8 cm de tallo, empleando un cuchillo afilado. Las pellas fueron colocadas en jvas e inmediatamente llevadas al Programa de Investigación en Hortalizas para realizar las evaluaciones. La cosecha inició en el cultivar 'Formoso' a los 55 ddt y culminó a los 67 ddt. En el caso del cultivar 'Imperial', la cosecha inició a los 62 ddt y culminó a los 75 ddt. En ambos cultivares se realizaron 4 cosechas.

3.3.2. Tratamientos.

La tabla N° 4 nos muestra los tratamientos evaluados. En todos los tratamientos la distancia entre surcos fue de 0.8 m. Un distanciamiento entre plantas de 40 cm, la densidad de siembra fue de 31,250 plantas.ha⁻¹, en el caso de 50 cm la densidad fue de 25,000 plantas.ha⁻¹ y en el caso de 60 cm, la densidad de siembra fue de (20 000 plantas.ha⁻¹).

Tabla 4: Tratamientos evaluados en el ensayo (Cultivares y distanciamientos entre plantas).

Tratamiento	Cultivar/ distancia entre planta	Densidad de siembra (Total plantas.ha ⁻¹)
T1	‘Formoso’ a 40 cm	31 250
T2	‘Formoso’ a 50 cm	25 000
T3	‘Formoso’ a 60 cm	20 000
T4	‘Imperial’ a 40 cm	31 250
T5	‘Imperial’ a 50 cm	25 000
T6	‘Imperial’ a 60 cm	20 000

3.3.3. Diseño Experimental.

El diseño experimental del presente trabajo fue un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 6 tratamientos y 4 repeticiones. El modelo aditivo lineal para el DBCA es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Es el valor observado en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.

μ : Es el efecto de la media general.

τ_i : Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j : Es el efecto del iésimo bloque.

ε_{ij} : Es el efecto del error experimental en el i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque

Previo a realizarse un análisis de varianza (ANVA), se debe de verificar el cumplimiento de los supuestos del modelo experimental en los datos, estos son normalidad y homogeneidad de variancias. El primer supuesto mencionado se evaluó mediante la prueba de Anderson-Darling, mientras que en el segundo supuesto se realizó la prueba de Bartlett. Se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de significancia cuando se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Los análisis y pruebas estadísticas de todas las variables sometidas a evaluaciones fueron realizados empleando el software estadístico MINITAB 19 (MINITAB INC.).

3.3.4. Descripción del área experimental.

El área experimental dónde se realizó el ensayo fue una parcela dentro de “Campo Alegre 4”. Las dimensiones de la parcela experimental fueron de 14.4 metros de ancho y 43 metros de largo, dando un área total de 619.2 m². La descripción del área experimental se presenta en la tabla 5. El área experimental del cultivo fue dividida en 4 bloques de 144m² cada uno, distanciados entre sí por 1 metro (caminos). En cada bloque, el área fue dividida en 6 sub-parcelas de 24 m² cada una, en las cuales se establecerían los tratamientos. Respecto al efecto borde, el área experimental estuvo alejado 20 m del cabezal del sistema de riego, y contaba con 3 surcos tanto a su margen derecho como izquierdo.

Tabla 5: Descripción y dimensiones del área experimental

Descripción	Cantidad
<i>Parcelas o unidades experimentales (UE)</i>	
Largo	10 m
Ancho	2.4 m
Área de UE	24 m ²
Nº de UE/bloque	6
Nº total de UE	24
Número de surcos por UE	3
Distancia entre surcos	0.8 m
<i>Bloques</i>	
Cantidad de bloques	4
Área de bloque	144 m ²
Área total de los bloques	576m ²
Distancia entre bloques	1m
Total de surcos	18
<i>Caminos</i>	
Largo	14.4 m
Ancho	1m
Área de camino	14.4 m ²
Cantidad de caminos	3
Área total en caminos	43.2 m ²

Durante el trasplante, el espacio circundante al área experimental también fue trasplantado con plántulas de brócoli cv. 'Formoso' a un distanciamiento de 50 cm, por lo que estas fueron las plantas que ocuparon el espacio del efecto borde (Fig 3).

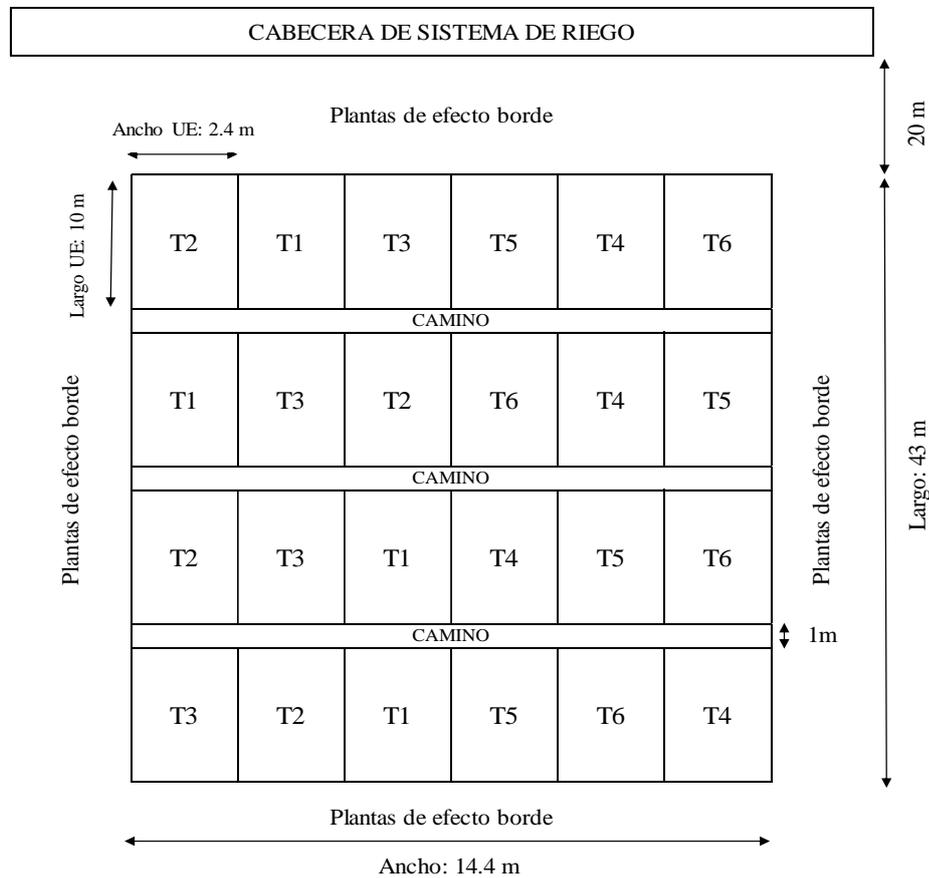


Figura 3: Croquis del área experimental

3.3.5. Variables evaluadas.

a. Parámetros vegetativos.

Altura de planta.

La altura de planta se evaluó al inicio de la cosecha. Se seleccionaron al azar 10 plantas del surco central por cada tratamiento y se midió la altura desde el cuello de planta hasta la parte superior de la inflorescencia del brócoli.

Área foliar.

La medición del área foliar se realizó mediante el método del sacabocado. Durante la segunda cosecha para cada tratamiento y repetición se extrajo una planta del surco central que tuviera la pella en plena madurez comercial. De cada planta se pesaron sus hojas, tallo e inflorescencia para obtener el peso fresco total de la planta. De cada planta se extrajo una hoja del tercio medio. Se separaron la nervadura prominente y peciolo de la lámina foliar, este último se llevó a pesar (peso fresco). De la lámina foliar se extraen 10 discos (área de disco: 0.049 dm²), teniendo una cantidad de discos se tiene también una cantidad de área de discos total conocido a un peso determinado (peso de 10 discos). Los discos fueron colocados dentro de un sobre de papel Kraft correctamente identificado y llevados a estufa para obtener el peso seco a una temperatura constante de 70°C durante 3 días. Por regla de tres simples se calcula el área foliar de la planta.

$$\text{Peso seco de discos} \text{ --- } \rightarrow \text{Área de discos (dm}^2\text{)}$$

$$\text{Peso seco de limbo} \text{ --- } \rightarrow X \text{ dm}^2 \text{ (área foliar)}$$

b. Rendimiento.

Se pesaron las pellas comerciales que se obtuvieron en cada cosecha por cada unidad experimental, para posteriormente sumar el total cosechado en kilogramos y llevarlo a megagramos (antes llamado toneladas) por hectárea.

c. Porcentaje de materia seca.

La materia seca fue evaluada extrayendo una planta entera del surco central por unidad experimental durante la segunda cosecha de cada tratamiento. Se separaron las hojas, tallo y la inflorescencia comercial de la planta. Cada componente fue pesado en su totalidad (peso en fresco) para posteriormente seleccionar 1 hoja del tercio medio, una porción de tallo y una porción de la inflorescencia (aproximadamente 100 g de cada porción), picarlos en trozos pequeños, colocarlos en bolsas de papel Kraft correctamente identificados y llevarlos a estufa a temperatura constante de 70°C por 3 días. La cantidad de materia seca para cada componente se determinó mediante la fórmula:

$$\%Materia\ seca = \frac{Peso\ seco\ a\ estufa}{Peso\ fresco} * 100$$

d. Parámetros de calidad.

Las siguientes evaluaciones se realizaron seleccionando al azar 10 pellas cosechadas de cada unidad experimental en la tercera cosecha de cada cultivar.

Peso de pella.

Se pesaron de manera individual las 10 pellas en una balanza digital.

Diámetro de pella.

Debido a que las pellas no mostraron una forma circular perfecta, se procedió a realizar dos evaluaciones del diámetro con un vernier, siendo estos el diámetro más largo y el más corto. Dichas longitudes fueron posteriormente promediadas.

Altura de pella.

Se evaluó midiendo la altura de la pella con un vernier, desde la base de la porción del tallo hasta la parte superior de la inflorescencia.

Diámetro de pedúnculo de pella.

Debido a la irregularidad del diámetro del tallo, se realizaron dos mediciones con vernier, siendo estos el diámetro más largo y el más corto, para posteriormente promediar ambos resultados.

Compacidad

La compacidad se evaluó mediante el método propuesto por Monge *et al* (2015), el cual relaciona la masa (Kg) y el diámetro de la pella (dm), siendo la fórmula para el cálculo:

$$Compacidad = \frac{Masa\ de\ la\ pella\ (Kg)}{diametro\ de\ la\ pella\ (dm)}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PARÁMETROS VEGETATIVOS

4.1.1. Altura de planta.

La evaluación de altura para el cultivar 'Formoso' se realizó el 25 de noviembre del 2020 (60 ddt) el cual fue la fecha de la segunda cosecha para este cultivar, mientras que para el cultivar 'Imperial' la evaluación de altura se realizó el 01 de diciembre del 2020 (67 ddt), fecha de la segunda cosecha para este cultivar. El ANOVA (Ver anexo 18) da como resultados la existencia de diferencias significativas para el factor tratamientos ($p < 0.05$), por tanto, se realizó la prueba de Tukey. La tabla 6 muestra el resumen de la comparación de las medias entre los tratamientos para esta variable. El coeficiente de variación fue de 5.71%, el cual es un valor menor al 30%, lo que denota un alto grado de homogeneidad entre los datos, esto de acuerdo con Gómez y Gómez, citados por Gordón & Camargo (2015). El coeficiente de determinación infiere que el 75.54% de la variabilidad de los resultados de altura de planta se explican bien por el efecto de los tratamientos.

Se observa en la tabla 6 que el efecto de las densidades en los dos cultivares evaluados no muestra diferencias significativas en la comparación de sus medias. En el caso del cultivar 'Imperial', aunque la mayor altura de planta se a 31,250 plantas.ha⁻¹ (T4) con 41.84 cm, no difiere de 20,000 plantas.ha⁻¹ (T6) con 41.71 cm, ni de 25,000 plantas.ha⁻¹ (T5) con 41.50 cm. La misma tendencia se observó en el cultivar 'Formoso', en el cual la mayor altura de planta la obtuvo 31,250 plantas.ha⁻¹ (T1) con 38.56 cm, pero no difirió significativamente de 25,000 plantas.ha⁻¹ (T2) con 37.72 cm y de 20,000 plantas.ha⁻¹ (T3) con 37.64 cm. La causa probable por la cual el distanciamiento no mostró diferencias significativas para la variable altura de planta en cada cultivar dentro de este trabajo sean los marcos de plantación, empleados (20,000; 25,000 y 31,250 plantas. ha⁻¹). Estas densidades son relativamente cercanas entre sí, por lo cual la diferencia de altura de planta entre estas densidades no fue estadísticamente significativa en comparación con las densidades que manejaron Francescangeli *et al* (2006), cuyo rango de diferencias entre densidad oscila entre 2 plantas.m⁻² a 6 plantas.m⁻² (20 000 a 60 000plantas.ha⁻¹), de diferencias entre densidad

oscila entre 2 plantas.m⁻² a 6 plantas.m⁻² (20 000 a 60 000plantas.ha⁻¹), rango en el cual el efecto la densidad respecto a la altura de planta es más marcado. Aun cuando no se hallaron diferencias significativas entre los promedios para altura de planta en las densidades trabajadas, los mayores valores para este parámetro e ambos cultivares se da a la mayor densidad (31,250 plantas.ha⁻¹). Francescangeli *et al* (2006) menciona que la densidad de siembra afecta la calidad de luz que llega al dosel inferior del cultivo, lo que ocasiona una alta absorción de luz roja lejana, promoviendo la conversión del fitocromo rojo lejano a fitocromo rojo desencadenando una baja degradación de auxinas y en consecuencia, un alargamiento del tallo. Así, una mayor densidad de siembra se correlaciona positivamente con una mayor altura de planta.

Tabla 6: Efecto de la densidad en la altura de planta de dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea var. italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivar-Densidad de siembra</i>	<i>Altura de planta (cm)*</i>
T4	‘Imperial’-31,250	41.84 a
T6	‘Imperial’-20,000’	41.71 a b
T5	‘Imperial’-25,000	41.50 a b
T1	‘Formoso’-31,250	38.56 b c
T2	‘Formoso’-25,000	37.72 c
T3	‘Formoso’-20,000	37.64 c
<i>Cultivares</i>		<i>Altura de planta*(cm)</i>
	‘Imperial’	41.68 a
	‘Formoso’	37.97 b
	C.V	5.71%
	R ²	75.54%

*: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05\%$).

