

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN DOS VARIEDADES DE  
BRÓCOLI (*Brassica oleracea*) EN AMBIENTE ATEMPERADO EN EL CENTRO  
EXPERIMENTAL DE COTA COTA

Vilma Paloma MAMANI ROJAS

La Paz – Bolivia

2014

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN DOS VARIEDADES DE  
BRÓCOLI (*Brassica oleracea*) EN AMBIENTE ATEMPERADO EN EL CENTRO  
EXPERIMENTAL DE COTA COTA

Tesis de Grado Presentado como  
requisito parcial para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo

Vilma Paloma MAMANI ROJAS

**ASESOR (ES):**

Ing. Ph.D. Yakov Arteaga García .....

Ing. Willams Alex Murillo Oporto .....

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

Ing. Ph.D. Carmen del Castillo Gutiérrez .....

Ing. MSc. Paulino Ruiz Huanca .....

Ing. Ph.D. Emilio García Apaza .....

**APROBADA**

**PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR:** .....

## DEDICATORIA

A papá Dios quien fue, es y será por siempre la gran inspiración y sentido de la vida que me dio.

A mis padres Francisco Mamani Paye y María Remedios Rojas Quispe, por su apoyo incondicional de toda la vida en las alegrías y tristezas que con ánimos me han dado la fuerza necesaria para culminar esta etapa de mi vida.

A mis abuelitos Florencio quien demostró ser gran ejemplo de vida y mi abuelita María Candelaria a quien estoy segura que le hubiera gustado compartir esta etapa de mi vida, que recuerdo que me dijo que la vida no le alcanzaría para verme terminar mi carrera, entonces le dije que si lo haría, y aunque físicamente tu no estés aquí mamita quiero decirte, lo logre!!!!

A mis hermanos por su ayuda en las últimas dos semanas de cada semestre, que recuerdo eran fatales por los trabajos y exámenes, pero todo tenía su recompensa.

A mis amigos(as) con quienes compartí gran parte de mi vida universitaria, a todos mis estudiantes, quienes se convirtieron en grandes amigos de la vida.

A ti, por compartir parte de tu vida conmigo y dejarme conocerte un poco más, por considerarme una persona importante en tu vida, eres un ejemplo de superación para mí, nunca lo dudes, porque en momentos de tristeza, desesperación e impotencia miras hacia atrás solo para ver el camino recorrido y ver de dónde papá Dios te saco, se te hace un nudo en la garganta, dejas salir el dolor en tus lágrimas luego respiras hondo para impulsarte y seguir adelante a pesar de todo, porque aprendiste que todo pasa por algo, porque de no ser así nunca te hubiera conocido y esta historia no sería la misma sin ti.

A mis ladrones de sueños cuyas palabras me hicieron una persona más fuerte y perseverante y más soñadora, pues todo de pende con la perspectiva con que yo vea las cosas de la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi eterna gratitud a papá Dios por la buena salud brindada durante todo el tiempo de vida que tengo, gracias a toda mi familia por el apoyo brindado hasta ahora pues toca ponerme mis alitas y seguir mi rumbo, a la casa superior de estudios Universidad Mayor de San Andrés, al personal docente de la carrera de Ingeniería Agronómica, por haber contribuido en mi formación académica, en especial a aquellos que transmitieron sus conocimientos profesionales sin mezquindad.*

*Al personal docente administrativo del Centro Experimental de Cota Cota, por transmitir sus conocimientos, brindar su amistad y apoyar en la investigación.*

*A mis asesores y revisores quienes conformaron un gran ramillete de excelentes profesionales, docentes y personas, Ing. Willams Alex Murillo Oporto, quien con sus conocimientos sólidos en la horticultura me ayudo de manera incondicional durante la fase de campo, Ing. Ph.D. Yakov Arteaga García, por el apoyo en la parte estadística y las correcciones hechas pues esas cosas son las que nunca se olvidan.*

*A mis revisores, por sacarse un poco de su tiempo para poder revisar el presente trabajo y aportar con sus conocimientos para la mejora de la misma, Ing. Ph.D. Carmen del Castillo Gutiérrez gracias por el apoyo desde Taller de Grado 1 pues sus palabras me impulsaron a concluir la carrera y sus consejos hicieron mi sueño hecho realidad, Ing. MSc. Paulino Ruiz Huanca gracias por la amistad brindada y el apoyo incondicional durante todo este tiempo, Ing. Ph.D. Emilio García Apaza por ayudarme en la corrección de la tesis por dedicarme un poco de su tiempo para enseñarme incluso cosas que ya debería saber y siempre con una personalidad humilde y amable.*

*Finalmente, gracias a todas las personas, que de una u otra manera colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.*

## INDICE GENERAL

pág.

INDICE GENERAL.....	i
Índice de cuadros.....	vi
Índice de figuras.....	viii
Índice de fotos.....	ix
Índice de anexos.....	x
Resumen.....	xi
Abstrac.....	xii
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación.....	3
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
2.1 Objetivo general.....	5
2.2 Objetivos específicos.....	5
2.3 Hipótesis.....	5
<b>3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>6</b>
3.1 Origen del Brócoli.....	6
3.2 Importancia del Brócoli.....	6
3.2.1 Valor Nutritivo.....	7
3.3 Requerimientos del cultivo.....	11
a. Clima.....	11
b. Temperatura.....	11
c. Humedad.....	11
d. Suelo.....	11
e. Agua.....	11
f. Luz.....	12
3.4 Descripción morfológica del Brócoli.....	13
a. Raíz.....	13
b. Tallo.....	13
c. Hojas.....	14

d. Inflorescencia.....	14
e. Flor.....	15
f. Fruto.....	15
3.4.1 Clasificación Taxonómica del Brócoli.....	15
3.5 Sistemas de siembra.....	16
3.5.1 Siembra Directa.....	16
3.5.2 Siembra Indirecta.....	16
a) Siembra en almacigo o semillero.....	16
b) Siembra en bandejas .....	17
c) Preparación del Terreno.....	17
d) Trasplante.....	17
3.6 Labores culturales.....	19
a) Control de malezas.....	20
b) Control fitosanitario.....	20
c) Riego.....	21
d) Aporque y escarda.....	22
e) Cosecha.....	22
f) Poscosecha.....	23
3.7 Desordenes Fisiológicos.....	23
a) Tallo Hueco.....	23
b) Amarillamiento de las Inflorescencias.....	23
3.8 Rendimiento.....	24
3.9 Fases del cultivo .....	24
a) Crecimiento.....	24
b) Inducción floral.....	24
c) Formación de pellas.....	24
d) Floración.....	24
e) Fructificación.....	24
3.10 Plagas y enfermedades.....	24
a) Plagas.....	24
b) Enfermedades.....	25

3.11 Tipos de cultivares de brócoli (variedades).....	26
3.11.1 Características de la calidad de semilla.....	26
3.12 Ambiente atemperado.....	27
3.12.1 Carpa solar.....	27
<b>4 LOCALIZACIÓN</b> .....	<b>28</b>
4.1 Ubicación geográfica.....	28
<b>5 MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	<b>29</b>
5.1 Materiales.....	29
5.1.1 Material vegetal.....	29
a) Brócoli híbrido Di Cicco.....	29
b) Brócoli híbrido Pirata.....	29
5.1.2 Material de Campo.....	29
5.1.3 Material de gabinete.....	30
5.2 Métodos.....	30
5.2.1 Procedimiento Experimental.....	30
5.2.1.1 Muestreo y análisis del suelo.....	30
5.2.1.2 Delimitación de la Parcela Experimental.....	31
5.2.1.3 Siembra.....	32
5.2.1.4 Sistema de riego por goteo.....	33
5.2.1.5 Raleo.....	34
5.2.1.6 Labores culturales.....	34
a) Aporque.....	34
b) Riego.....	34
c) Control fitosanitario.....	34
d) Toma de datos.....	37
e) Cosecha.....	37
5.3 Diseño experimental.....	37
5.3.1 Modelo estadístico.....	37
5.3.2 Factores de estudio.....	38
5.3.3 Tratamientos.....	38
5.4 Variables de respuesta.....	38

5.4.1 Variables agronómicas.....	38
a) Número de hojas por planta.....	38
b) Altura de planta a la cosecha (cm) .....	38
c) Diámetro del tallo (cm).....	38
d) Diámetro de inflorescencia (cm).....	38
5.4.2 Variables fenológicas.....	40
a) Porcentaje de plantas emergidas.....	40
b) Días a la madurez comercial.....	40
5.4.3 Variables de rendimiento.....	40
a) Peso promedio de inflorescencia (gr) .....	40
b) Rendimiento (kg/ha).....	40
5.4.4 Variables económicas.....	40
a) Análisis económico parcial.....	40
<b>6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>42</b>
6.1 Comportamiento de la temperatura durante la evaluación.....	42
6.2 Número de hojas por planta.....	43
6.3 Altura de la planta a la cosecha (cm) .....	47
6.4 Diámetro del tallo (cm).....	50
6.5 Diámetro de la inflorescencia (cm).....	53
6.6 Porcentaje de plantas emergidas.....	59
6.7 Días a la madurez comercial.....	60
6.8 Peso promedio de la inflorescencia (gr) .....	61
6.9 Rendimiento.....	67
6.10 Análisis económico.....	71
a) Rendimiento ajustado.....	72
b) Beneficio bruto.....	73
c) Costos variables.....	73
d) Total costos de producción.....	74
e) Beneficios netos.....	74
f) Beneficio costo.....	75
<b>7 CONCLUSIONES.....</b>	<b>77</b>



<b>8 RECOMENDACIONES</b> .....	79
<b>9 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	80

## INDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1.	Contenido vitamínico de Brócoli, Repollo y Coliflor.....	8
Cuadro 2.	Composición nutritiva del Brócoli y Coliflor.....	9
Cuadro 3.	Composición nutritiva del Brócoli crudo y cocido.....	10
Cuadro 4.	Determinación del nivel de daño económico.....	20
Cuadro 5.	Acción sobre los pulgones y mosca blanca, en el momento del nivel de daño económico.....	35
Cuadro 6.	Dosificación del producto PROBIONE para el control de mosca blanca.....	35
Cuadro 7.	Factores de estudio con sus respectivos niveles.....	38
Cuadro 8.	Tratamientos de estudio.....	39
Cuadro 9.	Análisis de varianza para el número de hojas por planta.....	43
Cuadro 10.	ANVA de la variable altura de la planta a la cosecha (cm).....	47
Cuadro 11.	Prueba Tukey, altura de plantas entre variedades.....	48
Cuadro 12.	ANVA de la variable, diámetro del tallo (cm).....	50
Cuadro 13.	Prueba Tukey al 5% entre los diámetros del tallo del Factor A.....	51
Cuadro 14.	ANVA del diámetro de inflorescencia (cm).....	53
Cuadro 15.	Prueba Duncan al 5% de significancia, para el Factor A del diámetro de la inflorescencia.....	54
Cuadro 16.	Prueba de efectos simples del diámetro de inflorescencia para la interacción del Factor A y B.....	56
Cuadro 17.	Comparación de medias del diámetro de la inflorescencia para la interacción de los factores A con B.....	56
Cuadro 18.	ANVA del peso de la inflorescencia por planta (gr).....	62
Cuadro 19.	Prueba Duncan al 5% de significancia del peso de la inflorescencia por planta.....	63
Cuadro 20.	Prueba de efectos simples para la variable peso de inflorescencia de la interacción de los niveles del factor A y B.....	65
Cuadro 21.	Comparación de medias del peso de la inflorescencia para la interacción de los factores A con B.....	65