La comparación de la altura de planta entre ambos cultivares en cada densidad de siembra evaluada muestran diferencias significativas en el cv. ‘Imperial’, respecto de ‘Formoso’. Resultados similares obtuvo Bacarreza (2018) al trabajar con los cultivares ‘Green Storm’ y ‘Montecristo’ manejados a densidades de 20,000 plantas.ha⁻¹, 25,000 plantas.ha⁻¹ y 33,000

plantas.ha⁻¹; de igual forma con Luna (2017), quien trabajo con los cultivares ‘Legacy’ y ‘UG-2111’, manejados a densidades de 80,000 plantas.ha⁻¹, 110,000 plantas.ha⁻¹ y de 170,000 plantas.ha⁻¹. Los autores en ambos trabajos no encontraron diferencias en el factor distanciamiento entre plantas; sin embargo, encontraron diferencias significativas en el factor cultivares, aduciendo como causa de esto la genética propia de cada cultivar y la interacción de esta con el ambiente. En este trabajo el promedio general de la altura de planta para el cultivar ‘Imperial’ (41.68 cm) fue significativamente superior al de ‘Formoso’ (38.56 cm). Resultados similares obtuvo Vilca (2019) con ambos cultivares, en el cual ‘Imperial’ (61.5 cm) era significativamente mayor en altura que ‘Formoso’ (55.9 cm). De acuerdo con las casas productoras de semillas, HM-Clause, citado por Coaquira (2019) mencionan que el cultivar ‘Formoso’ es una planta compacta y vigorosa, mientras que SAKATA (2020) menciona que el porte de las plantas del cultivar ‘Imperial’ son de porte alto y erecto. Bajo los resultados de este trabajo y las menciones dadas por las casas productoras de semillas, el cultivar ‘Imperial’ tiene mayor altura que ‘Formoso’ (Ver figura 4).

4.1.2. Área foliar.

El ANOVA para esta variable (Ver anexo 19) mostró diferencias significativas para el factor tratamientos ($p < 0.05$), por lo que se procedió a realizar la comparación de medias por la prueba de Tukey. La tabla 7 muestra un resumen de las comparaciones de medias de los tratamientos para la variable de área foliar. El coeficiente de variación fue de 15.41 % (menor a 30%), lo que denota cierto grado de homogeneidad, según Gómez y Gómez, citados por Gordón & Camargo (2015), y además un coeficiente de determinación de 83.23%, un alto valor que explica que gran parte de la variabilidad del área foliar se explica por el efecto de los tratamientos.

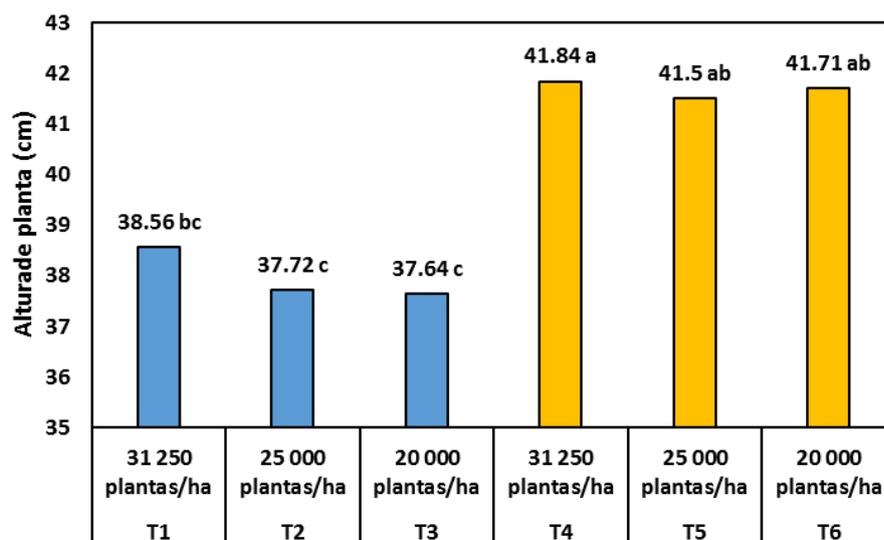


Figura 4: Altura de planta (cm) en los cultivares 'Formoso' e 'Imperial' de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) bajo tres densidades de siembra
 Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes.

Tabla 7: Efecto de la densidad de siembra en el área foliar de dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores promedio
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivar-Densidad de siembra</i>	<i>Área foliar de planta (dm²)*</i>
T6	'Imperial'-20,000	16.43 a
T5	'Imperial'-25,000	14.29 a b
T3	'Formoso'-20,000	14.08 b
T4	'Imperial'-31,250	12.51 b c
T2	'Formoso'-25,000	12.57 b c
T1	'Formoso'-31,250	10.66 c
<i>Cultivares</i>		<i>Área foliar de planta (dm²)*</i>
	'Imperial'	14.41 a
	'Formoso'	12.43 b
	C.V	15.41%
	R ²	12.43%

*: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los resultados de la tabla 7 muestran diferencias significativas entre las densidades de 20,000 plantas. ha⁻¹ (T6:16.43 dm²) y 31,250 plantas.ha⁻¹ (T4:12.51 dm²) en el cv ‘Imperial’, y el mismo comportamiento se ve en cv. ‘Formoso’ en 20,000 plantas.ha⁻¹ (T3:14.08 dm²) y 31,250 plantas.ha⁻¹ (T1: 10.66 dm²). Los resultados también demuestran que, en cada una de las densidades evaluadas, los mayores valores para el área foliar se dan en el cv. ‘Imperial’, aunque no se encuentran diferencias significativas entre ambos cultivares a las densidades de 25,000 plantas. ha⁻¹ y 31,250 plantas. ha⁻¹; sin embargo, las diferencias significativas se muestran a la densidad de 20,000 plantas. ha⁻¹, en la cual ‘Imperial’ fue superior a ‘Formoso’ (Ver figura 5).

Bacarreza (2018) reportó resultados similares en su trabajo de investigación. Este autor menciona que encontró diferencias significativas en los factores cultivar y distancia de plantación, encontrando una mayor cantidad de área foliar en el cultivar ‘Monte Cristo’ (2850 cm²) que en ‘Green Storm’ (2 550 cm²); y en promedio siendo mayor el área foliar cuando las plantas son trasplantadas a una distancia entre sí de 50 cm (2 800 cm²) que a 30 cm (2 450 cm²). En general, el área foliar promedio del cultivar ‘Imperial’ (14.41 dm²) fue superior a ‘Formoso’ (12.43 dm²). En el caso del factor genético (“variedades”, como lo menciona Bacarreza), la razón de la marcada diferencia del área foliar entre ambos cultivares se debe a la genética propia de cada variedad y la interacción que tienen con el ambiente y el manejo cultural. Soncco (2019) también encontró diferencias significativas en el área foliar de diferentes híbridos comerciales brócoli bajo un mismo marco de trasplante (35 cm entre planta por 45 cm entre surcos), atribuyendo también la causa de estos a la genética que posee cada híbrido y su adaptabilidad al ambiente. Respecto a las diferencias en el factor distanciamiento, Bacarreza (2018) menciona que la razón de una mayor cantidad de área foliar en plantas con mayor distanciamiento se debe a la menor competencia inter específica por los recursos, principalmente por la luz

Francescangeli *et al.* (2006) mencionan que una mayor densidad de siembra repercute en una mayor cantidad área foliar en la planta debido a la competencia por luz. Craine & Dybzinski (2013) mencionan que la competencia por luz no sólo selecciona a especies vegetales de mayor tamaño, sino también a aquellas especies que pueden mantener un área foliar más amplia. Dentro de los mecanismos de competencia por la luz, estos investigadores mencionan que las plantas cultivadas pueden mantener un área foliar mayor a lo óptimo o

sostener las hojas horizontalmente con el fin de reducir el crecimiento de la competencia en ausencia o presencia de estas, teniendo así una ventaja competitiva superior a las otras especies con las que compite por la luz. Este mecanismo de competencia por la luz puede ser la razón por la cual a la menor densidad de siembra (20,000 plantas. ha⁻¹) hay una mayor cantidad de área foliar en ambos cultivares.

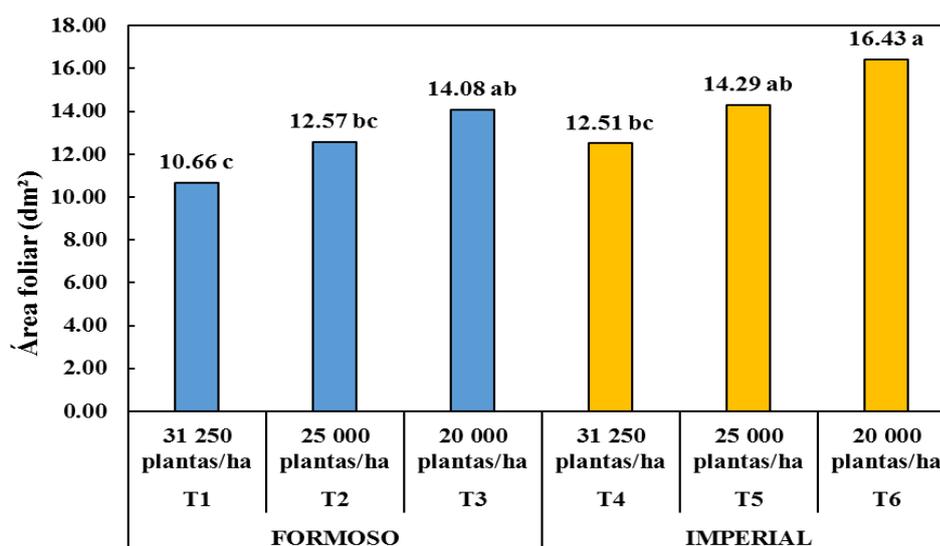


Figura 5: Área foliar (dm²) en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) bajo tres densidades de siembra.

Medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes.

4.2. RENDIMIENTO

El ANOVA (Ver anexo 20) para esta variable muestra diferencias significativas para el factor tratamientos ($p < 0.05$), por lo que se procedió a realizar la prueba de comparación de Tukey. La tabla 8 muestra el resumen de las comparaciones entre los rendimientos promedio de los diferentes tratamientos evaluados. El coeficiente de variación fue de 16.06% (menor al 30%), lo que denota un cierto grado de homogeneidad de los datos, según Gómez y Gómez, citados por Gordón & Camargo (2015) y un coeficiente de determinación del 93.08%, lo que indica que un alto porcentaje de la variabilidad en el rendimiento es explicado por el efecto de los tratamientos.

Los resultados de la tabla 8 muestran que a una densidad de 31,250 plantas.ha⁻¹ se obtiene mayor rendimiento que en las otras densidades en ambos cultivares, encontrándose

diferencias significativas en esta densidad con 20,000 plantas.ha⁻¹ en el cv ‘Imperial’ (T4: 29.52 t/ha; T6: 23.39 t/ha), y con 25,000 plantas.ha⁻¹ y 20,000 plantas.ha⁻¹ en el cv. ‘Formoso’ (T1: 25.44 t/ha; T2: 22.19 t/ha; T3: 19.20 t/ha). Los resultados también muestran que la comparación de los cultivares a cada densidad trabajada, los valores superiores se encuentran en el cv ‘Imperial’ y que, además, hay diferencias significativas con cv. ‘Formoso’ a la densidad de 25,000 plantas.ha⁻¹ (T5: 28.5 t/ha vs T2: 22.19 t/ha) y en 20,000 plantas.ha⁻¹ (T6: 23.39 t/ha vs T3: 19.20 t/ha). Estos resultados demuestran que el incrementar la densidad de siembra repercute en un incremento en el rendimiento (Ver figura 6).

Tabla 8: Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento (t.ha⁻¹) de dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivar-Densidad de siembra</i>	<i>Rendimiento (t.ha⁻¹)*</i>
T4	‘Imperial’-31,250	29.70 a
T5	‘Imperial’-25,000	28.49 a b
T1	‘Formoso’-31,250	25.44 b c
T6	‘Imperial’-20,000	23.39 c d
T2	‘Formoso’-25,000	22.20 d e
T3	‘Formoso’-20,000	19.20 e
<i>Cultivares</i>		<i>Rendimiento (t.ha⁻¹)*</i>
	‘Imperial’	27.20 a
	‘Formoso’	22.28 b
	C.V.	16.06%
	R ²	93.08%

*: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Lo anteriormente mencionado es corroborado recientemente por Infante (2018), Lozano *et al* (2017); Ward *et al.* (2015). La razón de esto se debe a que un incremento en la densidad de siembra implica un incremento en la cantidad de plantas que ocupan un determinado espacio, por ende, también incrementa la cantidad de pellas a cosechar; sin embargo, ello

implica que el peso individual de cada pella decrezca a medida que se incrementa la densidad de siembra debido a la competencia inter específica (Infante, 2018). Respecto a la diferencia entre ambos cultivares a una misma densidad, Vilca (2019) en su trabajo con cinco híbridos bajo las condiciones de la Cayma-Arequipa (2 419 m.s.n.m.) y durante la misma época del año en que se ejecutó este trabajo, demostró que aunque se obtiene mayores rendimientos en el cultivar ‘Imperial’ (26.14 t.ha⁻¹) que en ‘Formoso’ (24.78 t. ha⁻¹), estos estadísticamente no se diferenciaban de manera significativa. Las causas de las diferencias entre este trabajo comparado con el de Vilca se deberían a las condiciones ambientales en ambas localidades, tales como la altitud, la humedad relativa (%H. R Cayma (Septiembre – Diciembre): 32%-36%), la cantidad y/o calidad de luz solar en estas zonas, los cuales al interactuar con el genotipo de estos cultivares y el manejo cultural (marco de siembra, fertilización, lámina de riego, etc.) que se tiene al cultivo, generan rendimientos similares en ambos cultivares en Cayma, pero diferentes en La Molina.

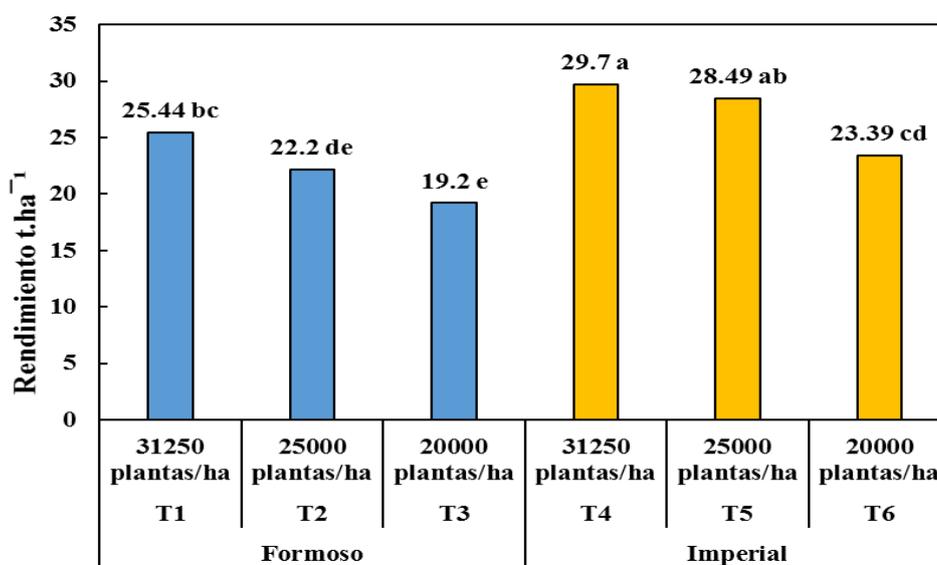


Figura 6: Rendimiento (t.ha⁻¹) en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) bajo tres densidades de siembra. Medias que no comparten la misma letra son estadísticamente diferentes.