Cuadro 22.	Análisis de Varianza del rendimiento (kg/ha).....	67
Cuadro 23.	Prueba Duncan 5%, de medias del rendimiento entre variedades..	68
Cuadro 24.	Prueba de efectos simples del rendimiento kg/ha para la interacción de los niveles de los Factores A y B.....	69
Cuadro 25.	Comparación de medias del rendimiento para la interacción de los factores A con B.....	70
Cuadro 26.	Rendimiento ajustado del producto comercial (kg/m <sup>2</sup> ).....	72
Cuadro 27.	Beneficio bruto.....	73
Cuadro 28.	Costos variables.....	74
Cuadro 29.	Total costos de producción.....	74
Cuadro 30.	Beneficio neto.....	75
Cuadro 31.	Beneficio/Costo de cada tratamiento.....	75

## INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.	Ubicación geográfica del ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota Cota.....	28
Figura 2.	Croquis de la carpa solar y la distribución de los tratamientos.....	31
Figura 3.	Temperaturas del ambiente atemperado durante la evaluación...	42
Figura 4.	Número de hojas por planta de 6 tratamientos.....	44
Figura 5.	Desarrollo del número de hojas por semana de cada tratamiento.	46
Figura 6.	Comparación de altura de planta, entre las dos variedades (factor A).....	49
Figura 7.	Comparación de diámetro de tallo entre las variedades Pirata y Di Cicco (factor A).....	52
Figura 8.	Diámetro de inflorescencia en el factor A (variedades).....	55
Figura 9.	Comparación de medias del diámetro de inflorescencia, de dos variedades de Brócoli en tres densidades de siembra.....	57
Figura 10.	Porcentaje de plantas emergidas.....	59
Figura 11.	Días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha.....	60
Figura 12.	Peso de la inflorescencia del factor A (variedades Pirata y Di Cicco) al momento de la cosecha.....	63
Figura 13.	Comparación de medias del peso de inflorescencia en la interacción de niveles de los factores A y B.....	66
Figura 14.	Comparación de rendimiento de las variedades Pirata y Di Cicco	69
Figura 15.	Comparación de medias del rendimiento de dos variedades de brócoli en tres densidades de siembra.....	70

## INDICE DE FOTOS

Pág.

Fotografía 1.	Remoción del área experimental, a una profundidad de 30 centímetros.....	30
Fotografía 2.	Delimitación de los bloques, tratamientos y pasillos en la parcela experimental, con el uso de cordones.....	32
Fotografía 3.	Cubierta de paja sobre las semillas sembradas para asegurar la emergencia.....	33
Fotografía 4.	Tres cintas del Sistema de riego por goteo, están en medio de los surcos.....	33
Fotografía 5.	Emergencia de las plántulas, listas para el raleo debido a la presencia de las primeras hojas verdaderas.....	34
Fotografía 6.	Trampas de nylon de color azul y amarillo embadurnado con aceite sucio de auto, para atrapar mosca blanca.....	36
Fotografía 7.	Fumigado del cultivo con solución de PROBIONE, para disminuir la población de pulgones.....	36
Fotografía 8.	Toma de datos, de las plantas muestreadas al azar, tomando en cuenta el efecto de borde.....	37

## INDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1.	Croquis experimental y distribución de tratamientos en la parcela experimental.....	86
Anexo 2.	Análisis de suelo. ....	87
Anexo 3.	Datos correspondientes al número de hojas. ....	88
Anexo 4.	Datos correspondientes altura de planta (cm). ....	88
Anexo 5.	Datos correspondientes al diámetro de tallo (cm). ....	88
Anexo 6.	Datos correspondientes al diámetro de inflorescencia (cm).....	89
Anexo 7.	Datos correspondientes a la media de diámetro de inflorescencia, de la interacción de factor A con el factor B. ....	89
Anexo 8.	Datos correspondientes porcentaje de emergencia.....	89
Anexo 9.	Datos correspondientes días a la maduración.....	89
Anexo 10.	Datos correspondientes al peso de inflorescencia (gr).....	90
Anexo 11.	Datos correspondientes a la media de Peso de inflorescencia de la interacción de facto A con el factor B.....	90
Anexo 12.	Datos correspondientes al rendimiento (kg/ha).....	90
Anexo 13.	Datos correspondientes a la media de rendimiento (kg/ha), de la interacción de factor A con el factor B.....	90
Anexo 14.	Datos brutos semanales, de la variable número de hojas por planta	91
Anexo 15.	Datos brutos semanales, de la variable altura de planta a la cosecha (cm).....	92
Anexo 16.	Datos brutos semanales, de la variable diámetro de tallo (mm).....	93
Anexo 17.	Datos, transformado en centímetros de la variable diámetro de tallo	94
Anexo 18.	Análisis estadístico de la variable número de hojas.....	95
Anexo 19.	Análisis estadístico de la variable altura de planta (cm).....	96
Anexo 20.	Análisis estadístico de la variable diámetro de tallo (cm).....	97
Anexo 21.	Análisis estadístico de la variable diámetro de inflorescencia (cm)	98
Anexo 22.	Análisis estadístico de la variable días a la floración.....	99
Anexo 23.	Análisis estadístico de la variable peso de inflorescencia (gr).....	100
Anexo 24.	Análisis estadístico de la variable rendimiento (kg/ha).....	101

## RESÚMEN

El presente trabajo se realizó en la Ciudad de La Paz, Provincia Murillo primera sección, en la carpa solar de la Facultad de Agronomía ubicado en el Campus Universitario de la zona de Cota Cota, perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía ubicada a 15 km, del centro de la ciudad de La Paz presenta una altitud de 3445 m.s.n.m.

El análisis de suelo indicó, que el suelo es apto para el cultivo de brócoli, presentando buena condiciones en pH, conductividad eléctrica y materia orgánica.

Se evaluó el cultivo de brócoli bajo el Diseño de Bloques al Azar con arreglo en Parcelas Divididas, teniendo como factor "A" las variedades  $a_1$ : Di Cicco y  $a_2$ : Pirata y como factor "B" densidades de siembra;  $b_1$ : 17 plantas/m<sup>2</sup>,  $b_2$ : 11 plantas/m<sup>2</sup> y  $b_3$ : 8 plantas/m<sup>2</sup>. Tratamientos: T1 (Di Cicco+17 plantas/m<sup>2</sup>), T2 (Di Cicco+11 plantas/m<sup>2</sup>), T3 (Di Cicco+8 plantas/m<sup>2</sup>), T4 (Pirata+17 plantas/m<sup>2</sup>), T5 (Pirata +11 plantas/m<sup>2</sup>), T6 (Pirata +8 plantas/m<sup>2</sup>).

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Los tratamientos 4, 5 y 6, numéricamente obtuvieron el mayor número de hojas con 20, 20 y 22 hojas respectivamente. La altura de planta estadísticamente presentó diferencias significativas entre Di Cicco y Pirata con 88,98 y 60,99 cm respectivamente. El mayor diámetro de tallo fue en la variedad Pirata alcanzó 2,31 cm, con respecto a Di Cicco que registró 1,79 centímetros. El diámetro de inflorescencia fue mayor en el tratamiento 6, con un promedio de 12,93 cm, seguida por el tratamiento 4 con un valor de 12,4 centímetros. El porcentaje de plantas emergidas a los 15 días después de la siembra fue de un 95% del total, a una temperatura promedio de 22°C. La variedad Di Cicco registró 96 días desde la siembra hasta la madurez comercial, la variedad Pirata con 108 días. El peso de inflorescencia para T4, T5 y T6 registró promedios iguales a 256,83, 273,57 y 291,33 gramos respectivamente. Los rendimientos en T4, T5 y T6 fueron iguales a 18213, 17780 y 16190 kg/ha respectivamente. Los tratamientos 2, 3, 4, 5 y 6 resultaron tener réditos económicos, pero el tratamiento 5 fue la más rentable con un valor de costo/beneficio de 1,79 Bs.

## ABSTRACT

This work was conducted in the city of La Paz, Murillo Province first section, solar tent in the College of Agriculture located in the University Campus area Cota Cota, belonging to the Universidad Mayor de San Andrés, Faculty of Agronomy located 15 km from the center of the city of La Paz has an altitude of 3445 meters above level sea.

Soil analysis indicated that the soil is suitable for growing broccoli, presenting good conditions in pH, electrical conductivity and organic matter. Growing broccoli under Random Block Design score was evaluate Divided Plots, taking as a factor "A" the range  $v_1$ : Di Cicco and  $v_2$ : Pirate and factor "B" densities;  $b_1$ : 17 plants/m<sup>2</sup>,  $b_2$ : 11 plants/m<sup>2</sup> and  $b_3$ : 8 plants/m<sup>2</sup>. Treatments: T1 (Di Cicco+17 plants/m<sup>2</sup>), T2 (Di Cicco+11 plants/m<sup>2</sup>), T3 (Di Cicco+8 plants/m<sup>2</sup>), T4 (Pirate+17 plants/m<sup>2</sup>), T5 (Pirate+11 plants/m<sup>2</sup>), T6 (Pirate+8 plants/m<sup>2</sup>). The results obtained were as follows: Treatments 4, 5 and 6 numerically obtained the largest number of sheets 20, 20 and 22 leaves plant height respectively. The statistically significant differences between Di Cicco and Pirate with 88,98 and 60,99 cm respectively . The largest stem diameter was in variety Pirate reached 2.31 cm with respect to Di Cicco than recorded 1,79 inches. Inflorescence diameter was greater in treatment 6, with an average of 12.93 cm, followed by treatment 4 value of 12,4 centimeters. The percentage of plants emerged at 15 days after planting was 95 % of the total, at an average temperature of 22°C. The variety Di Cicco with 96 days since commercial planting to maturity, variety Pirate 108 days. Inflorescence weight for T4, T5 and T6 equal averages recorded 256,83, 273,57 and 291,33 grams respectively. Yields in T4, T5 and T6 were equal to 18213, 17780 and 16190 kg / ha respectively. The treatments 2, 3, 4, 5 and 6 were found to have economic returns, but treatment 5 was the most profitable with a cost value / profit of 1,79 Bs.



## **1 INTRODUCCIÓN**

Muchas personas en el mundo dependen en su dieta diaria de las hortalizas que tienen propiedades nutritivas y medicinales significativas para el organismo, proporcionadas por estas plantas.

El problema de la desnutrición infantil en Bolivia es sumamente complejo, no sólo por la cantidad de factores que la originan, sino también por los irreparables daños físicos que ocasiona.

Las personas más vulnerables a la inseguridad alimentaria, además de ser pobres, son indígenas, mujeres, niños y niñas que habitan en zonas rurales o en las periferias urbanas.

A pesar de que en La Paz la disponibilidad de alimentos está asegurada, las familias pobres no pueden acceder a ellos, principalmente porque su presupuesto es insuficiente. Con el poco dinero que disponen aseguran sólo alimentos energéticos (como cereales y tubérculos) y se privan de una dieta balanceada porque no pueden comprar carne, frutas y hortalizas que proveen al ser humano de proteínas, vitaminas y minerales indispensables para su crecimiento y desarrollo.

Esta alimentación poco equilibrada se ha convertido en un problema crónico y provoca serias consecuencias en la salud y el desarrollo físico de las personas que no satisfacen sus necesidades nutricionales diarias.

Particularmente la producción del brócoli es importante en nuestro medio, por las características alimenticias que provee esta hortaliza desde el punto de vista nutritivo y balance dietético.

Era un gran desconocido hasta hace poco, pero los últimos estudios han demostrado el papel que esta crucífera juega en la prevención un gran número de tumores. Si a esto añadimos que no engorda y que muy poca cantidad basta para obtener su efecto protector, no hay excusas para no comerlo (Buena salud, 2011).

Se dice que el brócoli es la hortaliza de mayor valor nutritivo, por encima incluso de la espinaca. Debido a que el brócoli es un alimento con alto contenido de antioxidantes y beta carotenos. Igualmente posee un elevado aporte de vitaminas A, B2 y C, con propiedades diuréticas y depuradoras de la sangre.

Este vegetal está compuesto además por una elevada cantidad de agua, ya que esta constituye entre un 80 y 90% de su composición. Aporta además gran cantidad de fibra dietética y ácido fólico.

Con respecto a minerales, suministra cantidades significativas de potasio, fósforo, hierro y calcio, lo que le confieren importantes propiedades anti anémicas.

En estas últimas décadas la constante contaminación ambiental del planeta tierra, preocupa a toda la humanidad, por los efectos negativos que pueda traer este fenómeno en cuanto a la producción de alimentos. Sobre todo en lugares donde las condiciones para la práctica de la agricultura son adversos, y difíciles de producir hortalizas como el brócoli.

La Paz se ha visto congestionada por una gran cantidad de habitantes que provienen de diferentes zonas rurales, los factores como: el clima, las bajas temperaturas y el déficit de agua limitan la producción de hortalizas, entonces los organismos gubernamentales y no gubernamentales han propuesto una alternativa de producción intensiva de hortalizas en ambientes atemperados, que es una actividad que se viene realizando por más de 20 años en el Altiplano boliviano.

### **1.1 Antecedentes**

En el contexto internacional, el cultivo de este vegetal aumento rápidamente, México es uno de los principales países exportadores de hortalizas frescas y congeladas hacia EE.UU. El excedente de demanda de esta hortaliza que reporta Norte América, Europa y Asia es una oportunidad de mercado.

Actualmente se han realizado investigaciones y mejoras en la planta de brócoli, los avances científicos han mejorado la producción. El cultivo de esta hortaliza se ha convertido en un negocio rentable. En nuestros días una hectárea de brócoli alcanza a obtener una productividad de 15 toneladas.

Para Buena salud (2011), el brócoli era un gran desconocido hace poco, pero los últimos estudios han demostrado el papel que esta crucífera juega en la prevención de gran número de tumores. Si a esto añadimos que no engorda y que muy poca cantidad basta para obtener su efecto protector, no hay excusa para no comerlo.

Es así que Gutiérrez (2005), en su trabajo “Cultivares de Brócoli en diferentes distancias de trasplante en época de invierno” recomienda que se deba probar otras variedades con la distancia de 30x30 cm, entre surcos y plantas respectivamente ya que con esta distancia obtuvo mejor rendimiento de 3,76 kg/m<sup>2</sup>.

Limachi (2011), recomienda que por los resultados alcanzados, la variedad Pirata es una alternativa de producción, en las zonas donde existe una carpa solar, puesto que mencionada variedad tuvo buenos resultados en su desarrollo y en el rendimiento alcanzando una media de 17234 kg/ha, además recomienda el estudio de diversas variedades de Brócoli a campo abierto.

## **1.2 Justificación**

El brócoli a pesar de ser uno de los alimentos más saludables y nutritivamente completos, tiene la limitante de ser muy poco consumido, debido a la falta del conocimiento acerca de sus propiedades nutritivas y a la falta de difusión en el mercado nacional y local, por lo que la falta de opciones competitivas en la producción permanente, manejo adecuado de los pequeños productores y altos costos de producción (debido al alto costo de semilla y al uso de agroquímicos), son causa que aíslan al brócoli de los mercados.

Uno de los principales problemas es la falta de información técnica y adecuada sobre el manejo de este cultivo en el departamento de La Paz, especialmente en la zona del Altiplano, por lo que es necesario iniciar un programa de investigaciones para conocer las diferentes variedades dentro del cultivo y la adecuada densidad de siembra, las cuales son parámetros muy importantes que influyen directamente sobre el rendimiento y tamaño de la inflorescencia, el cual es el producto final que interesa al consumidor y en carpa solar ya que en estos ambiente se obtienen productos más limpios de mejor calidad.

La presente investigación, está orientada a determinar el mejor arreglo topológico en el cultivo de Brócoli, entendiéndose a este como una distribución adecuada de las plantas; variando la distancia entre estas, con la finalidad de obtener una utilización eficiente de la energía luminosa y optimizar la competencia nutricional: esta distribución influye significativamente en la calidad de las plantas, el vigor y el

rendimiento del cultivo brócoli tratando siempre de buscar bajos costos de producción y mayor rentabilidad, siendo una alternativa que aliviaría en cierto grado la falta de alimentos en las familias en situación de pobreza y de pobreza extrema.

La enciclopedia coleccionable Buena salud (2011), menciona que las propiedades del brócoli, van desde su aporte de zinc el cual favorece una mejor función de la próstata y de la calidad de espermatozoides. Las personas con tendencia a la degeneración muscular debería tenerlo muy presente en su dieta ya que el brócoli es muy rico en Luteína. Ideal para personas que necesiten gran aporte de ácido fólico y hierro (embarazadas, convalecientes, personas anémicas, etc.). Es una verdura muy a tener en cuenta en la menopausia ya que igual que la soya actúa como Fitoestrógeno, a la vez que aporta el calcio. Muy conveniente en personas que necesitan vitamina K (evita las hemorragias). Adecuado en casos de estreñimiento por su buen aporte de fibra. Favorece el buen estado de la piel y de las mucosas ya que tiene antioxidantes como betacaroteno, selenio, Sod (Superóxido dismutasa), vitamina C y zinc. Tiene pues un buen efecto antioxidante o antienviejimiento de la piel. Su aporte de sustancias como el Indol, Sulfarano y Fenetilisotiocianato, el hecho de que parece protegernos del Benzopireno (sustancia cancerígena presente en cigarrillos, humo de los automóviles, etc.) y su riqueza en antioxidantes como el Betacaroteno, la vitamina C, el Selenio, el Sod ò Superóxido dismutasa y el Zinc lo hace un alimento clave en la lucha contra el cáncer y de bacteria Hlicobacter Piloni, causa de las úlceras y del cáncer de estómago. Además podría favorecer la acción de enzimas encargados de eliminar sustancias cancerígenas. Ideal en dietas de adelgazamiento ya que nutre y no engorda ya que es muy pobre en calorías.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar tres densidades de siembra en dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el Centro Experimental de Cota Cota.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de dos variedades de brócoli.
- Seleccionar, en relación a la producción, la variedad de brócoli que se adapta en ambiente atemperado.
- Determinar la relación beneficio/costo de los tratamientos propuestos.

### **2.3 Hipótesis**

**Ho:** El efecto de las densidades de siembra en el rendimiento de dos variedades de Brócoli no son significativamente diferentes.

**Ho:** El rendimiento en dos variedades de brócoli no muestran diferencias significativas en ambiente atemperado.

**Ho:** La relación beneficio/costo de los tratamientos propuestos no muestran diferencias significativas.

### **3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Origen del Brócoli**

El Brócoli tiene un ancestro en una planta silvestre que quizá llegó al mediterráneo o del Asia menor a las peñas calcáreas de Inglaterra y costa de Dinamarca (Casseres, 1980).

El Brócoli es originario de Europa, Siberia y en Italia es donde más se cultiva esta planta (Maroto, 1995).

Mortensen y Bullard (1986), indican que el brócoli era relativamente desconocido en América, actualmente es una importante hortaliza entre los productos congelados, tiene un gran contenido de vitamina C, así como las otras vitaminas y minerales. Es particularmente valioso para las áreas tropicales, donde la dieta es probablemente baja en verduras.

El brócoli es una crucífera nativa de Asia Occidental y de las Costas del Mediterráneo en Europa y se desarrolló a partir de un repollo salvaje que mediante procesos de mejoramiento genético realizados desde 1920 en Estados Unidos, se transformó en lo que hoy conocemos (s/a, 2012).

#### **3.2 Importancia del Brócoli**

El brócoli contiene cantidades grandes de vitamina C y betacaroteno que son importantes como antioxidantes, por lo que ha sido una de las hortalizas de mayor demanda, en los Estados Unidos. El brócoli se ha convertido en el vegetal crucífero favorito y los investigadores han concluido que el brócoli y otros vegetales crucíferos se deben incluir en la dieta semanal. Consumir alimentos altos en antioxidantes puede reducir el riesgo de algunas formas de cáncer y de enfermedades cardíacas (Krarup y Alvarez, 1997). Razón que justifica el creciente interés en su consumo y cultivo, tanto como producto fresco como congelado, e incluso como deshidratado.

Lázaro (1982), señala que la característica principal del brócoli es el sabor particular al ser ingerido en su preparación y el contenido de vitamina C, es mayor que en otras hortalizas.

El brócoli tiene propiedades que ayudan a combatir el desarrollo de los tumores cancerosos (Vallejos, 1995).

El mismo autor indica que el brócoli cuenta con gran cantidad de vitamina C, se dice que una taza de brócoli picado tiene más vitamina C, que una naranja de tamaño grande. Esta vitamina nos brinda mucha ayuda para mejorar nuestra calidad de vida para darnos una idea podemos nombrar la importancia que tiene en la formación de huesos, dientes y tejidos. También en los procesos de cicatrización, digestión y en la curación de los comunes resfriados.

El brócoli también contiene fibra y vitamina B, esta última, al igual que todas las vitaminas, ayuda enormemente al cuerpo humano. Para destacar solo algunos de los aportes que nos da, podemos decir que se asegura el equilibrio del sistema nervioso y vías cardiovasculares se considera como un factor anti parálítico que puede contrarrestar los efectos que producen los derrames o parálisis de ciertas partes del cuerpo o bien, evitarlos. También interviene en la absorción de los carbohidratos y en el metabolismo de las grasas (s/a, 2012).

Para seguir sumando las ventajas y propiedades magnificas que este vegetal posee, la vitamina K siendo su función principal la de formar la protrombina para la coagulación de la sangre, por lo que constituye a la curación de las hemorragias y elimina las dolencias que a menudo presentamos en ciertas partes del cuerpo que no tiene aparentemente origen alguno, pero son malestares que se asocian con la reducción de protrombina en la sangre.

### **3.2.1 Valor Nutritivo**

El brócoli ha sido calificado como la hortaliza de mayor valor nutritivo por unidad de peso del producto comestible. Su aporte de vitamina C, B2 y vitamina A es elevado; además suministra cantidades significativas de minerales.

El cuadro 1 describe el contenido vitamínico del Brócoli (*Brassica oleracea*), Repollo (*Brassica oleracea L. var. Capitata*), y Coliflor (*Brassica oleracea L. var. Botrytis L.*), en estado fresco y cocido.

**Cuadro 1. Contenido vitamínico de Brócoli, Repollo y Coliflor**

<b>(mg/100 g de producto fresco y cocido)</b>			
<b>Composición</b>	<b>Brócoli</b>	<b>Repollo</b>	<b>Coliflor</b>
<b>Vitamina C</b>			
Fresco	118,00	40,00 - 81	50,0 – 91,00
Cocido	29,0 – 109,00	2,0 – 31,00	228,00
<b>Caroteno</b>			
Fresco	2,10	0,0– 0,05	0,0 – 0,300
Cocido	0,90 – 2,10	0,0 – 0,05	0,0 - 0,200
<b>Tiamina</b>			
Fresco	0,10	0,04 – 0,06	0,11 – 0,12
Cocido	0,03 – 0,09	0,02 - 0,08	0,08
<b>Riboflavina</b>			
Fresco	0,21	0,02 – 0,05	0,10 – 0,12
Cocido	0,06 – 0,24	0,02 – 0,08	0,08
<b>Niacina</b>			
Fresco	1,10	0,20 – 0,30	0,6
Cocido	0,30 – 0,80	0,10 – 0,40	0,5

Fuente: Neiuwhof citado por Callisaya (2000).

El contenido de vitamina “C” en estado fresco es altamente superior en el brócoli, en comparación al repollo y coliflor. Lo mismo sucede con las proteínas y sales minerales en los dos estados cocido y fresco, la importancia de una hortaliza radica en el contenido de vitaminas.

En el cuadro 2 se describe la composición nutritiva del brócoli comparado con el coliflor que es su pariente más cercano.