4.3. PORCENTAJE DE MATERIA SECA

4.3.1. Porcentaje de materia seca en hojas.

La tabla 9 muestra el resumen de comparaciones de las medias entre los tratamientos para la variable de porcentaje de materia seca en las hojas para los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’.

El ANOVA para esta variable (Ver anexo 21) no muestra diferencias significativas para el factor tratamientos ($p=0.919$), por lo que, el porcentaje de materia seca acumulada en las hojas del brócoli no se ve afectado por las densidades de siembra en ambos cultivares, no diferenciándose ambos estadísticamente ni por el genotipo entre ambos cultivares ('Imperial':8.80 % y 'Formoso': 8.92). De acuerdo con Gómez y

Tabla 9: Efecto de la densidad de siembra en el porcentaje de materia seca (% M.S.) en hoja de dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivar-Densidad de siembra</i>	<i>% M.S. hoja*</i>
T2	'Formoso'-25,000	9.29 a
T4	'Imperial'-31,250	9.12 a
T6	'Imperial'-20,000	8.98 a
T1	'Formoso'-31,250	8.85 a
T3	'Formoso'-20,000	8.62 a
T5	'Imperial'-25,000	8.33 a
<i>Cultivares</i>		<i>% M.S. hoja*</i>
	'Imperial'	8.80 a
	'Formoso'	8.92 a
	C.V.	13.6%
	R ²	20.80%

*:Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)

Gomez, citados por Gordón & Camargo (2015), el coeficiente de variación para este parámetro se considera bajo (13.60%), denotando un cierto grado de homogeneidad entre los datos; además de un coeficiente de determinación de 20.80%, lo que indica que un muy bajo porcentaje de la variabilidad para la materia seca en hojas es explicado por el efecto de los tratamientos, denotando entonces que son otros factores que no se encuentran en este estudio los que explicarían mejor la variabilidad de los resultados para esta variable.

Francescangeli *et al* (2006) mencionan que la densidad de siembra no tiene efecto en la acumulación de materia seca en los órganos (hoja, tallo e inflorescencia) hasta el momento

en que se produce la transición de la etapa vegetativa a la etapa reproductiva con el inicio de la formación de la pella, y que, ya en esta etapa, la cantidad de materia seca en las hojas no se ve afectada por la densidad de siembra.

4.3.2. Porcentaje de materia seca en tallo

El ANOVA (ver anexo 21) para esta variable muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) para el factor tratamientos, por lo que se realizó la prueba de Tukey. La tabla 10 muestra el resumen de las comparaciones de medias para la variable de porcentaje de materia seca (%M.S.) en tallo en los tratamientos evaluados. De acuerdo con Gómez & Gómez, citados por Gordón & Camargo (2015), el coeficiente de variación para esta variable (6.06%) es considerada baja, lo que denota alta homogeneidad entre los datos; además de un coeficiente de determinación de 83.85%, lo que indica que un alto porcentaje de la variabilidad del porcentaje de materia seca en el tallo se explica por el efecto de los tratamientos.

Tabla 10: Efecto de la densidad de siembra en el porcentaje de materia seca (% M.S.) de tallo en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivar-Densidad de siembra</i>	<i>% M.S. tallo *</i>
T6	‘Imperial’-20,000	5.85 a
T5	‘Imperial’-25,000	5.66 a
T4	‘Imperial’-31,250	5.65 a
T3	‘Formoso’-20,000	5.22 b
T2	‘Formoso’-25,000	5.17 b
T1	‘Formoso’-31,250	5.14 b
<i>Cultivares</i>		<i>%M.S tallo *</i>
	‘Imperial’	5.72 a
	‘Formoso’	5.18 b
	C.V	6.06%
	R ²	83.85%

* Distanciamiento entre plantas en una hilera. **Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)

Los resultados en la tabla 10 muestran un mayor porcentaje de materia seca (%M.S.) del tallo en el cultivar ‘Imperial’ (5.72 %) que en el cultivar ‘Formoso’ (5.18 %), independientemente de las densidades evaluadas (Ver Figura 7). Esto debido a las diferencias que existen en la genética en ambos cultivares. La evaluación del efecto de las densidades para esta variable en cada cultivar muestra una tendencia incrementar el porcentaje de materia seca en el tallo a bajas densidad, y esta decrece conforme incrementa la densidad; sin embargo, esta tendencia no ha presentado diferencias significativas entre las densidades en ambos cultivares evaluados. Francescangeli *et al.* (2006) reportó resultados similares para esta variable en su investigación, mencionando que las densidades de plantación no afectan el porcentaje de materia seca en el tallo. De lo expuesto en este trabajo para esta variable y lo mencionado por Francescangeli se infiere que la variación de la densidad de siembra no tiene efecto en el porcentaje de materia seca que esta acumulado en el tallo.

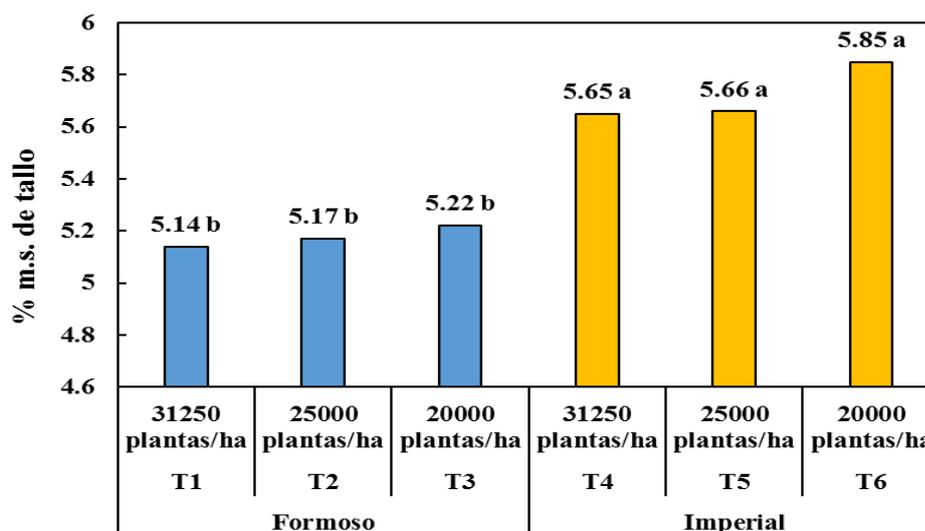


Figura 7: Porcentaje de materia seca del tallo en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) bajo tres densidades de siembra.
Medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes.

4.3.3. Porcentaje de materia seca en inflorescencia

El ANOVA (ver anexo 22) para esta variable muestra diferencias significativas para el factor tratamiento ($p=0.011$), por lo que se realizó la prueba de Tukey. La tabla 11 muestra un resumen de las comparaciones de medias entre los tratamientos para la variable porcentaje

de materia seca (%M.S.) en inflorescencia. De acuerdo con Gómez & Gómez, citados por Gordón & Camargo (2015) el coeficiente de variación de esta variable (11.01%) denota homogeneidad entre los datos; además que el coeficiente de determinación es de 65.39%, un valor bajo el cual indica que este porcentaje de la variabilidad para esta variable se explica por el efecto de los tratamientos.

Los resultados de las comparaciones de medias de las tres densidades dentro de cada cultivar al ser evaluados de manera independiente muestra que no hay diferencias significativas entre ellas en ambos cultivares, encontrándose mayores valores a la densidad de 20,000 plantas. ha⁻¹ ('Imperial': 9.61%; 'Formoso': 8.41%). Las comparaciones de los cultivares a cada densidad de siembra evaluada muestra un mayor porcentaje de materia seca en el cv. 'Imperial' que en 'Formoso'; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre sus medias (ver figura 8). En general se puede mencionar que el cultivar 'Imperial' tiene mayor porcentaje de materia seca en la inflorescencia (9.06 %) que el cultivar 'Formoso' (7.95%).

Tabla 11: Efecto de la densidad de siembra en el porcentaje de materia seca (%M.S.) en la inflorescencia en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivar-Densidad de siembra</i>	<i>% M.S. inflorescencia*</i>
T6	'Imperial'-20,000	9.61 a
T4	'Imperial'-31,250	8.85 a b
T5	'Imperial'-25,000	8.71 a b
T3	'Formoso'-20,000	8.41 a b
T1	'Formoso'-31,250	7.76 b
T2	'Formoso'-25,000	7.69 b
<i>Cultivares</i>		<i>%M.S. inflorescencia*</i>
	'Imperial'	9.06 a
	'Formoso'	7.95 b
	C.V.	11.01%
	R ²	65.39%

*: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)

Aunque con ligeras diferencias, el cultivar ‘Imperial’ tiene un mayor porcentaje de materia seca en la pella (Fig 8). Resultados similares reportó Coaquira (2019) bajo condiciones de Cayma-Arequipa, afirmando que hay una mayor concentración de materia seca en la inflorescencia para ‘Imperial’ (13.19%) que en ‘Formoso’ (12.43%), aunque no reportó diferencias significativas entre sus medias. La acumulación de materia seca en la inflorescencia inicia desde la formación de esta con la translocación de fotosintatos desde los demás órganos de la planta hacia este, de modo que su acumulación sigue una tendencia exponencial a inicios de estos procesos (Filho *et al.*, 2017). Francescangeli *et al.* (2006), mencionan que la acumulación de la materia seca en la mayor parte del ciclo de vida de la planta es una función exponencial de la radiación PAR interceptada y del uso eficiente de la radiación (RUE). Estos autores correlacionaron la RUE en función de la cantidad de radiación PAR acumulada expresada en mol PPF.pt^{-1} (flujo de fotones fotosintéticos/planta), encontrándose en estos una correlación exponencial decreciente, mientras que correlacionando RUE con el índice de área foliar (LAI) se observa una función exponencial creciente. Así, aunque un mayor índice de área foliar (LAI) implique un mayor RUE (uso eficiente de la radiación), este no necesariamente va a implicar una mayor cantidad acumulada de luz PAR y, por ende, la cantidad de materia seca formada que luego será translocada hacia la inflorescencia.

Una densidad menor de siembra implica un mayor espacio aéreo a ocupar por el follaje de la planta bajo una menor competencia, logrando una mayor interceptación de luz fotosintéticamente activa (PAR) y mayor área foliar que permita cumplir con este fin, tal como lo enuncian Craine & Dybzinski (2013) respecto a uno de los mecanismos por competencia entre plantas por la luz. Este mecanismo implica una ampliación del área foliar para maximizar la ganancia de carbono en el dosel, cuando hay una escasa competencia con otras plantas. Parte de esta cantidad acumulada de fotosintatos al final serán trasladados a la pella.

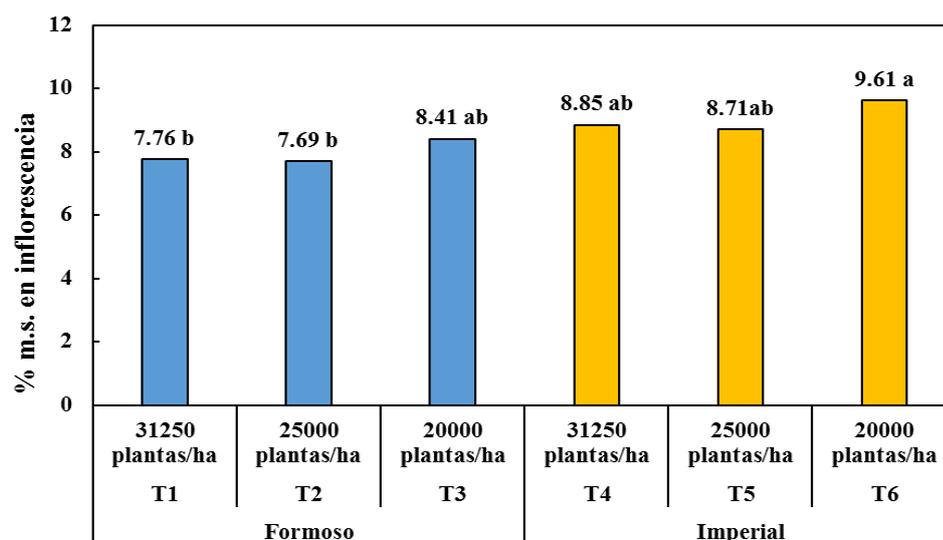


Figura 8: Porcentaje de materia seca en inflorescencia de dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) bajo tres densidades de siembra.
Medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes.

4.4. VARIABLES DE CALIDAD

4.4.1. Peso promedio de la pella.

El ANOVA (ver anexo 23) mostró diferencias significativas en el factor tratamiento ($p=0.011$), por lo que se realizó la prueba de Tukey. La tabla 12 muestra el resumen de las comparaciones de medias para la variable peso de pella en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ a diferentes distancias de siembra. De acuerdo con Gómez & Gómez, citados por Gordón & Camargo (2015), el valor del coeficiente de variación para esta variable (6.68%) denota una alta homogeneidad entre los datos; además de que el coeficiente de determinación tiene un valor de 56.84%, un valor muy bajo, el cual sería el porcentaje de la variabilidad para el peso de la pella que es explicado por el efecto de los tratamientos.

Tabla 12: Efecto de la densidad de siembra en el peso promedio de la pella de dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivares-Densidad de siembra</i>	<i>Peso de pella (Kg.)*</i>
T6	‘Imperial’-20,000	1.44 a
T5	‘Imperial’-25,000	1.34 a b
T4	‘Imperial’-31,250	1.32 a b
T3	‘Formoso’-20,000	1.28 a b
T2	‘Formoso’-25,000	1.22 a b
T1	‘Formoso’-31,250	1.18 b
<i>Cultivares</i>		<i>Peso de Pella (Kg)*</i>
	‘Imperial’	1.37 a
	‘Formoso’	1.23 b
	C.V.	11.37 %
	R ²	56.84 %

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey
 $\alpha = 0.05\%$

La prueba de Tukey muestra que la comparación de las tres densidades de siembra dentro de cada cultivar no muestra diferencias significativas en sus promedios; sin embargo, el valor del peso la pella crece a medida que se reduce la densidad de siembra, así, el peso a una densidad de 20,000 plantas.ha⁻¹ (T6: 1.44 Kg; T3: 1.28 Kg), es mayor que 25,000 plantas.ha⁻¹ (T5: 1.34 Kg, T2: 1.22 Kg) y este a 31,250 plantas.ha⁻¹ (T4: 1.32 Kg, T1: 1.18 Kg). Diversos trabajos que evaluaron el efecto del manejo de la densidad en diferentes cultivares concluyen que un incremento en la densidad (manejo del distanciamiento entre planta, arreglos espaciales, o el uso de doble hilera por surco) incrementa el rendimiento, pero a su vez este repercute en el peso individual de la pella, reduciéndolo a medida que la densidad incrementa (Lozano *et al.*, 2019; Mihov & Antonova, 2009; Sanderson & Fillmore, 2010; Schellenberg *et al.*, 2009; Ward *et al.*, 2015; Wurr *et al.*, 2015).

La comparación de los cultivares en cada una de las tres densidades de siembra evaluada nos da como resultado que, aunque los mayores valores en peso de pella se registran en el cultivar ‘Imperial’, este no se diferencia significativamente del cultivar ‘Formoso’, sin embargo, en

la comparación general de los cultivares, se observa que en general, el cultivar ‘Imperial’ (1.37 Kg) tiene un peso de pella significativamente mayor al cultivar ‘Formoso’ (1.23 Kg) (Fig 9). La investigación realizada por Vilca (2019) en el cual evaluó ambos cultivares muestra que bajo las condiciones de Cayma-Arequipa, los pesos de la pella en ambos cultivares son similares.

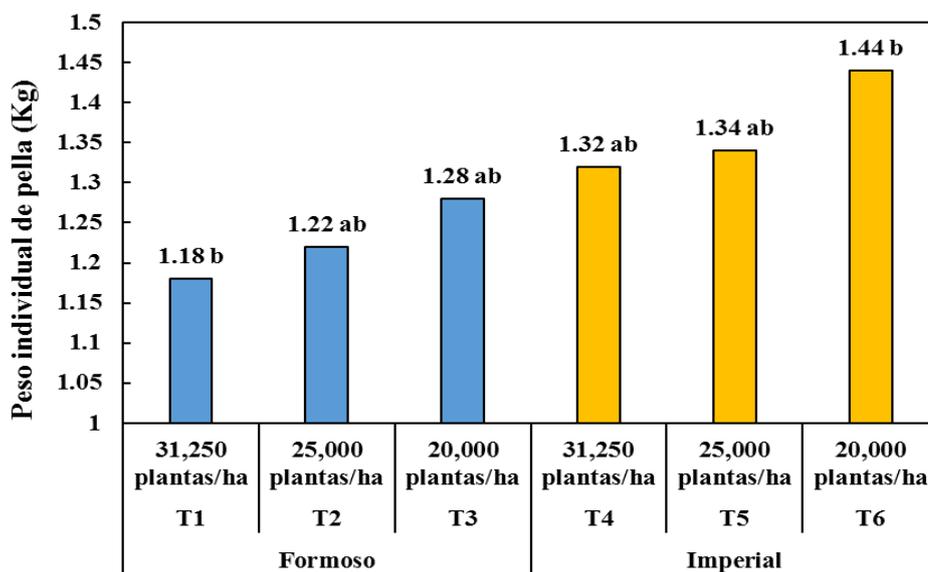


Figura 9: Peso de pella en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) bajo tres densidades de siembra.

Medias que no comparten la misma letra son estadísticamente diferentes.

4.4.2. Diámetro promedio de la pella.

El ANOVA (Ver anexo 24) muestra diferencias significativas en el factor tratamientos ($p=0.026$), por lo que se realizó la prueba de comparación de Tukey. La tabla 13 muestra el cuadro resumen de la comparación de medias entre los tratamientos para la variable diámetro de pella. De acuerdo con Gómez & Gómez, citados por Gordón & Camargo (2015), el valor del coeficiente de variación (4.3%) denota una alta homogeneidad entre los datos; y el valor del coeficiente de determinación (61.80%) denota un bajo porcentaje de la variabilidad para este variable, la cual sería explicada por el efecto de los tratamientos. El 38.20 % de la variabilidad restante sería explicada por otros factores que no fueron evaluados en este trabajo.

Tabla 13: Efecto de densidad de siembra en el diámetro de pella en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivar-Densidad de siembra</i>	<i>Diámetro de pella (cm)*</i>
T6	‘Imperial’-20,000	21.30 a
T5	‘Imperial’-25,000	20.98 a b
T3	‘Formoso’-20,000	20.69 a b
T4	‘Imperial’-31,250	20.42 a b
T2	‘Formoso’-25,000	19.95 a b
T1	‘Formoso’-31,250	19.68 b
<i>Cultivares</i>		<i>Diámetro de pella (cm)*</i>
	‘Imperial’	
	‘Formoso’	20.90 a
		20.11 b
	C.V.	4.3%
	R ²	61.80%

*: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05\%$)

Los resultados muestran que no existe diferencias significativas de las medias entre las tres densidades evaluadas dentro de cada cultivar, teniendo el mayor valor a una densidad de 20,000 plantas.ha⁻¹ (‘Imperial’: 21.3 cm; ‘Formoso’: 20.69 cm), y los menores valores a la densidad de 31,250 plantas.ha⁻¹ en ambos cultivares (‘Imperial’: 20.42 cm, ‘Formoso’: 19.68 cm). La comparación entre ambos cultivares en cada una de las densidades evaluada muestra que, aunque los mayores valores los tiene el cv. ‘Imperial’, este no muestra diferencias significativas respecto de ‘Formoso’. Finalmente, la comparación general de los cultivares muestra diferencias significativas entre ‘Imperial’ (20.90 cm) y ‘Formoso’ (20.11 cm). Vilca (2019) reportó en su trabajo de investigación que, aunque la media del cultivar ‘Imperial’ era mayor que el de ‘Formoso’ para esta variable, estos no mostraron diferencias significativas al comparar sus medias para una densidad de 80,000 plantas.ha⁻¹. Los resultados del presente trabajo junto a los de Vilca (2019) infieren que estos cultivares tienen comportamientos similares entre sí para la variable evaluada (diámetro de pella) en función al distanciamientos o densidades de siembra cercanos entre sí (ver figura 10).

Los resultados muestran, además, una tendencia a incrementar el diámetro de la pella a medida que se reduce la densidad de siembra en ambos cultivares al ser evaluados independientemente (Fig 10). Tendencia similar obtuvieron Infante (2018) con el cultivar ‘Imperial’ y Lozano *et al.* (2019) con el cultivar ‘Formoso’ en sus resultados para esta variable. Estos resultados refuerzan lo enunciado por otros autores, quienes mencionan que un incremento de la densidad de siembra conlleva a la reducción del diámetro de la cabeza (Jett *et al.*, 1995; Sanderson & Fillmore, 2010; Wurr *et al.*, 2015).

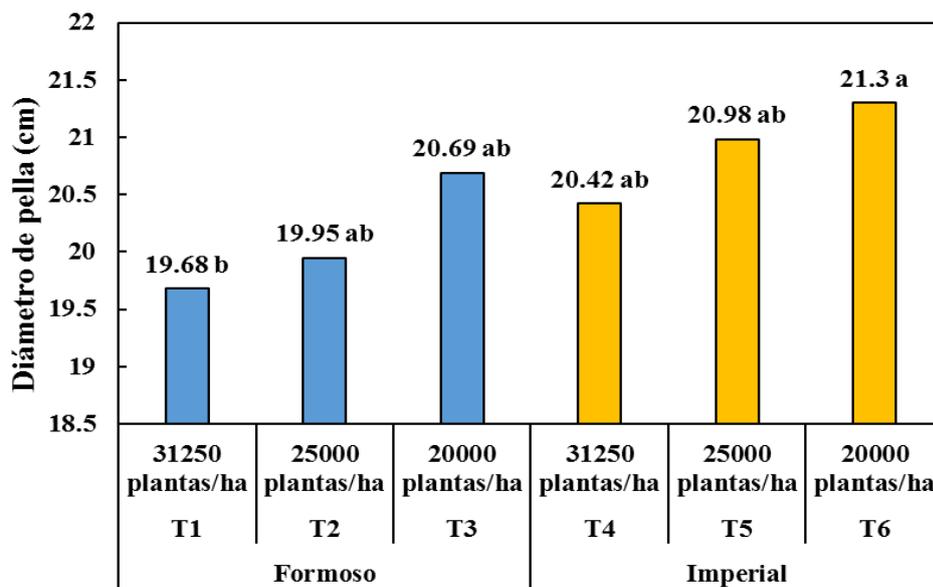


Figura 10: Diámetro de inflorescencia (cm) en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) bajo tres densidades de siembra.

Medias que no comparten la misma letra son estadísticamente diferentes.

4.4.3. Altura de pella.

El ANOVA (ver anexo 25) para esta variable muestra diferencias significativas en el factor tratamientos ($p < 0.05$), por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey. La tabla 14 muestra el resumen de las comparaciones de medias de los tratamientos respecto al efecto de la densidad de siembra en la altura de la pella cosechada. De acuerdo con Gómez & Gómez, citados por Gordón & Camargo (2015), el valor de coeficiente de variación (6.33 %) denota homogeneidad entre los datos recolectados; y el coeficiente de determinación da un valor de 79.75%, un alto valor en porcentaje el cual sería la variabilidad explicada para esta variable por efecto de los tratamientos.

Tabla 14: Efecto de la densidad de siembra en la altura de pella en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivar-Densidad de siembra</i>	<i>Altura de pella (cm) *</i>
T4	‘Imperial’-31,250	22.55 a
T5	‘Imperial’-25,000	21.88 a b
T6	‘Imperial’-20,000	21.52 a b
T1	‘Formoso’-31,250	20.46 b c
T2	‘Formoso’-25,000	19.77 c
T3	‘Formoso’-20,000	19.53 c
<i>Cultivares</i>		<i>Altura de pella (cm)*</i>
	‘Imperial’	21.98 a
	‘Formoso’	19.92 b
	C.V.	6.33 %
	R ²	79.75 %

*: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05\%$).

Los resultados de las comparaciones de las tres densidades de siembra para la altura de pella dentro de cada cultivar muestra que no existen diferencias significativas entre ellas en ambos cultivares, a pesar de que se observa un mayor valor de altura a una densidad de 31,250 plantas. ha⁻¹ (‘Imperial’: 22.55 cm; ‘Formoso’: 20.46 cm) y el menor valor a 20,000 plantas. ha⁻¹ (‘Imperial’: 21.52; ‘Formoso’: 19.53 cm). Francescangeli *et al* (2006) menciona que la densidad de siembra afecta la calidad de luz que llega al dosel inferior del cultivo, lo que ocasiona una alta absorción de luz roja lejana, promoviendo la conversión del fitocromo rojo lejano a fitocromo rojo desencadenando una baja degradación de auxinas y en consecuencia, un alargamiento del tallo. Una porción del tallo forma parte de la pella comercial, por lo que, el efecto que tiene la densidad en la altura de planta explica bien el efecto del manejo de la densidad en la altura de la pella a la cosecha.

Los resultados en la tabla 14 también muestran que las comparaciones de ambos cultivares en cada densidad evaluada, como en la comparación general (‘Imperial’: 21.98 cm; ‘Formoso’: 19.92 cm) muestra diferencias significativas en cada una de ellas, siendo mayor

los valores en ‘Imperial’ que en ‘Formoso’ (Fig 11). Resultados similares a estos reportó Vilca (2019), en donde menciona que, a tres diferentes etapas de trasplante, el cultivar ‘Imperial’ tiene un mayor tamaño que el cultivar ‘Formoso’, el cual también repercute en la altura de la pella a cosechar.

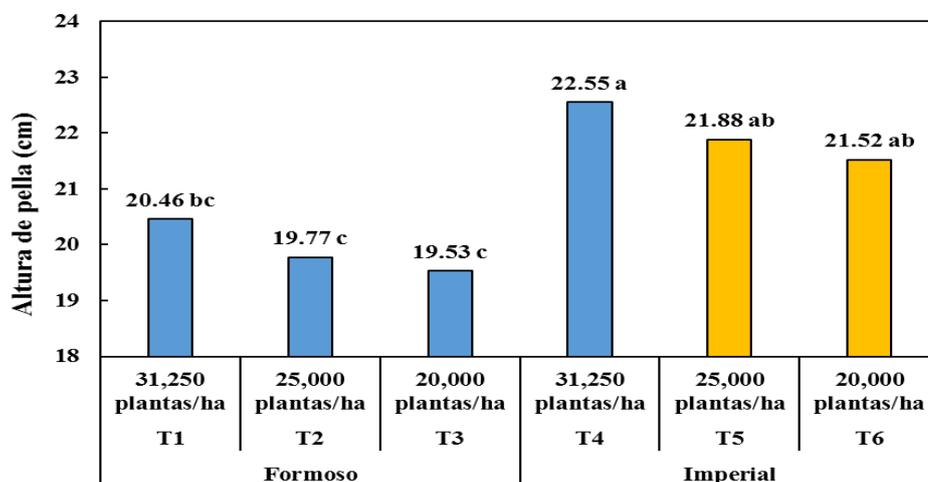


Figura 11: Altura de pella (cm) en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) bajo tres densidades de siembra.
Medias que no comparten letras son estadísticamente diferentes.

4.4.4. Diámetro de pedúnculo de pella (cm).

El diámetro de pedúnculo de la pella es el diámetro de la porción de tallo con la que se cosecha la pella o inflorescencia del brócoli de manera comercial. Según el ANOVA (Ver Anexo 26) se registra diferencias significativas en el factor tratamiento, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey. La tabla 15 resume las comparaciones de medias entre los tratamientos para la variable diámetro de pedúnculo de la pella (cm). De acuerdo con Gómez & Gómez, citados por Gordón & Camargo (2015), el coeficiente de variación (6.23%) para esta variable denota una alta homogeneidad entre los datos colectados; y además, el valor del coeficiente de determinación es de 67.61 %, esto quiere decir que este porcentaje es la variabilidad explicada por el efecto de los tratamientos para esta variable.