**Cuadro 2. Composición nutritiva del Brócoli y Coliflor**

Componentes	100 g de porción comestible	
	Brócoli	Coliflor
Agua (%)	91	92
Energía (kcal)	28	24
Proteína (g)	3,0	2,0
Grasa (g)	0,4	0,2
Carbohidratos (g)	5,2	4,9
Fibra (g)	1,1	0,9
Ca (mg)	48	29
P (mg)	6,6	4,6
Fe (mg)	0,9	0,6
Na (mg)	27	15
K (mg)	325	355
Vitamina A (IV)	1,542	1,6
Thiamina (mg)	0,07	0,08
Riboflavina (mg)	0,12	0,06
Niacina (mg)	0,064	0,63
Ácido ascórbico (mg)	93,2	71,5
Vitamina B6 (mg)	0,16	0,23

Fuente: Maynard y Lorenz, citado por Nuez *et al.* (1999)

La mayoría de los componentes del brócoli tienen valores altos que del coliflor siendo los componentes más importantes para la nutrición en el organismo, como el calcio con 48 mg (brócoli) y 29 mg (coliflor), la riboflavina y ácido ascórbico.

Nuez *et al.* (1999), mencionan que estas plantas presentan un bajo contenido en calorías, aunque este puede variar dependiendo del cultivar, utilizado y de las condiciones del cultivo. Sin embargo, son ricas en minerales y aminoácidos.

La composición nutritiva del brócoli crudo y cocido se presenta en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Composición nutritiva del Brócoli crudo y cocido**

<b>Componente</b>	<b>Brócoli crudo Unidad</b>	<b>Brócoli cocido Unidad</b>
Agua	91,00 %	90,00 %
Carbohidratos	5,30 g	5,56 g
Proteína	2,65 g	2,78 g
Lípidos	0,66 g	0,56 g
Calcio	47,68 mg	113,89 mg
Fósforo	66,23 mg	47,68 mg
Fierro	0,86 mg	1,17 mg
Potasio	325,17 mg	162,78 mg
Sodio	27,15 mg	11,11 mg
Vitamina A (valor)	1543,05 UI	1411,11 UI
Tiamina	0,07 mg	0,08 mg
Riboflavina	0,12 mg	0,21 mg
Niacina	0,66 mg	0,78 mg
Ácido ascórbico	93,38 mg	62,78 mg
Valor energético	26,49 cal	27,78 cal

Fuente: Gebhardt y Matthews (1988) mencionado por Callisaya, (2000).

Los componentes con mayor cambio en el contenido nutricional de crudo o cocido son: calcio, fósforo, fierro, potasio, sodio, vitamina A, ácido ascórbico, se denota claramente que el cambio de mayor a menor se produce durante la cocción. Mostrando que es mejor consumir brócoli crudo que cocido por el contenido nutritivo que este presenta.

### **3.3 Requerimientos del cultivo**

#### **a. Clima**

Desde el punto de vista técnico el Brócoli es considerado un cultivo de estación fría por lo que requiere de climas fríos, templados y relativamente secos, tolera heladas suaves. La mayoría de los cultivares usados en la actualidad no requieren de un período de vernalización sin embargo algunos cultivares tardíos en Europa necesitan estar expuestas a temperaturas inferiores a 10° C, por varios días, para formar inflorescencias (Krarup, 1992).

Wettstein (1994), señala que el brócoli es una hortaliza propia de climas fríos y frescos, sin embargo, en México (región de El Bajío) se puede explotar durante todo el año.

El desarrollo de la planta necesita climas fríos y húmedos, la temperatura optima promedio está entre 2 y 16° C, con mínimas promedio de 5° C, temperaturas mayores a 20° C, causa desuniformidad en la formación de las inflorescencias, ocasionando una menor compactación de las mismas, factor determinante de la calidad de producto. Por otro lado, temperaturas cercanas a 0° C detienen el crecimiento de la planta (s/a, 2012).

#### **b. Temperatura**

Wettstein (1994), indica que el rango de temperatura para la germinación es de 5 a 28° C, pudiendo llegar a emerger a los 8 y 3 días respectivamente. Las temperaturas ambientales para su desarrollo son de 15 a 25° C, pudiendo llegar a emerger a los 8 y 3 días respectivamente. Las temperaturas ambientales para su desarrollo son de 15 a 25° C, siendo una óptima de 17 grados centígrados. A temperaturas de 0° C y mayores de 30 °C, puede detener su desarrollo.

La temperatura mínima para su crecimiento es de 5° C., siendo el óptimo entre 15 y 18° C. En el otro extremo temperaturas sobre los 24° C. por periodos prolongados causan aberturas de flores acelerada, elongación de los corimbos y otros problemas (Krarup, 1992).

Ospina (1995), reporta que se siembran en altitudes entre 1.600 a 2.600 con temperaturas promedio de 15 a 20 °C.

Vigliola (1986), señala que las temperaturas de crecimiento son las siguientes:

Optima de 16-18° C, mínima de 3° C y máxima de 44 grados centígrados.

#### **c. Humedad**

Para el desarrollo vegetativo requiere una humedad relativa del 80% con una mínima de 60%. El brócoli se puede cultivar de manera adecuada en zonas comprendidas entre los 2200 y 2800 m.s.n.m. (s/a, 2012).

#### **d. Suelo**

El desarrollo del brócoli se produce en todo tipo de suelos, prosperando de mejor manera en los franco-arenosos, profundos, con drenaje y con un buen contenido de

materia orgánica (6%). Sobre el pH es ligeramente tolerante (6 – 6.8) y medianamente tolerante a la salinidad (4 mmhos de C.E. o 2560 ppm) (Barahona, 1998).

Ramírez (1995), sostiene que el brócoli necesita más nitrógeno al desarrollar las yemas laterales después de cortar la cabeza principal. El brócoli también requiere de 60 kg de N, 20 kg de P y 50 kg de K.

Ospina (1995), indica que estas plantas no son exigentes en los suelos, pero requieren terrenos de textura media, franco, franco arcillosos o franco limosos, con una buena capacidad de retención de la humedad, profundos con un buen contenido de materia orgánica y el pH entre 5 a 6.8.

Para una adecuada producción se requiere un pH alto lo más cercano a la neutralidad. El intervalo más aconsejable para un mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo por parte de las plantas está entre 6,0 y 6,8 ya que es una planta poco tolerante a la acidez. Se desarrolla en una amplia gama de suelos pero son preferibles los francos, franco arcilloso o franco limosos, profundos con buen contenido de materia orgánica y con una buena capacidad de retener agua. En suelos pesados es necesario llevar a cabo labores de drenaje tanto interno como superficial (s/a, 2012).

#### **e. Agua**

El brócoli es una planta mesófito y, por lo mismo, requiere una disponibilidad de agua de buena calidad (sin elementos tóxicos, bajo contenido salino, etc.), de manera de evitar situaciones de estrés hídrico (Krarup, 1992).

Albiac *et al.* (1998) citado por Vera y Vilaña (2004), sostiene que los requerimientos de agua del brócoli depende del tipo de riego que se está utilizando, manifiesta de manera general que por inundación, el brócoli necesita aproximadamente 1286 m<sup>3</sup>/ha y en riego localizado 858 m<sup>3</sup>/ha para llegar a capacidad de campo.

#### **f. Luz**

El brócoli es una especie de fotoperiodo neutro, es decir la inducción y la diferenciación floral no son afectadas por la luz. Condiciones extremas de luminosidad pueden limitar el crecimiento y algunas características de las plantas, sin

embargo en la mayoría de las situaciones agrícolas, la luz no es un limitante para su cultivo (Krarup, 1992).

Lozada (2005) citado por Vera y Vilaña (2004), menciona que la cantidad de horas luz dentro del brócoli depende de la variedad con la que se esté trabajando, hay variedades muy susceptibles y otras como la variedad Legacy que soporta un máxima de 16 horas luz por día, si supera esta cantidad se pueden tener fuertes problemas con la pella.

### **3.4 Descripción morfológica del Brócoli**

El brócoli es una planta erecta, herbácea, alógama y anual por lo que no necesita un periodo de vernalización o de baja temperatura para emitir el vástago floral (Krarup, 1992).

#### **a. Raíz**

El brócoli presenta un sistema radicular pivotante (axonomorfa), leñoso y poco profundizador, alcanzando hasta 80 cm de profundidad en el perfil del suelo. Las raíces secundarias, terciarias y raicillas se concentran mayoritariamente en los primeros 40 a 60 cm de profundidad (Krarup, 1992).

Esta hortaliza de raíz pivotante puede llegar a penetrar hasta 1,20 m de profundidad. Es una planta erecta con 60 a 90 cm de altura (Maroto, 1995).

#### **b. Tallo**

Desarrolla un tallo principal relativamente grueso, de diámetro entre 2 a 6 cm. Y de largo de 20 a 50 cm de longitud, constituyéndose en un tallo acaule. Según Rueda (2001) acaule es un tallo muy corto con nudos y entrenudos casi juntos, formando una roseta de hojas.

El tallo termina en una inflorescencia principal, excepto por algunas inflorescencias secundarias en los nudos superiores, no presenta ramificaciones (Krarup, 1992).

#### **c. Hojas**

Las hojas son de tamaño grande, pudiendo alcanzar hasta más de 50 cm. de longitud y 30 cm. de ancho, las mismas varían en número de 15 a 30, según el cultivar. Presentan un pecíolo más desarrollado que la coliflor y repollo, alcanzado hasta un tercio de la longitud total de la hoja, estando el resto constituido por una lámina que generalmente es lobulada. La superficie foliar está recubierta por ceras

epicuticulares que dificultan el mojamiento y causan el escurrimiento del agua (Krarup, 1992).

Los brócolis de pella tienen algunas diferencias morfológicas con las coliflores, como son las hojas más estrechas y más erguidas con peciolo generalmente desnudo o con formas estipuladas, limbo frecuentemente más ondulado; así como las nervaduras más marcadas y blancas (Sobrino, 1989).

El brócoli es una planta similar al coliflor, aunque las hojas son más estrechas y más erguidas, con peciolo generalmente desnudo, limbo normalmente con los bordes más ondulados; así como nervaduras más marcadas y blancas (Maroto, 1995).

#### **d. Inflorescencia**

A diferencia de varios tipos de coliflor, se conforma de primordios florales o flores inmaduras, dispuestas en un corimbo principal o primario en el extremo superior del tallo o en ramificaciones de las yemas auxiliares.

Rueda (2001), indica que un corimbo es una inflorescencia en la cual las flores se unen al pedúnculo en forma alternada, pero todas llegan a un mismo nivel de altura.

Los corimbos son de color variable según el cultivar, yendo desde verde claro a color púrpura y mantienen una estructura compacta durante poco tiempo, hasta el momento en que se acelera la elongación de los pedúnculos y se produce la maduración de las flores (Krarup, 1992).

El brócoli tiene algunas diferencias morfológicas con las coliflores, como son las pellas claras ligeramente menores de tamaño, superficie más granulada (Sobrino, 1989).

#### **e. Flor**

Las flores son perfectas, actinomorfas, con cuatro pétalos libres, amarillos, dispuestos en forma de cruz (Crucíferas). A pesar de tener flores perfectas, debido a problemas de autoincompatibilidad, el brócoli presenta polinización cruzada, la misma que es realizada por insectos, principalmente abejas y moscas (Krarup, 1992).

Después de la polinización, la germinación del polen y fertilización de los óvulos, se inicia el desarrollo del fruto propiamente dicho.

## f. Fruto

El fruto comprende una silicua, la cual contiene, generalmente, más de diez semillas en su interior las cuales al momento de su madurez (dehiscencia) son liberadas al medio ambiente. Las semillas son redondas, de color pardo oscuro a rojizo y de tamaño pequeño, cerca de 2 mm de diámetro. El número de semillas por gramo fluctúa entre 250 a 350, dependiendo del cultivar y factores de producción (Krarup, 1992).