Los resultados mostrados en la tabla 15 muestran que en la comparación de las tres densidades de siembra dentro de cada cultivar, no existe diferencias significativas en ambos cultivares. Resultados similares a este trabajo fueron presentados por Luna (2017) comparando el efecto del distanciamiento en los cultivares ‘Legacy’ y ‘UG-2111’, en el cual

reportó que el distanciamiento no tiene efecto sobre el diámetro de la pella en ambos cultivares, comportándose estos dos últimos de manera similar

Tabla 15: Efecto de la densidad de siembra en el diámetro de pedúnculo de la pella (cm) en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivar-Densidad de siembra</i>	<i>Diámetro de pedúnculo (cm)*</i>
T3	‘Formoso’-20,000	5.81 a
T2	‘Formoso’-25,000	5.65 a
T1	‘Formoso’-31,250	5.64 a
T6	‘Imperial’-20,000	5.49 a b
T5	‘Imperial’-25,000	5.39 a b
T4	‘Imperial’-31,250	5.05 b
<i>Cultivar</i>		<i>Diámetro de pedúnculo (cm)*</i>
	‘Formoso’	5.70 a
	‘Imperial’	5.31 b
	C.V.	6.23 %
	R ²	67.61%

**: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05\%$)

Los resultados de la tabla 15 muestran que entre estas densidades dentro de cada cultivar se ve un mayor valor en el diámetro en las densidades de 20,000 plantas.ha⁻¹ (‘Formoso’: 5.81 cm; ‘Imperial’: 5.49 cm), seguido de 25,000 plantas.ha⁻¹ (‘Formoso’: 5.65 cm; ‘Imperial’: 5.39 cm) y finalmente en 31,250 plantas.ha⁻¹ (‘Formoso’: 5.54 cm; ‘Imperial’: 5.05 cm). Esta tendencia se ha reportado también en los trabajos de Gordon (2010) y Ward *et al* (2015), quienes si reportan una diferencia significativa en los promedios del diámetro de pedúnculo de pella a medida que la diferencia en la densidad de siembra es mayor. Francescangeli *et al* (2006) mencionan que esta diferencia en el espesor del pedúnculo es consecuencia de los cambios de la arquitectura de la planta por la competencia por la luz, en dónde a mayor densidad de siembra las plantas que compiten por la luz tienden a incrementar la longitud del tallo para que las hojas logren una mayor interceptación de luz PAR, sin afectar la proporción de materia seca en el tallo. Por tanto y en base a los resultados anteriores podemos

mencionar que las plantas de brócoli a mayores densidades incrementan la longitud del tallo en detrimento de su diámetro o espesor.

Respecto a las diferencias que hay al comparar los cultivares entre sí, se observa que el mayor valor promedio en el diámetro del tallo de la pella se da dentro del cultivar ‘Formoso’ (5.70 cm), respecto de ‘Imperial’ (5.31 cm) (ver Fig 12). Esto se podría explicarse también por causas genéticas, pues HM-Clause, citado por Coaquira (2019), menciona que el cultivar ‘Formoso’ es una planta compacta, en comparación con el cultivar ‘Imperial’, el cual es de un porte más erecto y adaptado para sembrar a altas densidades, esto según SAKATA (2020).

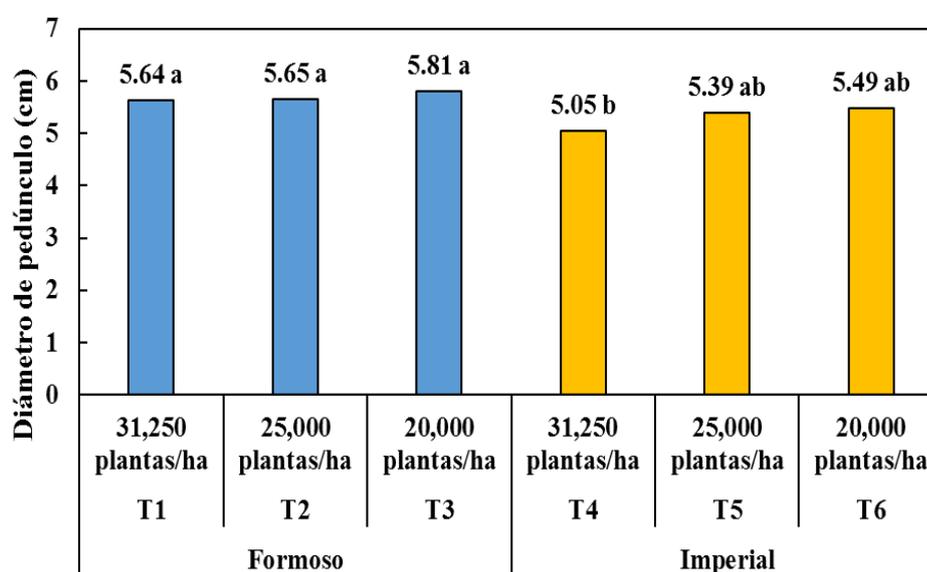


Figura 12: Diámetro de pedúnculo de pella en dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) bajo tres densidades de siembra. Medias que no comparten letras son estadísticamente diferentes.

4.4.5. Compacidad.

La compacidad es la característica de firmeza de las inflorescencias o pellas, la cual es una característica demandada por el consumidor, quien exige que las inflorescencias posean un alto grado de firmeza (Monge *et al.*, 2015). El ANOVA de esta característica (ver anexo 27) no muestra diferencias significativas en el factor tratamientos ($p=0.503$). De acuerdo con Gómez & Gómez, citados por Gordón & Camargo (2015), el coeficiente de variación (6.95

) denota homogeneidad entre los datos colectados; y el valor del coeficiente de determinación (26.96 %) denota que un muy bajo porcentaje de la variabilidad de la compacidad es explicada por el efecto de los tratamientos. Un 73.04% de la variabilidad para la compacidad se explicaría por otros factores que no se evaluaron en este trabajo.

Tabla 16: Efecto de la densidad de siembra en la compacidad de la pella de dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.)

Factores	Descripción	Valores
<i>Tratamientos</i>	<i>Cultivar-Densidad de siembra</i>	<i>Compacidad (Kg.dm⁻¹)</i>
T6	'Imperial'-20,000	0.64 a
T4	'Imperial'-31,250	0.62 a
T3	'Formoso'-20.000	0.62 a
T5	'Imperial'-25,000	0.61 a
T1	'Formoso'-31,250	0.60 a
T2	'Formoso'-25,000	0.58 a
<i>Cultivares</i>		<i>Compacidad (Kg.dm⁻¹)</i>
	'Imperial'	0.62 a
	'Formoso'	0.60 a
	C.V.	6.95%
	R ²	26.00%

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según la prueba de Tukey $\alpha = 0.05\%$

Los resultados muestran que no existe diferencias significativas entre las densidades de siembra evaluados en cada cultivar, ni diferencias significativas entre ambos cultivares, 'Formoso' e 'Imperial', en cada una de las densidades de siembra evaluado, ni menos en una comparación entre ambos cultivares ('Imperial': 0.62 Kg/dm; 'Formoso':0.60 Kg/dm). Resultados diferentes fueron obtenidos en la investigación realizada por Vilca (2019) con los mismos cultivares empleados en este trabajo. Este autor muestra que, en promedio, durante tres épocas diferentes de siembra en Cayma-Arequipa, el cultivar 'Formoso' tiene un mayor grado de compacidad (0.33 Kg/dm) que 'Imperial' (0.29 Kg/dm). Las razones de la diferencia entre ambos resultados se deben a las condiciones ambientales propias de cada localidad donde han sido evaluados los cultivares, La Molina y Cayma, especialmente por

la diferencia de cantidad de radiación PAR. La interacción de la densidad de siembra empleada junto con el genotipo (Densidad x Genotipo) sería la causa más probable de la diferencia entre ambos, los resultados obtenidos por este trabajo (20, 000; 25,000 y 31,250 plantas. ha⁻¹) contra los de Vilca (80,000 plantas. ha⁻¹).

V. CONCLUSIONES

- Bajo los resultados anteriormente expuesto, se concluye de forma general que la mejor densidad de siembra es de 31,250 plantas.ha⁻¹, por el mayor rendimiento obtenido y por no diferenciarse significativamente de las otras densidades en cuanto a parámetros de calidad en ambos cultivares bajo condiciones de La Molina.
- El cv 'Imperial' es el que mejor comportamiento tiene tanto en rendimiento como en parámetros de calidad, diferenciándose significativamente del cv 'Formoso' en las condiciones de La Molina.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda para los futuros ensayos en este cultivo:

- Repetir el ensayo empleando los mismos cultivares en otras localidades, como los valles aledaños a Lima Metropolitana.
- Evaluar el efecto del manejo de las densidades de siembra y su interacción con otros factores, tales como la dosis de fertilización nitrogenada, diferentes láminas de riego o épocas de trasplante, en el rendimiento y la calidad en los cultivares empleados.
- Ampliar la investigación del comportamiento de estos cultivares tomando como objetos de estudio a los tratamientos post-cosecha.
- Repetir este ensayo y comparar el cultivar 'Imperial' con nuevos cultivares comerciales que son liberados en rendimiento y calidad de producto cosechado.
- Evaluar el efecto de densidades de siembra mayores al presente trabajo, empleando los mismos cultivares, en el rendimiento y calidad de producto

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, C. K. (2017). ANÁLISIS SUSTENTABLE DE LAS FINCAS DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) en Santa Rosa de Quives, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 16(2), 135. <https://doi.org/10.21704/rea.v16i2.1017>
- Bacarreza Manrique, R. (2018). *PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE BRÓCOLI (Brassica oleracea var. italica) EN TRES DISTANCIAS DE PLANTACIÓN EN CONDICIONES DE WALIPINI*. Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/17178>
- Bracy, R., Parish, R. L., & Mukey, W. (1991). High-density Planting in a Precision Cultural System for Vegetable Production. *American Society for Horticultural Science*, 1(1), 54-58. Recuperado de <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/1/1/article-p54.xml>
- Cabezas, M., & Corchuelo, G. (2005). Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) en tres localidades colombianas. *Agronomía Colombiana*, 23(1), 62-73. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1803/180316951010>
- Cecílio Filho, A. B., Carmona, V. M., & Schiavon Junior, A. (2017). Broccoli growth and nutrient accumulation Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo brócolis. *Científica*, 45(1), 95-104. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n1p95-104> Broccoli
- Choque, R. M., & Vilca, M. M. (2018). *CONTROL DE LARVAS DE Plutella xylostella (L), CON Beauveria bassiana y Lecanicillium lecanii EN BRÓCOLI (Brassica oleracea var. italica) cv. Legacy EN DOS LOCALIDADES DE AREQUIPA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA*. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7539>

- Ciancaleoni, S., Onofri, A., Torricelli, R., & Negri, V. (2016). Broccoli yield response to environmental factors in sustainable agriculture. *European Journal of Agronomy*, 72, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.009>
- Coaquira, B. (2019). *COMPARATIVO EN POSTCOSECHA DE SEIS CULTIVARES DE BROCOLI (Brassica oleracea var. italica) CAYMA*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperado de <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9761/AGcomebb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cordero, L., Nieto, D., Cárdenas, E., Gutiérrez, G., Bujanos, R., & Vaquera, H. (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), 141-147. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v33n2/v33n2a7.pdf>
- Craine, J. M., & Dybzinski, R. (2013). Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. *Functional Ecology*, 27(4), 833-840. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12081>
- Díaz, L. (2013). Vitaminas liposolubles. En *MINERALES Y VITAMINAS: Micronutrientes Esenciales en la Alimentación, Nutrición y Salud* (1.a ed., Vol. 1, p. 115). Chile: Editorial Universidad La Serena. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=gABtDwAAQBAJ&pg=PA107&dq=por+que+se+mide+la+vitamina+a+en+IU&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiQnrfQyovuAhUpD7kGHdwYBgMQwUwAXoECAQQBw#v=onepage&q&f=false>
- Diego Martínez, W. W. (2015). *INTRODUCCIÓN Y ADAPTACIÓN DE HÍBRIDOS DE BRÓCOLI (brassica oleracea L. var italica) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA-HUALAHOYO-HUANCAYO*. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4711>
- Dixon, G. R. (2007). Vegetable brassicas and related crucifers. *Crop Production Science in Horticulture* (1.a ed.). United Kingdom: Biddles Ltd. King's Lynn. <https://doi.org/10.1079/9780851993959.0000>

- Farnham, M. W., & Bjorkman, T. (2011). Breeding vegetables adapted to high temperatures: A case study with broccoli. *HortScience*, 46(8), 1093-1097. <https://doi.org/10.21273/hortsci.46.8.1093>
- Francescangeli, N., Sangiacomo, M. A., & Martí, H. (2006). Effects of plant density in broccoli on yield and radiation use efficiency. *Scientia Horticulturae*, 110(2), 135-143. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.06.025>
- Gargurevich, G. (2018, marzo). Hortalizas en Perú: El alimento de millones de familias peruanas. *Redagricola*, 45, 60. Recuperado de <http://www.redagricola.com/pe/assets/uploads/2018/02/ra-peru-45.pdf>
- Gómez-Campo, C., & Prakash, S. (1999). 2 Origin and domestication. *Developments in Plant Genetics and Breeding*, 4(C), 33-58. [https://doi.org/10.1016/S0168-7972\(99\)80003-6](https://doi.org/10.1016/S0168-7972(99)80003-6)
- GOOGLE EARTH. (2021). «EL HUERTO»-GOOGLE EARTH. Recuperado de https://earth.google.com/web/search/El+huerto+UNALM/@-12.08451778,-76.94065012,242.10409614a,106.66500422d,35y,0.00000001h,0.52266004t,0r/data=CigiJgokCUsETCvuKSjAEVU_6ocPLCjAGZ-TxW76O1PAIbkEjs2SPFPA
- Gordon, R. (2010). Agronomic programme to improve the uniformity of broccoli for once-over mechanical harvest. Australia. Recuperado de <https://www.horticulture.com.au/globalassets/hort-innovation/historic-reports/agronomic-program-to-improve-the-uniformity-of-broccoli-for-once-over-mechanical-harvest-vg06053.pdf>
- Gordón, R., & Camargo, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 55. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16920>
- Infante, O. J. (2018). *RENDIMIENTO Y CALIDAD DE BRÓCOLI (Brassica oleracea var. italica) cv. Imperial EMPLEANDO CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3717>
- Jett, L. W., Morse, R. D., & O'Dell, C. R. (1995). Plant density effects on single-head broccoli production. *HortScience*, 30(1), 50-52. <https://doi.org/10.21273/hortsci.30.1.50>