Casseres (1980), indica que las flores del brócoli son pequeñas, en forma de cruz de color amarillo y el fruto es una silicua de valvas ligeramente convexas con un solo nervio longitudinal. Produce abundantes semillas redondas y de color rosáceo.

El fruto es una silicua de color verde oscuro que mide 3 a 4 cm, y contiene semillas de 2 a 3 mm de diámetro (Maroto, 1995).

### 3.4.1 Clasificación Taxonómica del Brócoli

La clasificación botánica y taxonómica del brócoli según Rueda (1996) es:

Reino:	Plantae
División:	Magnoleophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caprales
Familia:	Brassicaceae
Género:	<i>Brassica</i>
Especie:	<i>Oleracea</i>
Nombre Vulgar:	Brócoli

## 3.5 Sistemas de siembra

### 3.5.1 Siembra Directa

En caso de siembra directa, para asegurar la emergencia se colocara por golpe más de dos semillas, suponga que colocara tres (razón por la cual no consideramos el % de germinación) para un posterior raleo de plántulas (Porco y Terrazas, 2009).

Krarup (1992), sostiene que en la siembra directa se requiere realizar una buena preparación del suelo, que permita la ubicación y cobertura uniforme de la semilla (2mm), que debe quedar entre 1 y 2 cm de profundidad. Con este método se utiliza

entre 700 a 1000 g/ha de semilla y la necesidad de una sembradora adecuada, requiere de un sistema de riego que permita mantener húmeda la zona superficial del suelo.

### **3.5.2 Siembra Indirecta**

#### **a) Siembra en almácigo o semillero**

La semilla se debe cubrir ligeramente con una capa de tierra de 1-1,5 cm y dar riegos frecuentes para conseguir una planta desarrolla dentro de 45-55 días. La germinación tiene lugar aproximadamente 5 días después de la siembra. En general, la cantidad de semilla necesaria para una hectárea de plantación es de 250 a 300 gramos, en función del marco de plantación y de la variedad que se utilice (s/a, 2012).

Siendo este método el más utilizado debido al ahorro de semilla y al fácil control de las plántulas al ser trasplantadas. Si el semillero está muy espeso es conveniente aclararlo para que la planta se desarrolle de forma vigorosa y evitar el ahilamiento.

Sánchez (2004), indica que en un gramo de semilla se encuentra 250 semillas de brócoli y el periodo de tiempo transcurrido entre fases es de 10 días desde la siembra hasta la germinación, 20 a 22 días desde la germinación hasta el trasplante y 75 días desde el trasplante hasta la cosecha.

En general la cantidad de semilla necesaria para una hectárea de plantación es de 250 a 300 gramos, en función del marco de plantación y variedad que se plante (Galeón, 2012).

#### **b) Siembra en bandejas**

Se lo realiza en bandejas plásticas con cavidades que permiten el posterior trasplante con un cubo de suelo pudiendo utilizar maquinaria para el establecimiento definitivo de las plantas; junto al sistema de semillero o almácigo ambos requieren prácticas similares (Krarup, 1992).

#### **c) Preparación del Terreno**

La plántula de brócoli para ser trasplantada debe tener el mejor medio posible. Esto implica que de los terrenos que van a ser sembrado por primera vez, se debe eliminar la capa vegetativa anterior en base a trabajo de arada y rastra, para romper terrones y chambas. En terrenos que se repiten la siembra para brócoli, es



importante eliminar la presencia de troncos y tallos del cultivo anterior, dando un pase de rastra rotativa para desmenuzar completamente los residuos que quedaron de la siembra anterior, el arado de cincel es importante en esta fase, ya que así se evita que se forme una capa impermeable bajo la capa arable, producto del uso de maquinaria que tiende a compactar el subsuelo (Hidalgo, 2000).

La preparación del terreno para cualquier cultivo es un aspecto muy importante en su explotación. Se dará una labor de subsolador a unos 50 cm, seguido de una de vertedera de 40 cm. Posteriormente se darán unas labores complementarias de grada o cultivador, para dejar de este modo el suelo bien mullido. Se realizarán surcos separados entre sí de 0.8 m. según el desarrollo de la variedad que se va a cultivar (s/a, 2012).

#### **d) Trasplante**

Esta labor se realizará entre 45 y 55 días después de la siembra en la pilonera, cuando las plantas tengan de 4 a 5 hojas verdaderas y las mismas tengan una longitud entre 10 y 15 cm previa preparación adecuada del terreno definitivo; Se deberán eliminar las plantas débiles y las que tengan la yema terminal abortada. Al trasplantar se debe tener cuidado de no doblar raíces al enterrarlas y presionar el suelo para que la planta quede bien compactada. Durante los siguientes días se harán riegos ligeros, hasta que las plantas se hayan restablecido. (Krarup, 1992).

La planta tiene que ser vigorosa y estar bien desarrollada, con 18 – 20 cm de altura y 6 – 8 hojas definitivas, lo que tiene lugar a los 50 días de la siembra. Se deberán eliminar las plantas débiles y las que tengan la yema terminal abortada, particularmente importante en las variedades de pella (Galeón, 2012).

Las distancias de siembra más utilizadas dentro del cultivo según (Valadez, 1997) son las siguientes:

-Entre surcos:

Hilera simple: 0,65 a 0,75 m.

En doble hilera: 0,9 a 1 m.

-Entre plantas: Ya sea en hilera simple o doble hilera se recomienda una distancia entre planta de 0,30 a 0,35 m (3 plantas/m).

Las poblaciones utilizadas dentro del cultivo de brócoli son extremadamente variables dependiendo del destino de la producción, de la variedad utilizada y de las condiciones agroclimáticas donde se desarrollará el cultivo. Con las distancias de siembra citadas se logrará obtener una población aproximada de 48000 plantas por hectárea.

Normalmente se emplean unas densidades de 12000 a 30000 plantas/ha, que en marcos de plantación son de 0,80 – 1,00 m entre líneas y 0,40 – 0,80 m entre plantas (Galeón, 2012).

Porco y Terrazas (2009), sugieren que la distancia de siembra para el cultivo de brócoli, debería ser de 60 cm entre plantas y 65 cm, entre surcos.

Holle y Montes (1985), indican que entre plantas puede haber competencias intraespecíficas (entre cultivo y otras especies) e interespecíficas (entre las plantas del mismo cultivo).

La competencia intraespecífica (densidades), son las características de las plantas como rendimiento, calidad y otras variables que se ven afectadas por la densidad poblacional por lo que para el cultivo existe un tamaño ideal de población a partir del cual se establecen las relaciones de competencia en el caso hortícola.

Según Holle y Montes (1985), existen los siguientes:

- **La competencia inter vegetal** efecto de la población vegetal por cada unidad de superficie, cuando la población se encuentra por debajo del nivel de competencia, el rendimiento por unidad de área se encuentra en razón directa al aumento del número de plantas, entre tanto que por encima del nivel de competencia, el rendimiento por unidad de superficie está en función del cambio en rendimiento por planta.
- **La competencia intra vegetal** efecto de la población de la planta misma, afecta a las distintas partes de la planta, generalmente afectado al tamaño de la flor y el fruto porque es necesario tener una densidad óptima para cada especie.

Vigliola (1986), indica que las distancias utilizadas pueden ser de 30x30, 40x40 ó 50-70 entre hileras y 20, 30 ó 40 cm entre plantas. Si se desea una producción de cabezas centrales solamente, se justifica disminuir el espaciamiento.

El mismo autor menciona que en general cuando se disminuye la distancia, los rendimientos de una sola cosecha aumenta y el peso de la inflorescencia se reduce, pero la inflorescencia no es la misma en todos los cultivares. Las ventajas y desventajas de las altas poblaciones son las siguientes:

Ventajas de las altas densidades:

- Aumenta el rendimiento de semillas por unidad de superficie sin alterar la calidad del producto final.
- Modifica favorablemente el hábito de crecimiento.
- Se obtiene una mayor concentración de la maduración.
- Posibilita una mejor competencia con las malezas

Desventajas de altas densidades:

- Disminuye el rendimiento de semilla por planta, esto constituye una desventaja cuando se posee poco material madre.
- Dificulta las tareas de selección de plantas llegando a impedir las cuando se trata de especies que forman una roseta de hojas (cabeza) como ocurre en algunos cultivares.
- Dificulta las tareas de control de plaga y enfermedades.

### **3.6 Labores culturales**

#### **a) Control de malezas**

Maroto (1992), menciona que el brócoli pueden considerarse básicamente los mismos herbicidas y dosis que el coliflor, aunque siempre es aconsejable la experimentación previa. Pueden utilizarse trifluralina, a la dosis de 0,80-1,20 kg de  $ma^1/ha$  en pre plantación; Alacor, a la dosis de 2-3 kg de  $ma^1/ha$  en post plantación. Simazina, a la dosis de 0,30-0,40 Kg/ha en pos plantación, no usar en suelos muy ligeros. Cortral, tras la siembra a la dosis de 5-9 Kg de  $ma^1/ha$ .

Ruiz (2007), define que los herbicidas son productos químicos que puestos en contacto con las plantas, se producen la muerte o alteraciones que evitan su crecimiento normal y producen deformaciones y al final la muerte.

Vigliola (1986) indica, el uso de herbicidas en el almacigo es una práctica común para algunos productores, no así en el cultivo definitivo.

En pre siembra el herbicida más usada es la trifluralina C.E. 44,5% a razón de 2 a 2,5 l/ha. En pre emergencia se emplea sulfatalle C.E. 46,4% (9 a 12 l/ha), inmediatamente después de la siembra. Luego del trasplante se realizan carpidas superficiales.

#### **b) Control fitosanitario**

Ruiz (2007), indica que para el procedimiento operativo de la evaluación fitosanitaria se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos: a) fecha de inicio de infestación, b) tendencia de las densidades de infestaciones a través d evaluaciones periódicas, registros constantes, c) muestreo de las poblaciones de insectos con monitoreos cada 8 – 15 días, d) formas de muestreo, por observación o contaje directo (número de insectos/m<sup>2</sup>) y por captura o trampeo, para tomar la decisión a adecuada.

**Cuadro 4. Determinación del nivel de daño económico**

<b>PLANGA</b>	<b>NIVEL DE DAÑO ECONÓMICO</b>	<b>ACCIÓN</b>
Gorgojo de los andes	15/planta en aumento proporcional/ 3evaluaciones quincenales	Iniciar la aplicación química, seguida del control cultural.
Trips	15-18/planta. Verificar en 3 evaluaciones continuas	Se puede decidir emplear un plaguicida.
Moscas blancas	En trampa 9-12-15 adulto (3 evaluaciones)	Se decide aplicar un plaguicida.
Moscas minadoras	5 adultos/ trampa	Aumento de trampas.
Moscas de la fruta	5 larvas/ fruto	Iniciar medidas de control.
Gusano cogollero	8 adultos/trampa de feromona	Aplicación de plaguicidas. Solo al inicio de la producción.

<b>PLANGA</b>	<b>NIVEL DE DAÑO ECONÓMICO</b>	<b>ACCIÓN</b>
Polilla de la papa y tomate	8 adultos/trampa de feromona	Intensificar uso d trampas y labores culturales.
Enfermedades	Hongos (monitoreo en 10 plantas) al 50%	Inicio de aplicación de fungicida.

Fuente: Ruiz (2007).

Se llevan a cabo pulverizaciones con fungicida fitotóxicos preventivo que no tengan poder residual prologado, se recomienda practicar todas las labores culturales (Herbas, 1981).

### **c) Riego**

El riego debe ser abundante y regular en la fase de crecimiento. En la fase de inducción floral y formación de pella, conviene que el suelo esté sin excesiva humedad, pero sí en estado de capacidad de campo (Krarup y Alvarez, 1997).