- Lozano, L., Tálamo, A., Artinian, A. L., Fernández, J., & Arrillo, C. (2017). Evaluación de dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var . *italica*). Valle de Lerma, Salta. Argentina, 36(90), 37-48. <https://doi.org/https://doi.org/10.24215/16699513e027>
- Lozano, Lelia, Tálamo, A., & Artinian, A. L. (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(2), 027. <https://doi.org/10.24215/16699513e027>
- Luna, E. I. (2017). *EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE BRÓCOLI (Brassica oleracea) BAJO TRES DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN AMBIENTE ATEMPERANDO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL COTA-COTA*. Repositorio UMSA. Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/7407>
- Mero, C. E., & Arroyo Grande, C. (2013). BROCCOLIHYBRID RS05151611 AND PARENTS THEREOF. USA. Recuperado de <https://patentimages.storage.googleapis.com/c0/34/02/a7ccf3fbcfa041/US20130067610A1.pdf>
- Mihov, K., & Antonova, G. (2009). Effect of plant density on the productivity of broccoli cultivars and lines and evaluation of the factor variation effect. Acta Horticulturae, 830, 425-431. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2009.830.60>
- Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. (2017). Análisis Económico de principales Frutas y Verduras. Dirección General de Políticas Agrarias. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2017%3Fdownload%3D11062:boletin-de-frutas-y-verduras+%&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>
- Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. (2020). Calendario de siembras y cosechas. Recuperado 6 de octubre de 2020, de <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=calendario-de-siembras-y-cosechas/calendario-de-siembras-y-cosechas>
- Monge, J., Fernández, J., Santos, B., & Ríos, D. (2015). Ensayo de variedades de brócoli en ciclo de otoño- invierno Campaña 2014-2015. Recuperado de http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otra_552_br%F3coli.pdf

- Moreno, D.A ; García-Viguera, C. (2008). El brócoli fuente de ingredientes funcionales: glucosinolatos. *Alimentación, Nutrición y Salud*, 15(January), 49-53. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/28227811_El_brocoli_fuente_de_ingredientes_funcionales_glucosinolatos
- Noé Soria, M. J. (2020). *FERTILIZACIÓN FOLIAR CON EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE BRÓCOLI (Brassica oleracea L. var. italica cv. 'Paraíso')*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4340>
- Ordiales, E., Iglesias, D. J., Alarcón, M. V., Zajara, L., Gil, J., Gutiérrez, J. I., & Salguero, J. (2017). Characteristics Defining Broccoli Cultivars from Different Seed Producers. *International Journal of Agronomy*, 2017, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2017/8216390>
- Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural - AGRO RURAL. (2018). Manual de abonamiento con Guano de Islas. Lima. Recuperado de [https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/MANUAL DE ABONAMIENTO CON G.I..pdf](https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/MANUAL_DE_ABONAMIENTO_CON_G.I..pdf)
- Ramos, L. (2016). Control del áfido (*Brevicoryne brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*. var. Avenger) bajo condiciones semicontroladas, usando seis extractos botánicos de plantas de la Amazonía., 7-20. Recuperado de [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4832/1/13T0824 .pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4832/1/13T0824.pdf)
- Renaud, E. N. C., Bueren, E. T. L. Van, Paulo, M. J., Eeuwijk, F. A. Van, Juvik, J. A., Hutton, M. G., ... Ur, W. (2015). Broccoli Cultivar Performance under Organic and Conventional Management Systems and Implications for Crop Improvement. *Crop Science*, 54(august 2014), 1539-1554. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.09.0596>
- Rodríguez, C. (2017). Empleo, ingresos, pobreza en el distrito de Carabayllo en los últimos treinta años. Cesar Vallejo. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/4534/Rodríguez_VC A.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/4534/Rodríguez_VC_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Salguero, J.; Alarcón, M.V.; Zajara, L.; Carrasco, O. E. (2011). Evaluación agronómica de cuatro variedades de brócoli en las Vegas Bajas del río Guadiana. *Actas de Horticultura* no 58, (January). Recuperado de

http://www.researchgate.net/publication/263322151_Evaluacin_agronmica_de_cuatro_variedades_de_brcoli_en_las_Vegas_Bajas_del_ro_Guadiana?enrichId=rgreq-26c34437-aac7-45b0-9312-d86d248a275a&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI2MzMzMjE1MTtBUzoxMTE1MjE2ODIxNjk4NTThAMT

Salter, P. J., Andrews, D. J., & Akehurst, J. M. (1984). The effects of plant density, spatial arrangement and sowing date on yield and head characteristics of a new form of broccoli. *Journal of Horticultural Science*, 59(1), 79-85. <https://doi.org/10.1080/00221589.1984.11515172>

Sánchez, G., & Vergara, C. (2003). *PLAGAS DE LAS CRUCÍFERAS*. En G. Sánchez & C. Vergara (Eds.), *PLAGA DE HORTALIZAS* (1.a ed., Vol. 1). Lima, Perú: Departamento de Entomología y Fitopatología.

Sanderson, K. R., & Fillmore, S. A. E. (2010). Response of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) yield and hollow stem to plant density, trickle irrigation and transplanting date. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(5), 729-735. <https://doi.org/10.4141/CJPS09167>

Schellenberg, D. L., Bratsch, A. D., & Shen, Z. (2009). Large single-head broccoli yield as affected by plant density, nitrogen, and cultivar in a plasticulture system. *HortTechnology*, 19(4), 792-795. <https://doi.org/10.21273/hortsci.19.4.792>

SENAMHI. (s. f.). Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. Recuperado 1 de enero de 2021, de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

SEMINIS. (2017). Manejo De Mildiú En Brócoli. Recuperado 7 de enero de 2021, de <https://www.seminis-las.com/manejo-de-mildiu-en-brocoli/>

SEMINIS. (2019). MOVING TOWARDS AUTOMATED BROCCOLI HARVESTING (AGRONOMIC SPOTLIGHT). Recuperado de <https://www.seminis-us.com/resources/agronomic-spotlights/moving-towards-automated-broccoli-harvesting/>

SENASA. (2021). Sistema Integrado de Gestión de Insumos Agropecuarios - SIGIA. Recuperado de https://servicios.senasa.gob.pe/SIGIAWeb/sigia_consulta_plaga.html

- SIEA. (2020). Perfil Productivo Regional. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibjU4ZWQyMTQtMGJkZC00Mzg3LWFiODUtZGJkOWQ4N2Y2OWFkIiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- Soncco, R. (2019). *RENDIMIENTO DE CUATRO HÍBRIDOS DE BRÓCOLI (Brassica oleracea L. var. italica Plenck)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10734/AGsobrr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tejaswini, T., Varma, L. R., Verma, P., Prajapathi, R. I., & Vani, F. B. (2018). Performance of Different Varieties 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(06), 690-698. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.706.081>
- Toledo H., J. (2003). Cultivo del brócoli (Serie Manual RI 2003 No. 1). Serie Manual. Huaral. Recuperado de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/895>
- Velazco, J. M. (2010). *EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ESTIERCOL DE A VES DE POSTURA (GALLINAZA) CON INCORPORACION DE «Mulch», SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE BROCOLI (Brassica oleracea L. var. Green jade)*. ZUNGAROCOCHA_, DISTRITO DE SAN JUAN- LORETO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA. Recuperado de https://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6909/Reyser_Titulo_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vilca Ortiz, J. A. (2019). *COMPORTAMIENTO DE CINCO CULTIVARES DE BRÓCOLI (Brassica oleracea var. italica) EN TRES ÉPOCAS DE TRASPLANTE*. Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9867>
- Ward, B., Smith, P., James, S., Stansell, Z., & Farnham, M. (2015). Increasing plant density in eastern United States broccoli production systems to maximize marketable head yields. *HortTechnology*, 25(3), 330-334. <https://doi.org/10.21273/horttech.25.3.330>

- Wurr, D. C. E., Fellows, J. R., Hambidge, A. J., Fellows, J. R., & Hambidge, A. J. (2015). The effect of plant density on calabrese head growth and its use in a predictive model its use in a predictive model, 1589. <https://doi.org/10.1080/00221589.1992.11516223>
- Xue, H., Han, Y., Li, Y., Wang, G., Feng, L., Fan, Z., ... Mao, S. (2015). Spatial distribution of light interception by different plant population densities and its relationship with yield. *Field Crops Research*, 184(1), 17-27. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.09.004>
- Zamora, E. (2016). EL cultivo del brócoli (Producción de Hortalizas DAG/Hort-010 No. Enero). Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora-Hermosillo. Campo. Sonora. Recuperado de <http://www.dagus.uson.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables evaluadas

Variables	<i>p</i> -valor**	
	<i>Normalidad</i> (Anderson-Darling)*	<i>Homogeneidad de varianzas</i> (Bartlett)
<i>Parámetros vegetativos</i>		
Altura de planta (cm)	0.882	0.299
Área foliar (dm ²)	0.745	0.821
<i>Rendimiento</i> (t. ha ⁻¹)	0.969	0.706
<i>Porcentaje de materia seca (m.s.)</i>		
m.s. hoja	0.210	0.854
m.s. pella	0.161	0.544
m.s. tallo	0.455	0.590
<i>Parámetros de calidad</i>		
Peso de pella (Kg)	0.178	0.544
Diámetro de pella (cm)	0.630	0.966
Altura de pella (cm)	0.565	0.444
Diámetro de pedúnculo de pella (cm)	0.605	0.628
Compacidad (Kg. dm ⁻¹)	0.086	0.105

*: La prueba de Anderson-Darling fue realizada en los residuos generados.

** : Si p -valor < 0.005, entonces se rechaza el cumplimiento del supuesto.

Anexo 2: Registro de alturas promedio de las plantas de brócoli al momento de la segunda cosecha en cada unidad experimental (UE)

Tratamiento	Cultivar/densidad	Bloque/Repetición	Altura promedio (cm)
T1	'Formoso' (31,250 plantas.ha ⁻¹)	BI	36.74
		BII	37.29
		BIII	39.52
		BIV	40.79
T2	'Formoso' (25,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	37.58
		BII	35.27
		BIII	38.45
		BIV	39.60
T3	'Formoso' (20,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	37.37
		BII	36.68
		BIII	37.04
		BIV	39.49
T4	'Imperial' (31,250 plantas.ha ⁻¹)	BI	42.24
		BII	41.69
		BIII	42.22
		BIV	41.21
T5	'Imperial' (25,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	41.72
		BII	42.37
		BIII	41.08
		BIV	40.84
T6	'Imperial' (20,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	43.81
		BII	41.19
		BIII	41.63
		BIV	40.23

Anexo 3: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen del modelo de la altura de planta (cm) al momento de la segunda cosecha en cada cultivar

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	5.133	1.711	0.88	0.473
Tratamientos	5	84.835	16.967	8.74	0.000 *
Error	15	29.135	1.942		
Total	23	119.103			

Resumen del modelo	S	R ²	R ² ajustado	R ² pred
	1.39	75.54 %	62.29 %	37.38 %

*: $p < 0.05$: Existen diferencias significativas

Anexo 4: Comparación de medias para altura de planta en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ a la segunda cosecha, mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	-0.835	0.985	(-4.033, 2.363)	0.953	n.s
T3 - T1	-0.915	0.985	(-4.113, 2.283)	0.933	n.s
T4 - T1	3.280	0.985	(0.082, 6.478)	0.043	*
T5 - T1	2.942	0.985	(-0.256, 6.141)	0.081	n.s
T6 - T1	3.155	0.985	(-0.043, 6.353)	0.055	n.s
T3 - T2	-0.080	0.985	(-3.278, 3.118)	1.000	n.s
T4 - T2	4.115	0.985	(0.917, 7.313)	0.009	*
T5 - T2	3.777	0.985	(0.579, 6.976)	0.017	*
T6 - T2	3.990	0.985	(0.792, 7.188)	0.011	*
T4 - T3	4.195	0.985	(0.997, 7.393)	0.007	*
T5 - T3	3.857	0.985	(0.659, 7.056)	0.014	*
T6 - T3	4.070	0.985	(0.872, 7.268)	0.009	*
T5 - T4	-0.337	0.985	(-3.536, 2.861)	0.999	*
T6 - T4	-0.125	0.985	(-3.323, 3.073)	1.000	n.s
T6 - T5	0.213	0.985	(-2.986, 3.411)	1.000	n.s

Nivel de confianza individual = 99.46%; n.s: No significativo; *: Significativo

Anexo 5: Registro del área foliar (dm²) de las plantas de brócoli seleccionados en el momento de la segunda cosecha en cada unidad experimental (UE)

Tratamiento	Cultivar/Densidad	Bloque/Repetición	Área foliar de planta (dm ²)
T1	'Formoso' (31,250 plantas.ha ⁻¹)	BI	11.38
		BII	10.74
		BIII	10.46
		BIV	10.06
T2	'Formoso' (25,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	11.25
		BII	13.10
		BIII	12.05
		BIV	13.89
T3	'Formoso' (20,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	14.16
		BII	12.73
		BIII	13.73
		BIV	15.70
T4	'Imperial' (31,250 plantas.ha ⁻¹)	BI	12.96
		BII	10.38
		BIII	13.96
		BIV	12.76
T5	'Imperial' (25,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	13.13
		BII	14.20
		BIII	15.42
		BIV	14.40
T6	'Imperial' (20,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	17.24
		BII	15.63
		BIII	16.01
		BIV	16.85

Anexo 6: Análisis de varianza (ANOVA) de área foliar (dm²) y resumen del modelo de planta al momento de la segunda cosecha en cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	18.07	6.024	2.02	0.546
Tratamientos	5	248.72	49.743	16.70	0.000 *
Error	15	44.68	2.979		
Total	23	311.47			
<i>Resumen del modelo</i>		S	R ²	R ² ajustado	R ² pred
		2.36	86.90%	79.92%	66.47 %

*: $p < 0.05$: Existen diferencias significativas

Anexo 7: Comparación de medias para el área foliar de planta (dm²) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	1.85	1.67	(-3.59, 7.28)	0.873	n.s
T3 - T1	6.31	1.67	(0.88, 11.74)	0.019	*
T4 - T1	5.11	1.67	(-0.32, 10.55)	0.071	n.s
T5 - T1	7.21	1.67	(1.77, 12.64)	0.007	*
T6 - T1	14.99	1.67	(9.56, 20.42)	0.000	*
T3 - T2	4.46	1.67	(-0.97, 9.90)	0.141	n.s
T4 - T2	3.27	1.67	(-2.17, 8.70)	0.411	n.s
T5 - T2	5.36	1.67	(-0.07, 10.79)	0.054	n.s
T6 - T2	13.14	1.67	(7.71, 18.58)	0.000	*
T4 - T3	-1.20	1.67	(-6.63, 4.24)	0.977	n.s
T5 - T3	0.90	1.67	(-4.54, 6.33)	0.994	n.s
T6 - T3	8.68	1.67	(3.25, 14.11)	0.001	*
T5 - T4	2.09	1.67	(-3.34, 7.53)	0.806	n.s
T6 - T4	9.88	1.67	(4.44, 15.31)	0.000	*
T6 - T5	7.78	1.67	(2.35, 13.22)	0.003	*

Nivel de confianza individual = 99.46%, n.s: No significativo; *: Significativo

Anexo 8: Datos de cosechas, rendimiento por unidad experimental (Kg.UE⁻¹) y rendimiento total (t.ha⁻¹)