Herbas (1981), menciona no se tiene datos específicos sobre la cantidad de agua requerida. Sin embargo, cabe mencionar que, como toda hortaliza, sus requerimientos de este líquido son muy elevados, reportándose a nivel comercial de 8 a 12 riegos con un intervalo promedio de 15 días, dependiendo del cultivar, época del año y textura del suelo. Es importante mencionar que su etapa crítica es cuando esta pequeña (edad aproximada de 30 a 45 días).

Valadez (1993), manifiesta cuando más favorables sean las condiciones de crecimiento tales como: temperatura, luz, abonado, etc., mayor será el efecto del riego. Es importante mencionar que su etapa crítica es cuando esta pequeña, aproximadamente a 30 a 45 días.

### **d) Aporque y escarda**

El término aporque significa acerca una porción del sustrato a la base de la planta. Escarda significa romper la costra que se forma en el sustrato (causada por la solución de nutrientes y partículas de polvo que se van depositando). Esta costra causa una reducción de la entrada de aire al sustrato, por lo que la escarda mejora la aireación del mismo (Sánchez, 2004).

Valadez (1993), recomienda que es importante la práctica de la escarda, cuyo objetivo principal es oxigenar y aflojar el suelo. Se recomienda realizar las escardas necesarias, sobre todo cuando los suelos son arcillosos. Esta labor se realiza antes de cada riego.

#### **e) Cosecha**

La planta se encuentra en el momento óptimo de cosecha cuando los botones están cerrados, crecen de manera homogénea y tienen color verde, verde grisáceo o verde azulado brillante. La cabeza central debe estar apretada con las ramas compactas y unidas entre sí. La recolección se debe efectuar rápidamente ya que el periodo ideal de cosecha de las inflorescencias con condiciones óptimas de calidad es muy breve (dos días), después de la cual se reduce, las yemas florales se abren mostrando pétalos de color amarillo y se aflojan las cabezas (s/a, 2012).

La cosecha se efectúa manualmente con cuchillo o machete, cortando las cabezas o inflorescencias de acuerdo a las exigencias del mercado final. La mayoría de los cultivares requieren varias cosechas o pasadas cada 3 o 4 días para cosechar todas las inflorescencias. El brócoli es un producto muy voluminoso y de fácil maltrato por lo que se debe tener cuidado al colocarlo en recipientes y su conducción a lugares protegidos debe ser rápida para evitar calentamiento y deshidratación del producto (Krarup y Alvarez, 1997).

Ospina (1995), indica que unos 52 días después del trasplante están listas las inflorescencias para ser cosechadas (cabezas bien compactadas), esto debe hacerse antes que la cabeza principal empiece a abrir las flores, después de esta cosecha aparecen los brotes laterales que también son de buena calidad alimenticia.

#### **f) Poscosecha**

Debido a que la inflorescencia del brócoli es una estructura altamente perecible, una vez que es cosechada, por estar constituida por flores en activa diferenciación y crecimiento presenta un metabolismo acelerado el mismo que se refleja en altas tasas respiratorias, sensible a déficits hídricos, que llevan rápidamente a deshidrataciones superiores del 5 % del peso fresco, por lo cual se hace necesario un exigente y rápido manejo durante la poscosecha.

Este manejo significa proteger al máximo al producto recién cosechado a condiciones ambientales adversas, enfriarlo rápidamente a 0° C mantenerlo en un ambiente con 95% o más de humedad relativa (Krarup, 1992).

Bajo las mejores condiciones el brócoli presenta una duración potencial de 21 días sin perder sus características nutritivas, lo que limita sus posibilidades de comercialización en mercados distantes que requieran de transportación prolongada (Barahona, 1998).

### **3.7 Desordenes Fisiológicos**

Entre los principales podemos encontrar:

#### **a. Tallo Hueco**

Es una cavidad en la parte central del tallo de la base de la inflorescencia. La superficie de corte en el pedúnculo tiende a volverse parda. El desarrollo de este desorden fisiológico depende del cultivar y de las condiciones durante la producción (s/a, 2012).

#### **b) Amarillamiento de las Inflorescencias**

Su amarillamiento puede deberse a sobremadurez en la cosecha, temperaturas altas de almacenamiento y/o contacto con el etileno. En todos estos casos la causa fisiológica es la senescencia de las inflorescencias. La aparición de un color amarillo en las inflorescencias termina con la vida comercial del brócoli. El amarillamiento por senescencia no debe confundirse con el color verde claro-amarillento que presentan las áreas de las inflorescencias que no estuvieron expuestas a la luz durante el crecimiento, algunas veces llamado "amarillamiento marginal" (s/a, 2012).

### **3.8 Rendimiento**

Ospina (1995), sostiene que una producción de 36000 kg/ha se considera normal.

Vigliola (1986), manifiesta, el rendimiento total oscila entre 10 y 20 t/ha.

El rendimiento por hectárea puede oscilar entre 15 y 25 toneladas por hectárea y está en función del lugar de cultivo, la variedad y el manejo agronómico que se le dé al cultivo (Galeón, 2012).

### **3.9 Fases del cultivo**

Según s/a (2002) menciona que en el desarrollo del Brócoli se pueden considerar las siguientes fases:

#### **a) Crecimiento**

Donde la planta desarrolla solamente hojas.

#### **b) Inducción floral**

La planta, después de haber pasado un número determinado de días con temperaturas bajas, inicia la formación de la flor, de manera simultánea va brotando hojas de tamaño más pequeño, que en la fase de crecimiento.

#### **c) Formación de pellas**

La planta en la yema terminal desarrolla una inflorescencia, al mismo tiempo en las yemas axilares de las hojas está ocurriendo la fase de inducción floral, con la formación de nuevas inflorescencias, que serán bastante más pequeñas que la inflorescencia principal.

#### **d) Floración**

En esta fase los tallos que sustentan las inflorescencias inician un crecimiento longitudinal, con apertura de las flores.

#### **e) Fructificación**

En esta fase es donde se forman los frutos “silicuas” y semillas.

### **3.10 Plagas y enfermedades**

#### **a) Plagas**

Ruiz (2007), define desde el punto agrícola, que plaga es una población de organismos vivos que reducen la producción del cultivo o afecta el valor de la cosecha e incrementa sus costos de producción.

Japón (1986), menciona al minador de hojas (*Liriomyza trifolii* Burg.). Los daños lo producen los dípteros minadores, de color amarillo y negro, se trata de una plaga muy polífaga y peligrosa, labran galerías en las hojas dentro de las cuales hacen la muda larvaria y la ninfosis. La inflorescencia y los tallos no se ven afectados. El control se debe hacer cuando se observen los primeros síntomas con Diazinon, Fosalone, Triclorfon o mezclas de piretroides con abonos foliares.

Según Maroto (1995), los gusanos grises (*Agrotis spp.*) atacan a un buen número de cultivos, entre ellos el grupo de las coles, los ataques lo producen durante la noche. En cuanto a los daños, en general en las coles atacan a las hojas y también pueden afectar a las pellas en el caso de Brócolis y coliflores. Para el control se aplican



algunos productos para combatir las orugas de las coles, como triclorfon (Dipterex), Clorpirifod (Dursband).

Para Casseres (1980), los gusanos cortadores, son bichos del orden noctuidae con frecuencia se cortan a nivel del suelo las plantas recién pasadas al campo, lo cual sucede con otras hortaliza. Su control se realiza con las cubiertas de papel u otro material alrededor de los tallos.

### **b) Enfermedades**

La enfermedad mildiu (*Peronospora brassicae*), se presenta en el haz formando pequeñas manchas de color amarillo de forma angulosa, y por el envés se forma una especie de pelusilla de color blanco grisáceo (Maroto, 1995).

La Rizoctonia (*Rhizoctonia solani Kühn*) produce deformaciones que se originan en la parte superior de la raíz y el cuello del tallo; la enfermedad puede producir la muerte de la planta. Conviene desinfectar el suelo con agua hervida, prolongar el mayor tiempo posible la repetición de cultivos de crucíferas, tratamientos dirigidos a la base de la planta con alguno de los siguientes productos: Isoquinoleina, Dazomet, Netam-sodio o Quintoceno (Casseres, 1980).

Japón (1986), describe a la Roya (*Albugo candida Pers. Kuncz.*) como una enfermedad que produce deformaciones en distintos órganos de las plantas, en las hojas se forman unas pustulas de color blanco. Prevenir cada 7-10 días con Mancozeb, Propineb, Maneb Oxicloruro de cobre, Hexaconazol, etc.

### **3.11 Tipos de cultivares de brócoli (variedades)**

Japón (1986), menciona que en el mercado nacional se prefieren variedades de cogollos morados. En cambio otras industrias prefieren variedades de color verde oscuro, con cogollos de unos cinco centímetros de diámetro, ala inflorescencia debe presentarse sin la presencia de flores abiertas que desmerezcan el producto. Para la exportación se prefieren variedades verdes o azuladas.

Casseres (1980), indica que los más conocidos son: Calabares o Italian Green Sprouting (precoz), y el Green Sprouting Médiun (intermedio). Otros entre los precoces son: De Cicco, Waltham 29, Green Mountain y los híbridos F1 como: Green Storn y Montecristo.

Los cultivares difieren también en la manera en que se forman las cabezas, siendo unas más compactas y grandes que otras. En casi todos los casos, después de cortar la cabeza central, se pueden cosechar los brotes laterales durante uno o dos meses.

Vigliola (1986), menciona que algunos cultivares forman un tallo principal grande y pocas yemas laterales y un periodo de cosecha más corto que aquellos con un tallo principal pequeño y muchas ramificaciones laterales.

Este autor clasifica a las variedades en:

- **Tempranas**

DI CICCO, CALABARES

- **De ciclo medio**

WALTHAM 29, ATLANTIC

- **Cultivares híbridos**

HIBRÍDO GREEN DUKE, PIRATA, GREEN STORN

### **3.11.1 Características de la calidad de semilla**

Según Casseres (1980), en el Brócoli el verde intenso y la compactibilidad son características deseables. El mercado acepta inflorescencias de menor tamaño y aun se tuviese atados en un manojo, puede ser de calidad excelente.

Según Vigliola (1986), para determinar la calidad del Brócoli se toman las siguientes características; inflorescencias mayores a 10 cm de diámetro pertenecen a la categoría "A" y las inflorescencias menores a 10 cm son de la categoría "B", también influyen las características externas como color, forma y grado de madurez.

### **3.12 Ambiente atemperado**

Kohl (1991), menciona algunos proyectos con sistema de cultivo protegido fueron implementados a principio de la década de los 80. La sequía de 1982 y 1983 impulso su difusión más amplia. La creciente tendencia de usar sistemas de cultivo protegido reflejo un cambio en las estrategias de instituciones trabajando con tecnología apropiada.

Para Hartman (1990), el objetivo principal de los ambientes atemperados en el altiplano es el de permitir la disponibilidad permanente de hortalizas frescas, que

vayan a mejorar la dieta de la población. Añade que las características de los ambientes atemperados es aprovechar fundamentalmente la energía solar.

Kohl (1990) sostiene, los ambientes atemperados surgen en vista de las limitantes climatológicas, como respuesta a las necesidades nutricionales del poblador. Sin embargo, los ambientes atemperados pueden tener una relación como componente de desarrollo.

### **3.12.1 Carpa solar**

Aviles (1992), indica las buenas condiciones microclimáticas y el relativo costo de inversión del sistema de carpas solares la que se constituye en el más adecuado a nivel familiar.

Dias (1993), indica que los invernaderos son ambientes relativamente reducidos que permiten conformar un ambiente microclimático atemperados a la vez que estos minimizan los efectos y consecuencia de las heladas.

Lorente (1993), con relación a la producción de cultivos a campo abierto, señala la falta de condiciones ambientales para la producción de cultivos que no son del lugar o al menos de aquellos cultivos que a campo abierto no se desarrollan de manera normal puesto que no tienen las condiciones de temperatura, humedad, nutrientes y agua. Como el mayor interés del agricultor, es conseguir el incremento de la cosecha y de alargar las épocas de producción de un determinado cultivo, esto impulsa al productor optar por otras diferentes técnicas y crear instalaciones especiales para la producción de hortalizas, tal como es el uso de la carpa solar.

## 4 LOCALIZACIÓN

### 4.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en la Ciudad de La Paz, Provincia Murillo primera sección, en los predios de la Facultad de Agronomía ubicado en el Campus Universitario de la zona de Cota Cota perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés.

La zona de estudio se encuentra ubicada a 15 km, del centro de la ciudad de La Paz que contempla los siguientes parámetros geográficos: presenta una altitud de 3400 m.s.n.m. y sus coordenadas referenciales son 16°32' Latitud Sur y 68°8' Longitud Oeste (SENAMHI, 2007).



**Figura 1. Ubicación geográfica del ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota Cota**

Presenta un clima medianamente frío y semi-seco por lo general. Con una temperatura máxima de 21,5°C, temperatura media 11,50°C, temperatura mínima 0,6°C, con frecuencia se dan heladas leves, las cuales se registran con mayor incidencia en los meses de mayo y agosto, presentando una precipitación pluvial de 488,53 mm y algunas veces superior de 500 a 600 mm anuales bajo diferentes formas y una humedad relativa de 46%; predomina vientos del sureste en la época de verano y noreste durante el invierno, lluvia, granizo y muy raramente nieve (SENAMHI, 2007).

## 5 MATERIALES Y MÉTODO

### 5.2 Materiales

#### 5.1.1 Material vegetal

Para el presente trabajo se utilizó semilla certificada de brócoli (*Brassica oleracea*) de las variedades Di Cicco y Pirata, adquiridos en la Semillería “Los Andes” del Mercado Rodríguez, del departamento de La Paz, las cuales según la etiqueta llevan las siguientes características:

##### a) Brócoli híbrido Di Cicco

Híbrido de gran adaptabilidad las diferentes zonas del cultivo con un porcentaje de germinación del 99%, buena presentación y duración postcosecha, vigorosa, presenta buena uniformidad y productividad, presenta resistencia a *Fusarium sp.* y mildiu, híbrido recomendado para estaciones de temperaturas bajas e intermedias, de cabeza compacta y de granos finos con color verde.

##### b) Brócoli híbrido Pirata

Híbrido líder en el mercado peruano con un porcentaje de germinación igual a 95%, ideal para consumo fresco, de gran adaptabilidad a las diferentes zonas del cultivo, con buena presentación y duración post cosecha, planta vigorosa y rústica, presenta alta uniformidad y productividad, ideal para mercado fresco, presenta resistencia a *Fusarium sp.* y mildiu, híbrido recomendado para estaciones de temperaturas bajas e intermedias, de cabeza compacta firme y de granos finos con llamativo color de cabeza verde azulado.

#### 5.1.2 Material de campo

Se trabajó en una carpa solar, en la cual se procedió la limpieza del terreno correspondiente (fotografía 1), para luego seguir con la remoción del suelo a una profundidad de 30 cm, usando la pala, picota, rastrillo, el termómetro para tomar la temperatura del ambiente, estacas y cordones para delimitar la parcela experimental y sus respectivas unidades experimentales, marbetes para identificar las muestras, cámara fotográfica, libreta de campo, vernier digital, balanza, registros para el seguimiento del estudio.



**Fotografía 1. Remoción del área experimental, a una profundidad de 30 centímetros**

### **5.1.2 Material de gabinete**

Computadora para el análisis estadístico de los datos registrados de cada variable de respuesta propuesto, para el cálculo de Análisis de Varianza y su prueba de significancia.

## **5.2 Métodos**

### **5.2.1 Procedimiento Experimental**

#### **5.2.1.1 Muestreo y análisis del suelo**

Antes de la siembra del material vegetal se tomó muestras del suelo de la carpa solar para su respectivo análisis en laboratorio.

Se tomaron 20 submuestras según la metodología propuesta por Villarroel (1998), que consiste en un método sistemático de dos dimensiones y semi alineado en zig zag, las cuales fueron debidamente bien mezcladas y homogeneizadas, por el método del cuarteo, se repitieron dicho procedimiento hasta obtener una muestra de 1000 gramos de suelo. El análisis físico químico de suelos se realizó en los laboratorios de Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEN).

El resultado del análisis de suelo (Anexo 2), presentaba una textura franco arcilloso, donde la fracción dominante es arena con 36%, seguido por arcilla 32% y finalmente limo 32%, la cual se calificó como suelo altamente productivo debido a que presentó

alta capacidad de retención de humedad. La conductividad eléctrica en agua es 0,188 dS/m, calificándose como, sin problemas de sales, siendo que en este suelo prosperan los cultivos. Presentó un pH de 6,21 débilmente ácido, aceptable para el cultivo de Brócoli. La capacidad de intercambio catiónico, se encontró en un nivel moderado 18,62 meq/100 g, lo que significa que existe predominancia de los cationes Ca, Mg y K, que saturan los sitios de intercambio catiónico del suelo, estos datos indican que el suelo presentaba los nutrientes que requerían el cultivo de brócoli. El contenido de fósforo disponible se hallaba dentro del nivel, muy alto con 31,31 ppm por lo cual no requiere adición de dicho elemento. Presentó un contenido de materia orgánica de 6,07% (nivel muy alto) por lo tanto no se requiere la adición de nitrógeno en el suelo.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo, se determinó que el nivel de fertilidad es muy bueno y apto para el cultivo de Brócoli.

#### 5.2.1.2 Delimitación de la Parcela Experimental

Se realizó dentro la carpa solar, de acuerdo al croquis y diseño experimental planteado (Anexo 1), se dejó espacios de 15 cm entre los bloques denominados pasillos con la finalidad de facilitar las labores del cultivo (fotografía 2).

En la figura 2, se observa la ubicación y la superficie de la carpa solar donde se realizó la fase de campo.

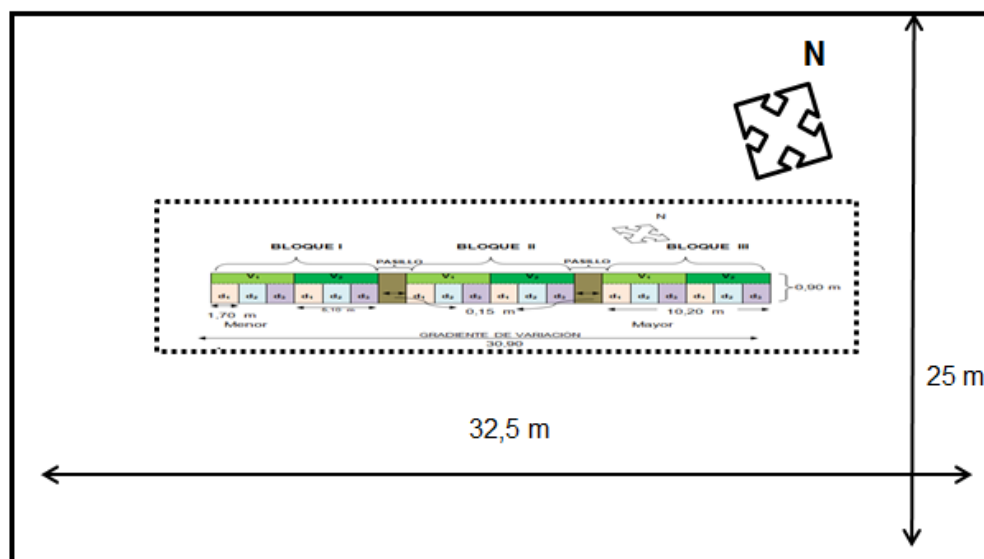


Figura 2. Croquis de la carpa solar y la distribución de los tratamientos



La dimensión de la carpa solar (figura 2) de dos aguas es de 812,5 m<sup>2</sup> de las cuales se usó 27,81 m<sup>2</sup>, superficie de terreno en la cual se realizó la fase de campo del presente estudio, además muestra la distribución de los tratamientos, las cuales resultan de la combinación de los dos niveles del factor A (variedades de brócoli) con los tres niveles del factor B (densidades de siembra). En las parcelas mayores se encuentran distribuidas las variedades de brócoli (V<sub>1</sub>: variedad Di Cicco y V<sub>2</sub>: Variedad Pirata), a la vez dentro de las parcelas mayores se encuentran las parcelas menores en las cuales se encuentran las tres densidades de siembra (d<sub>1</sub> = 17 plantas /m<sup>2</sup>, d<sub>2</sub> = 11 plantas /m<sup>2</sup>, d<sub>3</sub> = 8 plantas /m<sup>2</sup>).

El procedimiento anterior se encuentra replicado en lo que son los Bloques, teniendo un pasillo entre los mismos para poder diferenciarlos.



**Fotografía 2. Delimitación de los bloques, tratamientos y pasillos en la parcela experimental, con el uso de cordones**

### **5.2.1.3 Siembra**

La siembra se realizó de manera directa a campo definitivo (fotografía 3), el 10 de noviembre de 2012, a tres distintas densidades de siembra: densidad 1=30x20, densidad 2=30x30 y densidad 3=30x40 cm entre surcos y entre plantas respectivamente. A recomendación de Porco y Terrazas, (2009) en cada punto de siembra a una profundidad de 2 cm se sembró 3 semillas, con el fin de asegurar la emergencia, para un posterior raleo de plántulas, posteriormente se cubrió toda el



área experimental con paja, con el objetivo de mantener la humedad y así favorecer la germinación además para evitar que la fuerza del agua durante el riego haga que la semilla salga a la superficie,



**Fotografía 3. Cubierta de paja sobre las semillas sembradas para asegurar la emergencia**

#### **5.2.1.4 Sistema de riego por goteo**

Se instaló el sistema de riego por goteo (Fotografía 4) con el uso de 3 cintas de goteo, a recomendación de Porco y Terrazas, (2009) separados a una distancia de 30 cm entre ellas, las que humedecieron el suelo formando manchones circulares que al final se conectaron entre ellas regando uniformemente el área, a capacidad de campo.



**Fotografía 4. Tres cintas del Sistema de riego por goteo, están en medio de los surcos**

### **5.2.1.5 Raleo**

La emergencia de plantas sucedió a los 7 días después de la siembra, tres días después se retiró la paja que cubría a las semillas, 21 días después de la siembra se realizó el raleo (fotografía 5) porque se observó las primeras hojas verdaderas, se eligió la planta más vigorosa desarrollada de similar tamaño y se descartó a las otras dos.



**Fotografía 5. Emergencia de las plántulas, listas para el raleo debido a la presencia de las primeras hojas verdaderas**

### **5.2.1.6 Labores culturales**

#### **a) Aporque**

Se realizó solo una vez, para la aireación de la planta y para evitar que las raíces queden a la vista.

#### **b) Riego**

Desde la siembra hasta antes de la cosecha, día por medio se aplicó riego a capacidad de campo mediante el sistema de riego por goteo homogéneamente a las diferentes unidades experimentales.

#### **c) Control fitosanitario**

Desde el momento de la siembra se hizo un monitoreo del área experimental, tomando en cuenta los criterios recomendados por Ruiz, (2007) donde indica que el daño económico se tiene que determinar por plaga:

**Cuadro 5. Acción sobre los pulgones y mosca blanca, en el momento del nivel de daño económico**

<b>PLAGA</b>	<b>Nivel de daño económico</b>	<b>ACCION</b>
Pulgones	15/plantas en aumento proporcional/3 evaluaciones quincenales	Se puede decidir emplear un plaguicida
Mosca blanca	En trampa 9-12-15 adultos (3 evaluaciones)	Aumento de trampas

Fuente: Ruiz (2007).