Tratamientos	Cultivar/ Densidad	Bloque/ Repetición	Cosechas (Kg)				Total (Kg)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
			1era	2da	3era	4ta		
T1	'Formoso' (31,250 ptas.ha ⁻¹)	BI	9.05	12.27	31.28	12.17	64.78	26.99
		BII	5.34	15.22	22.95	18.47	61.99	25.83
		BIII	8.15	17.25	22.25	8.48	56.12	23.38
		BIV	9.64	26.60	21.03	4.12	61.39	25.58
T2	'Formoso' (25,000 ptas.ha ⁻¹)	BI	13.91	18.40	13.82	10.17	56.30	23.46
		BII	4.74	9.23	23.87	14.94	52.78	21.99
		BIII	9.15	15.33	22.16	6.19	52.84	22.02
		BIV	9.07	15.62	14.46	12.04	51.18	21.33
T3	'Formoso' (20,000 ptas.ha ⁻¹)	BI	9.47	17.28	14.48	5.56	46.78	19.49
		BII	13.03	17.26	9.18	6.00	45.47	18.95
		BIII	7.87	24.82	10.43	5.12	48.25	20.10
		BIV	7.92	21.45	11.76	2.76	43.88	18.29
T4	'Imperial' (31,250 ptas.ha ⁻¹)	BI	22.68	28.81	6.58	8.15	66.23	27.59
		BII	18.12	38.04	4.76	11.28	72.20	30.08
		BIII	24.60	38.24	5.96	2.36	71.15	29.64
		BIV	23.05	39.51	3.06	8.30	73.91	30.80
T5	'Imperial' (25,000 ptas.ha ⁻¹)	BI	12.54	34.10	8.64	12.33	67.62	28.18
		BII	40.39	18.35	6.93	0.00	65.67	27.35
		BIII	41.00	22.13	4.28	4.23	71.64	29.85
		BIV	15.99	46.79	2.61	3.28	68.67	28.61
T6	'Imperial' (20,000 ptas.ha ⁻¹)	BI	19.13	24.32	4.17	3.98	51.59	21.50
		BII	18.64	34.54	3.87	5.12	62.17	25.90
		BIII	19.12	27.83	5.08	2.64	54.67	22.78
		BIV	15.55	36.64	0.99	2.98	56.16	23.40

Anexo 9: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para el rendimiento total (t.ha⁻¹) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ al momento de la segunda cosecha

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	0.805	0.2685	0.14	0.962
Tratamientos	5	305.845	61.1689	31.21	0.000*
Error	15	29.398	1.9598		
Total	23	336.048			

<i>Resumen del modelo</i>	<i>S</i>	<i>R²</i>	<i>R² ajustado</i>	<i>R² pred</i>
	1.29	93.08%	89.92%	82.28%

*: $p < 0.05$: Existen diferencias significativas

Anexo 10: Comparación de medias para la variable rendimiento (t.ha⁻¹) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	-3.24	1.01	(-6.53, 0.05)	0.055	n.s.
T3 - T1	-6.24	1.01	(-9.53, -2.95)	0.000	*
T4 - T1	4.26	1.01	(0.97, 7.55)	0.008	*
T5 - T1	3.05	1.01	(-0.24, 6.34)	0.077	n.s.
T6 - T1	-2.05	1.01	(-5.34, 1.24)	0.375	n.s.
T3 - T2	-3.00	1.01	(-6.29, 0.29)	0.085	n.s.
T4 - T2	7.50	1.01	(4.21, 10.79)	0.000	*
T5 - T2	6.29	1.01	(3.00, 9.58)	0.000	*
T6 - T2	1.19	1.01	(-2.10, 4.48)	0.842	n.s.
T4 - T3	10.50	1.01	(7.21, 13.79)	0.000	*
T5 - T3	9.29	1.01	(6.00, 12.58)	0.000	*
T6 - T3	4.19	1.01	(0.90, 7.48)	0.009	*
T5 - T4	-1.21	1.01	(-4.50, 2.08)	0.834	n.s.
T6 - T4	-6.31	1.01	(-9.60, -3.02)	0.000	*
T6 - T5	-5.10	1.01	(-8.39, -1.81)	0.002	*

Nivel de confianza individual = 99.46%, n.s.: No significativo; *:Significativo

Anexo 11: Porcentaje de materia seca (% m.s.) en los diferentes órganos evaluados de brócoli en cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’

Tratamientos	Cultivares/ Densidad	Bloque/ Repetición	% de materia seca		
			Hojas	Tallo	Inflorescencia
T1	‘Formoso’ (31,250 plantas.ha ⁻¹)	BI	8.53	4.92	6.92
		BII	10.85	5.52	8.33
		BIII	7.93	5.24	7.63
		BIV	8.10	4.88	8.17
T2	‘Formoso’ (25,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	10.63	5.18	6.86
		BII	10.33	5.32	9.31
		BIII	8.20	5.14	7.46
		BIV	8.02	5.06	7.15
T3	‘Formoso’ (20,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	9.55	5.30	8.15
		BII	7.91	5.22	8.80
		BIII	8.91	5.32	8.02
		BIV	8.12	5.04	8.68
T4	‘Imperial’ (31,250 plantas.ha ⁻¹)	BI	8.19	5.49	9.04
		BII	8.70	5.77	8.61
		BIII	8.06	5.55	7.99
		BIV	11.52	5.80	9.79
T5	‘Imperial’ (25,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	9.73	5.73	9.82
		BII	7.48	5.88	8.28
		BIII	7.77	5.48	7.88
		BIV	8.33	5.57	8.88
T6	‘Imperial’ (20,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	7.63	5.88	9.28
		BII	9.47	5.99	10.18
		BIII	7.83	5.58	9.30
		BIV	10.96	5.95	9.70

Anexo 12: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen del modelo para la variable porcentaje de materia se seca (%M.S.) en hoja

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	4.523	1.5076	0.85	0.486
Tratamientos	5	2.433	0.4866	0.28	0.919*
Error	15	26.483	1.7655		
Total	23	33.439			
<i>Resumen del modelo</i>		<i>S</i>	<i>R²</i>	<i>R² ajustado</i>	<i>R² pred</i>
		1.32	20.80%	0.00 %	0.00 %

*: $p < 0.05$: Existen diferencias significativas

Anexo 13: Comparación de medias de porcentaje de materia seca (% m.s.) de hoja en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	0.448	0.940	(-2.601, 3.498)	0.996	n.s.
T3 - T1	-0.224	0.940	(-3.274, 2.825)	1.000	n.s.
T4 - T1	0.272	0.940	(-2.778, 3.321)	1.000	n.s.
T5 - T1	-0.518	0.940	(-3.567, 2.531)	0.993	n.s.
T6 - T1	0.130	0.940	(-2.919, 3.180)	1.000	n.s.
T3 - T2	-0.672	0.940	(-3.722, 2.377)	0.977	n.s.
T4 - T2	-0.177	0.940	(-3.226, 2.873)	1.000	n.s.
T5 - T2	-0.966	0.940	(-4.016, 2.083)	0.901	n.s.
T6 - T2	-0.318	0.940	(-3.367, 2.731)	0.999	n.s.
T4 - T3	0.496	0.940	(-2.554, 3.545)	0.994	n.s.
T5 - T3	-0.294	0.940	(-3.343, 2.756)	1.000	n.s.
T6 - T3	0.354	0.940	(-2.695, 3.404)	0.999	n.s.
T5 - T4	-0.790	0.940	(-3.839, 2.260)	0.955	n.s.
T6 - T4	-0.141	0.940	(-3.191, 2.908)	1.000	n.s.
T6 - T5	0.648	0.940	(-2.401, 3.698)	0.980	n.s.

Nivel de confianza individual = 99.46%, n.s.: No significativo; *: Significativo.

Anexo 14: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para la variable porcentaje de materia (% m.s.) seca de tallo en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	0.2251	0.07504	2.78	0.077
Tratamientos	5	1.8764	0.37528	13.91	0.000*
Error	15	0.4047	0.02698		
Total	23	2.5062			

Resumen de modelo	S	R ²	R ² ajustado	R ² pred
	0.164	83.85%	75.24%	58.66%

*: $p < 0.05$: Existen diferencias significativas

Anexo 15: Comparación de medias para el porcentaje de materia seca (% m.s.) en tallo de los cultivares ‘Imperial’ y ‘Formoso’ mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	0.037	0.116	(-0.340, 0.414)	0.999	n.s.
T3 - T1	0.081	0.116	(-0.295, 0.458)	0.979	n.s.
T4 - T1	0.514	0.116	(0.137, 0.891)	0.005	*
T5 - T1	0.522	0.116	(0.145, 0.899)	0.005	*
T6 - T1	0.709	0.116	(0.332, 1.086)	0.000	*
T3 - T2	0.045	0.116	(-0.332, 0.422)	0.999	n.s.
T4 - T2	0.477	0.116	(0.100, 0.854)	0.010	n.s.
T5 - T2	0.486	0.116	(0.109, 0.863)	0.009	*
T6 - T2	0.673	0.116	(0.296, 1.050)	0.000	*
T4 - T3	0.432	0.116	(0.055, 0.809)	0.021	*
T5 - T3	0.441	0.116	(0.064, 0.818)	0.018	*
T6 - T3	0.628	0.116	(0.251, 1.005)	0.001	*
T5 - T4	0.009	0.116	(-0.368, 0.385)	1.000	n.s.
T6 - T4	0.196	0.116	(-0.181, 0.572)	0.562	n.s.
T6 - T5	0.187	0.116	(-0.190, 0.564)	0.605	n.s.

Nivel de confianza individual = 99.46%, n.s.: No significativo; *: Significativo.

Anexo 16: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para la variable porcentaje de materia seca en inflorescencia y resumen del modelo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	2.742	0.9141	1.96	0.163
Tratamientos	5	10.448	2.0896	4.49	0.011*
Error	15	6.983	0.4655		
Total	23	20.173			

<i>Resumen del modelo</i>	<i>S</i>	<i>R²</i>	<i>R² ajustado</i>	<i>R² pred</i>
	0.68	65.39%	46.92%	11.39%

*: $p < 0.05$: Existen diferencias significativas

Anexo 17: Comparación de medias para el porcentaje de materia seca (%m.s.) en inflorescencia en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	-0.066	0.482	(-1.632, 1.500)	1.000	n.s.
T3 - T1	0.650	0.482	(-0.916, 2.215)	0.756	n.s.
T4 - T1	1.092	0.482	(-0.474, 2.658)	0.267	n.s.
T5 - T1	0.952	0.482	(-0.614, 2.518)	0.400	n.s.
T6 - T1	1.852	0.482	(0.287, 3.418)	0.016	*
T3 - T2	0.716	0.482	(-0.850, 2.282)	0.679	n.s.
T4 - T2	1.158	0.482	(-0.407, 2.724)	0.217	n.s.
T5 - T2	1.018	0.482	(-0.548, 2.584)	0.333	n.s.
T6 - T2	1.919	0.482	(0.353, 3.485)	0.013	*
T4 - T3	0.443	0.482	(-1.123, 2.008)	0.936	n.s.
T5 - T3	0.302	0.482	(-1.263, 1.868)	0.987	n.s.
T6 - T3	1.203	0.482	(-0.363, 2.769)	0.187	n.s.
T5 - T4	-0.140	0.482	(-1.706, 1.426)	1.000	n.s.
T6 - T4	0.760	0.482	(-0.806, 2.326)	0.625	n.s.
T6 - T5	0.900	0.482	(-0.665, 2.466)	0.457	n.s.

Nivel de confianza individual = 99.46%, n.s.: No significativo; *: Significativo.

Anexo 18: Data de las variables de calidad evaluadas en las pellas de brócoli cosechadas de los cv ‘Imperial’ y ‘Formoso’

Tratamiento	Cultivar/ Densidad	Bloque/ Repetición	Parámetros de calidad de pella				Cp (Kg.dm ⁻¹)
			P.P (Kg)	D.P (cm)	A.P (cm)	D.Pd (cm)	
T1	‘Formoso’ (31,250 plantas.ha ⁻¹)	BI	1.11	19.64	19.59	5.45	0.60
		BII	1.13	19.59	20.29	5.78	0.61
		BIII	1.34	22.14	21.39	5.79	0.55
		BIV	1.16	20.18	20.57	5.58	0.64
T2	‘Formoso’ (25,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	1.18	20.97	18.57	5.35	0.53
		BII	1.19	19.41	19.97	5.90	0.59
		BIII	1.21	21.09	19.88	5.83	0.64
		BIV	1.30	20.83	19.11	5.55	0.56
T3	‘Formoso’ (20,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	1.21	20.01	19.91	5.20	0.61
		BII	1.26	20.07	20.26	6.11	0.63
		BIII	1.34	21.65	19.65	6.03	0.62
		BIV	1.31	20.77	18.31	5.92	0.63
T4	‘Imperial’ (31,250 plantas.ha ⁻¹)	BI	1.35	21.08	22.63	5.08	0.73
		BII	1.35	22.21	24.68	5.02	0.55
		BIII	1.23	21.70	24.41	4.71	0.59
		BIV	1.35	21.77	23.49	5.43	0.63
T5	‘Imperial’ (25,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	1.51	22.20	21.88	5.48	0.62
		BII	1.22	21.19	21.53	5.46	0.64
		BIII	1.28	21.54	23.71	5.16	0.57
		BIV	1.35	21.25	23.43	5.51	0.64
T6	‘Imperial’ (20,000 plantas.ha ⁻¹)	BI	1.36	22.02	22.28	5.42	0.62
		BII	1.53	22.88	23.01	5.76	0.67
		BIII	1.32	21.00	22.65	5.23	0.63
		BIV	1.56	23.45	24.15	5.58	0.66

P.P: (Peso de pella); **D.P:** Diámetro de pella; **A.P:** Altura de pella; **D.dp:** Diámetro de pedúnculo de pella; **Cp:** Compacidad.

Anexo 19: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para la variable peso de pella (Kg) en cultivares de brócoli ‘Imperial’ y ‘Formoso’

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	0.01216	0.004054	0.44	0.729
Tratamientos	5	0.17054	0.034108	3.69	0.022*
Error	15	0.13872	0.009248		
Total	23	0.32142			

Resumen del modelo	S	R ²	R ² ajustado	R ² pred
	0.09	56.84%	33.82%	0.00%

*: $p < 0.05$: Existen diferencias significativas

Anexo 20: Comparación de medias en peso de pella de los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	0.0331	0.0680	(-0.1877, 0.2538)	0.996	n.s.
T3 - T1	0.0982	0.0680	(-0.1226, 0.3189)	0.702	n.s.
T4 - T1	0.1363	0.0680	(-0.0845, 0.3570)	0.384	n.s.
T5 - T1	0.1565	0.0680	(-0.0642, 0.3772)	0.252	n.s.
T6 - T1	0.2573	0.0680	(0.0366, 0.4780)	0.018	*
T3 - T2	0.0651	0.0680	(-0.1556, 0.2858)	0.924	n.s.
T4 - T2	0.1032	0.0680	(-0.1175, 0.3239)	0.659	n.s.
T5 - T2	0.1235	0.0680	(-0.0973, 0.3442)	0.485	n.s.
T6 - T2	0.2242	0.0680	(0.0035, 0.4450)	0.046	*
T4 - T3	0.0381	0.0680	(-0.1826, 0.2588)	0.992	n.s.
T5 - T3	0.0583	0.0680	(-0.1624, 0.2791)	0.951	n.s.
T6 - T3	0.1591	0.0680	(-0.0616, 0.3799)	0.238	n.s.
T5 - T4	0.0203	0.0680	(-0.2005, 0.2410)	1.000	n.s.
T6 - T4	0.1210	0.0680	(-0.0997, 0.3418)	0.505	n.s.
T6 - T5	0.1008	0.0680	(-0.1199, 0.3215)	0.680	n.s.