Es así que en fecha 6 de diciembre se decidió tomar acciones recomendadas en el área experimental, para la mosca blanca, se usó tableros forrados con plástico amarillo y azul, bañados con aceite sucio de auto (fotografía 6), los que fueron cambiados una vez por semana, los pulgones se controló con una solución de 5 gr/20 litros de agua del producto PROBIONE (fotografía 7) el cual fue aplicado en el cultivo con el uso de una mochila fumigadora.

**Cuadro 6. Dosificación del producto PROBIONE para el control de mosca blanca**

<b>PRODUCTO</b>	<b>CONTROLA</b>	<b>DOSIS</b>	<b>CULTIVO</b>
PROBIONE	Gusano cogollero, cochinillas, pulgones, mosca blanca	5 gr/20 litros de agua	Caña de azúcar, melón, papa, hortalizas, soya, sandia, arroz, cafeto, cítricos, banana, hornamentales.

Fuente: Ruiz (2007).



**Fotografía 6. Trampas de nylon de color azul y amarillo embadurnado con aceite sucio de auto, para atrapar mosca blanca**



**Fotografía 7. Fumigado del cultivo con solución de PROBIONE, para disminuir la población de pulgones**



#### **d) Toma de datos**

Aplicando el criterio de efecto de borde, puesto que al lado se encontraba otro cultivo, el 22 de diciembre se seleccionó muestras al azar de la parte central de cada unidad experimental de acuerdo a la densidad de siembra, de las cuales se registraron (fotografía 8), las respectivas medidas consideradas en las variables de respuesta que fueron planteados al inicio.



**Fotografía 8. Toma de datos, de las plantas muestreadas al azar, tomando en cuenta el efecto de borde**

#### **e) Cosecha**

Se cosechó cuando las pellas se encontraban cerradas, presentaban un color verde azulado muy brillante, de manera homogénea se cosecho con el número de hojas necesarias para su protección.

La recolección se realizó en horas de la mañana para evitar la deshidratación del producto y de forma manual, utilizando un cuchillo domestico se realizó el corte desde el cuello de la raíz, y un segundo corte de unos 10 a 15 cm antes de la cabeza comercial denominada pella.

### **5.3 Diseño experimental**

#### **5.3.1 Modelo estadístico**

El presente trabajo de investigación se realizó bajo el Diseño Experimental de Bloques al azar con arreglo en Parcelas Divididas con tres repeticiones (Ochoa,

2007). Donde los niveles del factor “A” fueron las dos variedades de Brócoli (Di Cicco y Pirata) y los niveles del factor “B” las tres densidades de siembra.

$$X_{ijk} = \mu + \beta k + \alpha i + \epsilon_{ik} + \lambda j + \alpha\lambda_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$X_{ijk}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media poblacional.

$\beta k$  = Efecto del  $k$  – ésimo bloque.

$\alpha i$  = Efecto del  $i$  – ésimo nivel de la variedad.

$\epsilon_{ik}$  = Error experimental de la parcela mayor (Ea).

$\lambda j$  = Efecto del  $j$ –ésimo de la densidad de siembra.

$\alpha\lambda_{ij}$  = Interaccion de la  $i$  – esima variedad con la  $j$  – esima densidad de siembra.

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental de la parcela menor (Eb).

### 5.3.2 Factores de estudio

Los factores de estudio se muestran en el cuadro 7.

**Cuadro 7. Factores de estudio con sus respectivos niveles.**

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>
Factor A Variedades	$v_1$ = Di Cicco $v_2$ = Pirata
Factor B Densidad de siembra	$d_1$ = 17 plantas /m <sup>2</sup> $d_2$ = 11 plantas /m <sup>2</sup> $d_3$ = 8 plantas /m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3 Tratamientos

El factor “A” en sus dos niveles, fueron dispuestos en las parcelas mayores y el factor “B” en sus tres niveles, en las parcelas menores. Los tratamientos resultaron de la

combinación de los factores de estudio, es decir; variedades y densidad de siembra como se presenta en el cuadro 8.

**Cuadro 8. Tratamientos de estudio**

<b>Tratamiento</b>	<b>Combinación Factor A*B</b>	<b>Descripción del tratamiento</b>
<b>T1</b>	<b>v<sub>1</sub>d<sub>1</sub></b>	Di Cicco+17 plantas /m <sup>2</sup>
<b>T2</b>	<b>v<sub>1</sub>d<sub>2</sub></b>	Di Cicco+11 plantas /m <sup>2</sup>
<b>T3</b>	<b>v<sub>1</sub>d<sub>3</sub></b>	Di Cicco+8 plantas /m <sup>2</sup>
<b>T4</b>	<b>v<sub>2</sub>d<sub>1</sub></b>	Pirata+17 plantas /m <sup>2</sup>
<b>T5</b>	<b>v<sub>2</sub>d<sub>2</sub></b>	Pirata +11 plantas /m <sup>2</sup>
<b>T6</b>	<b>v<sub>2</sub>d<sub>3</sub></b>	Pirata +8 plantas /m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

#### **5.4 Variables de respuesta**

##### **5.4.1 Variables agronómicas**

###### **a) Número de hojas por planta**

Se realizó el conteo de hojas desde que se observó las hojas verdaderas durante todo el experimento, se tomó en cuenta aquellas hojas que ya se encontraban desarrolladas.

###### **b) Altura de planta a la cosecha (cm)**

Para determinar la altura de la planta, se midieron las plantas muestreadas al azar por unidad experimental, tomando en cuenta la longitud desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja superior, usando una regla metálica.

###### **c) Diámetro del tallo (cm)**

Para esta variable se midió el diámetro de tallo de la base de las hojas medido con un vernier digital.

###### **d) Diámetro de inflorescencia (cm)**

Al momento de la cosecha, con un vernier digital, se midió el diámetro de la inflorescencia principal de cada planta muestreada.

##### **5.4.2 Variables fenológicas**

#### **a) Porcentaje de plantas emergidas**

A los 7 días se hizo una primera observación, luego a los 14 días después de la siembra, en condiciones normales de la carpa solar, se contabilizaron el número total de plantas emergidas por tratamiento, para luego representarlos en porcentaje.

#### **b) Días a la madurez comercial**

Se determinó, tomando en cuenta el número de días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que más del 50% de las plantas de una unidad experimental llegaron al estado de cosecha del cultivo.

Considerándose que las plantas se encontraban en el momento óptimo de la cosecha, cuando los botones están cerrados, crecen de manera homogénea y tienen color verde o verde azulado brillante. La cabeza central debe estar apretada con las ramas compactas y unidas entre sí.

### **5.4.3 Variables de rendimiento**

#### **a) Peso promedio de inflorescencia (gr)**

En una balanza de campo se pesó la inflorescencia de cada una de las muestras de las plantas en estudio.

#### **b) Rendimiento (kg/ha)**

Para su evaluación se pesaron todas las cabezas de las plantas muestreadas de cada tratamiento (la cabeza más dos a cuatro hojas tiernas) después de la cosecha. La unidad utilizada fue: g/m<sup>2</sup>, la cual se transformó a kg/ha, considerándose el total de las plantas por unidad experimental.

$$\frac{gr}{m^2} * \frac{1 \text{ kilo}}{1000 \text{ gr}} * \frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} = \frac{kg}{ha}$$

### **5.4.4 Variables económicas**

#### **a) Análisis económico parcial**

El análisis de costos parciales fue efectuado según la metodología propuesta por Perrin *et al.* (1995).



### **Relación B/C**

En la definición de Terrazas (1990), la razón beneficio/costo sirve para medir la capacidad que tiene la aplicación de un tratamiento alternativo y generar rentabilidad por cada unidad monetaria gastada.

$B/C >$  Los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción, lo que significa que es rentable.

$B/C =$  Los ingresos económicos solo cubren los costos de producción.

$B/C <$  El proyecto no es rentable.

## 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo de investigación se inició en el mes de noviembre del 2012, concluido a principios del mes de marzo de 2013, siendo un total de 108 días de trabajo en campo. Tiempo en el cual se obtuvo los resultados que se presentan en los acápites a continuación, de acuerdo a las variables de respuesta planteados.

### 6.1 Comportamiento de la temperatura durante la evaluación

Se observa en la figura 3, uniformidad de temperaturas entre promedios, la temperatura máxima se evidenció en el mes de enero alcanzando 39,47°C, la temperatura mínima en promedio se registró durante el mes de marzo con 9,06 grados centígrados.



**Figura 3. Temperaturas del ambiente atemperado durante la evaluación**

Las temperaturas en el mes de noviembre, época de la germinación, fueron de 22,47°C en promedio, observándose un comportamiento homogéneo en la emergencia de plantas después de la siembra, ya que ambas variedades mostraron 95% de emergencia después de 15 días de la siembra (figura 20).

Mendoza (1996) indica que el registro de temperatura mínima durante la época de la germinación (noviembre), fue de 10,66°C, observó un comportamiento homogéneo en la emergencia de plantas, de esta manera una vez más se evidencia la ventaja del manejo de este cultivo dentro de ambiente atemperado, además de atribuirse el

mismo a las características genéticas del cultivo, dado que reúne los requerimientos ambientales de este cultivo.

Casseres (1980), menciona que la temperatura óptima para la germinación es de 26 a 30°C, por lo que la temperatura registrada durante el ensayo en la germinación se encuentra en el rango permitido.

Para Valadez (1993), en cuanto a la temperatura máxima, el brócoli puede soportar hasta 28,3°C, en comparación en el presente estudio, la temperatura dentro de ambiente atemperado, sobrepasa el promedio mencionado por este mismo autor, evidenciándose así el normal desarrollo de este cultivo y producción del mismo durante, la fase de desarrollo.

La variedad Pirata fue la variedad que mejor respuesta mostró en su desarrollo a dichas temperaturas, porque se observó mejor desarrollo y compactación de la pella, debido a que genéticamente son más tolerantes a altas temperaturas.

## 6.2 Número de hojas por planta

El conteo de número de hojas en campo, numéricamente mostro diferencias, pero mínimas, entendiéndose que la diferencia fue de 1 a 4 hojas.

El análisis de varianza, se presenta en el cuadro 9, donde en todas las fuentes de variabilidad dio como resultado no significativo.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para el número de hojas por planta**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0,057	0,028	2,65	0,13 N.S.
<b>Variedades</b>	1	0,218	0,218	16,25	0,06 N.S.
<b>Error Variedad</b>	2	0,027	0,013		
<b>Densidades</b>	2	0,057	0,029	2,66	0,13 N.S.
<b>Var*Den</b>	2	0,004	0,002	0,17	0,85 N.S.
<b>Error Densidad</b>	8	0,086	0,011		
<b>Total</b>	17	0,448			

N.S. (No significativo)

\* (Significativo)

\*\* (Altamente significativo)

El coeficiente de variación para la parcela mayor, tiene un valor igual a 2,5% y para la parcela menor un valor de 2,3%, en ambos casos estos valores asume el buen manejo de las unidades experimentales, además que los datos estadísticos son confiables tal como lo señala Ochoa (2009).

$$C.V._a=2,5\% \quad C.V._b=2,3\%$$

A través del análisis de varianza (cuadro 9), se interpreta que no existen diferencias significativas (N.S.) en todas las fuentes de variabilidad, por lo que se entiende, que la variedad y la densidad de siembra no tiene efecto directo en el número de hojas desarrolladas en cada variedad, asumiéndose que el manejo de las unidades experimentales fueron adecuadas.

El hecho que no hubiera significancia en estos factores, se debió a las características genéticas de cada variedad y también se debió a las distancias de siembra, las que fueron adecuadas, además las condiciones dentro de la carpa solar como; la temperatura y el riego homogéneos de los diferentes tratamientos, observándose así un normal desarrollo de hojas.

El comportamiento, del número de hojas por planta al momento de cosecha, se puede apreciar en la figura 4, notándose la diferencia de cuatro hojas, entre el tratamiento 1 y 6 correspondientes a la variedad Di Cicco y Pirata respectivamente.