Nivel de confianza individual = 99.46%, n.s.: No significativo; *:Significativo

Anexo 21: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para la variable diámetro de pella (cm) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	2.740	0.9133	2.17	0.134
Tratamientos	5	7.479	1.4958	3.55	0.026*
Error	15	6.316	0.4211		
Total	23	16.535			

Resumen del modelo	S	R ²	R ² ajustado	R ² pred
	0.64	61.80%	41.43%	2.21%

*: $p < 0.05$: Existen diferencias significativas

Anexo 22: Comparación de medias para el diámetro de pella (cm) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	0.270	0.459	(-1.219, 1.759)	0.990	n.s.
T3 - T1	1.011	0.459	(-0.478, 2.501)	0.292	n.s.
T4 - T1	0.739	0.459	(-0.751, 2.228)	0.605	n.s.
T5 - T1	1.295	0.459	(-0.194, 2.784)	0.108	n.s.
T6 - T1	1.611	0.459	(0.122, 3.101)	0.031	n.s.
T3 - T2	0.741	0.459	(-0.748, 2.231)	0.602	n.s.
T4 - T2	0.469	0.459	(-1.021, 1.958)	0.903	n.s.
T5 - T2	1.025	0.459	(-0.464, 2.514)	0.279	n.s.
T6 - T2	1.341	0.459	(-0.148, 2.831)	0.090	n.s.
T4 - T3	-0.273	0.459	(-1.762, 1.217)	0.990	n.s.
T5 - T3	0.284	0.459	(-1.206, 1.773)	0.988	n.s.
T6 - T3	0.600	0.459	(-0.889, 2.089)	0.777	n.s.
T5 - T4	0.556	0.459	(-0.933, 2.046)	0.824	n.s.
T6 - T4	0.873	0.459	(-0.617, 2.362)	0.438	n.s.
T6 - T5	0.316	0.459	(-1.173, 1.806)	0.980	n.s.

Nivel de confianza individual = 99.46%, n.s: No significativo; *: Significativo

Anexo 23: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen de modelo para la variable altura de pella (cm) en brócoli en cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	2.600	0.8667	1.59	0.234
Tratamientos	5	29.665	5.9331	10.86	0.000*
Error	15	8.193	0.5462		
Total	23	40.458			

Resumen de modelo	S	R ²	R ² ajustado	R ² pred
	0.73	79.75%	68.95%	41.86%

*: $p < 0.05$: Existen diferencias significativas

Anexo 24: Comparación de medias para altura de pella (cm) en cultivares ‘Formoso e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	-0.690	0.523	(-2.386, 1.006)	0.770	n.s.
T3 - T1	-0.928	0.523	(-2.624, 0.769)	0.508	n.s.
T4 - T1	2.092	0.523	(0.396, 3.789)	0.012	*
T5 - T1	1.427	0.523	(-0.269, 3.124)	0.126	n.s.
T6 - T1	1.062	0.523	(-0.634, 2.759)	0.370	n.s.
T3 - T2	-0.238	0.523	(-1.934, 1.459)	0.997	n.s.
T4 - T2	2.782	0.523	(1.086, 4.479)	0.001	*
T5 - T2	2.117	0.523	(0.421, 3.814)	0.011	*
T6 - T2	1.752	0.523	(0.056, 3.449)	0.041	*
T4 - T3	3.020	0.523	(1.324, 4.716)	0.000	*
T5 - T3	2.355	0.523	(0.659, 4.051)	0.005	*
T6 - T3	1.990	0.523	(0.294, 3.686)	0.017	*
T5 - T4	-0.665	0.523	(-2.361, 1.031)	0.795	n.s.
T6 - T4	-1.030	0.523	(-2.726, 0.666)	0.401	n.s.
T6 - T5	-0.365	0.523	(-2.061, 1.331)	0.979	n.s.

Nivel de confianza individual = 99.46%, n.s: No significativo; *: Significativo

Anexo 25: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen del modelo para la variable diámetro de pedúnculo de pella (cm) en cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	0.4161	0.13869	2.34	0.115
Tratamientos	5	1.4026	0.28051	4.73	0.009
Error	15	0.8893	0.05929		
Total	23	2.7080			

<i>Resumen del modelo</i>	<i>S</i>	<i>R²</i>	<i>R² ajustado</i>	<i>R² pred</i>
	0.24	67.61	49.64%	15.93%

p < 0.05: Existen diferencias significativas

Anexo 26: Comparación de medias para el diámetro del pedúnculo de pella (cm) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	0.006	0.172	(-0.553, 0.565)	1.000	n.s.
T3 - T1	0.166	0.172	(-0.393, 0.725)	0.922	n.s.
T4 - T1	-0.591	0.172	(-1.150, -0.032)	0.035	*
T5 - T1	-0.250	0.172	(-0.809, 0.309)	0.697	n.s.
T6 - T1	-0.154	0.172	(-0.713, 0.405)	0.942	n.s.
T3 - T2	0.160	0.172	(-0.399, 0.719)	0.933	n.s.
T4 - T2	-0.597	0.172	(-1.156, -0.039)	0.033	*
T5 - T2	-0.256	0.172	(-0.815, 0.303)	0.676	n.s.
T6 - T2	-0.160	0.172	(-0.719, 0.399)	0.933	n.s.
T4 - T3	-0.757	0.172	(-1.316, -0.199)	0.006	*
T5 - T3	-0.416	0.172	(-0.975, 0.143)	0.211	n.s.
T6 - T3	-0.320	0.172	(-0.879, 0.239)	0.461	n.s.
T5 - T4	0.341	0.172	(-0.218, 0.900)	0.395	n.s.
T6 - T4	0.437	0.172	(-0.121, 0.996)	0.173	n.s.
T6 - T5	0.096	0.172	(-0.463, 0.655)	0.992	n.s.

Nivel de confianza individual = 99.46%, n.s: No significativo; *: Significativo

Anexo 27: Análisis de varianza (ANOVA) y resumen del modelo para la variable compacidad de pella en brócoli en cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	3	0.002065	0.000688	0.34	0.800
Tratamientos	5	0.009273	0.001855	0.91	0.503
Error	15	0.030719	0.002048		
Total	23	0.042057			

Resumen del modelo	S	R ²	R ² ajustado	R ² pred
	0.04	26.96%	0.00%	0.00%

p < 0.05: Existen diferencias significativas

Anexo 28 Comparación de medias para la compacidad de pella (Kg/dm) en los cultivares ‘Formoso’ e ‘Imperial’ mediante la prueba de Tukey

Diferencia de Tratamientos niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor p ajustado	Significancia
T2 - T1	-0.0197	0.0320	(-0.1236, 0.0841)	0.988	n.s.
T3 - T1	0.0219	0.0320	(-0.0819, 0.1258)	0.981	n.s.
T4 - T1	0.0233	0.0320	(-0.0806, 0.1271)	0.975	n.s.
T5 - T1	0.0175	0.0320	(-0.0863, 0.1214)	0.993	n.s.
T6 - T1	0.0427	0.0320	(-0.0612, 0.1466)	0.763	n.s.
T3 - T2	0.0417	0.0320	(-0.0622, 0.1455)	0.780	n.s.
T4 - T2	0.0430	0.0320	(-0.0609, 0.1469)	0.758	n.s.
T5 - T2	0.0372	0.0320	(-0.0666, 0.1411)	0.847	n.s.
T6 - T2	0.0624	0.0320	(-0.0414, 0.1663)	0.411	n.s.
T4 - T3	0.0013	0.0320	(-0.1025, 0.1052)	1.000	n.s.
T5 - T3	-0.0044	0.0320	(-0.1083, 0.0994)	1.000	n.s.
T6 - T3	0.0208	0.0320	(-0.0831, 0.1246)	0.985	n.s.
T5 - T4	-0.0057	0.0320	(-0.1096, 0.0981)	1.000	n.s.
T6 - T4	0.0194	0.0320	(-0.0844, 0.1233)	0.989	n.s.
T6 - T5	0.0252	0.0320	(-0.0787, 0.1290)	0.966	n.s.

Nivel de confianza individual = 99.46%, n.s: No significativo; *: Significativo

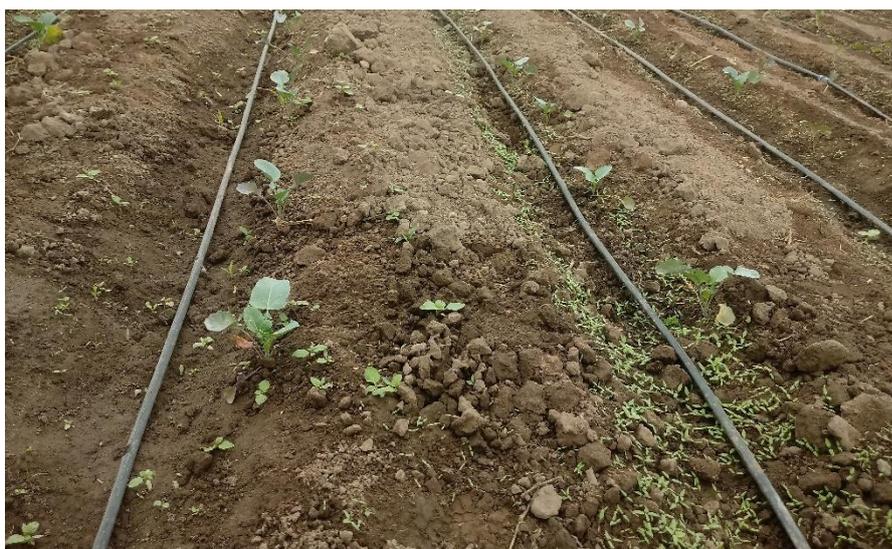
Anexo 29: Plantines de brócoli a raíz desnuda listo para trasplantar



Anexo 30: Trasplante de plantines



Anexo 31: Riego por goteo (10 DDT)



Anexo 32: Cambio de surco a los 23 DDT



Anexo 33: Larva de primeros estadios de *Plutella xylostella*



Anexo 34: Colonias de pulgón de las brassicas (*Brevicoryne brassicae*) a 10 DDT



Anexo 35: Aparición de la inflorescencia en el cv. 'Formoso' a los 48 DDT



Anexo 36: "Cabeza" de brócoli cv. 'Formoso' listo para cosechar (55 DDT)



Anexo 37: Primera cosecha de cv. 'Formoso' (55DDT)



Anexo 38: Evaluación de rendimiento en los tratamientos de cv. 'Formoso'



Anexo 39: Evaluación de parámetros de calidad de pella en cv 'Formoso'



Anexo 40: Obtención de discos foliares para determinación de área foliar en cv. 'Formoso'



Anexo 41: Preparativos para determinación de materia seca y área foliar en tratamientos del cv 'Formoso'



Anexo 42: Secado de órganos de brócoli cv 'Formoso' a estufa (70°C) para determinación de materia seca



Anexo 43: Pesado de materia seca de follaje en cv. 'Formoso'



Anexo 44: "Cabeza" de cv 'Imperial' en plena formación



Anexo 45: Primera cosecha de cv 'Imperial' (62 DDT)



Anexo 46: Preparativos para determinación de materia seca y área foliar en cv. 'Imperial'



Anexo 47: Tercera cosecha de cv 'Imperial'



Anexo 48: Registro de actividades

Fecha	Labores
24/09/2020	- Marcaje de campo y marcaje de UE
25/09/2020	- Hoyado y trasplante
25/09/2020	- Riego
28/09/2020	- Desmalezado y acomodo de cintas de riego
28/09/2020	- Riego y recalce
30/09/2020	- Riego, desmalezado y recalce
02/10/2020	- Riego
05/10/2020	- Riego
07/10/2020	- Desmalezado y riego
08/10/2020	- Evaluación de plagas y enfermedades
08/10/2020	- Riego
10/10/2020	- Aplicación fitosanitaria.
18/10/2020	- Cambio de surco
22/10/2020	- Riego
23/10/2020	- Riego
26/10/2020	- Riego
27/10/2020	- Desmalezado
28/10/2020	- Riego
28/10/2020	- Aplicación fitosanitaria.
30/10/2020	- Riego
	- Desmalezado

03/11/2020 - Riego
05/11/2020 - Riego
06/11/2020 - Riego
10/11/2020 - Riego
- Desmalezado
13/11/2020 - Riego
17/11/2020 - Riego
19/11/2020 - Riego
19/11/2020 Primera cosecha de cv 'Formoso'
21/11/2020 Riego
24/11/2020 -Segunda cosecha de cv. 'Formoso'
-Evaluación de altura de planta
-Preparativos para evaluación de materia seca de cv 'Formoso'
-Evaluación de parámetros de calidad.
- Preparativos para la evaluación de área foliar en cv. 'Formoso'
- Riego
26/11/2020 - Primera cosecha de cv 'Imperial'
27/11/2020 - Riego
28/11/2020 - Toma de datos para materia seca y área foliar en cv. 'Formoso'
01/12/2020 -Cuarta cosecha de cv 'Formoso'
-Segunda cosecha de cv 'Imperial'
-Evaluación de altura de planta en cv 'Imperial'
-Evaluación de parámetros de calidad en cv 'Imperial'
- Preparativos para la evaluación de área foliar y materia seca en cv. 'Imperial'
- Riego
04/12/2020 - Tercera cosecha de cv. 'Imperial'
05/12/2020 - Toma de datos para materia seca y área foliar en cv. 'Imperial'
09/12/2020 Cuarta Cosecha de cv. 'Imperial'

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : ING. ANDRÉS CASAS

Departamento : LIMA
 Distrito : LA MOLINA
 Referencia : H.R. 73504-124C-20

Provincia : LIMA
 Precio :
 Fecha : 11/01/2021

Fact.: Pendiente

Número de Muestra Lab	Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases	
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺				Al ⁺³ + H ⁺
10774	Campo Alegre # 4	7.07	5.35	2.86	2.28	99.5	992	61	24	15	Fr.A.	9.60	6.00	1.72	1.63	0.25	0.00	9.60	9.60	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio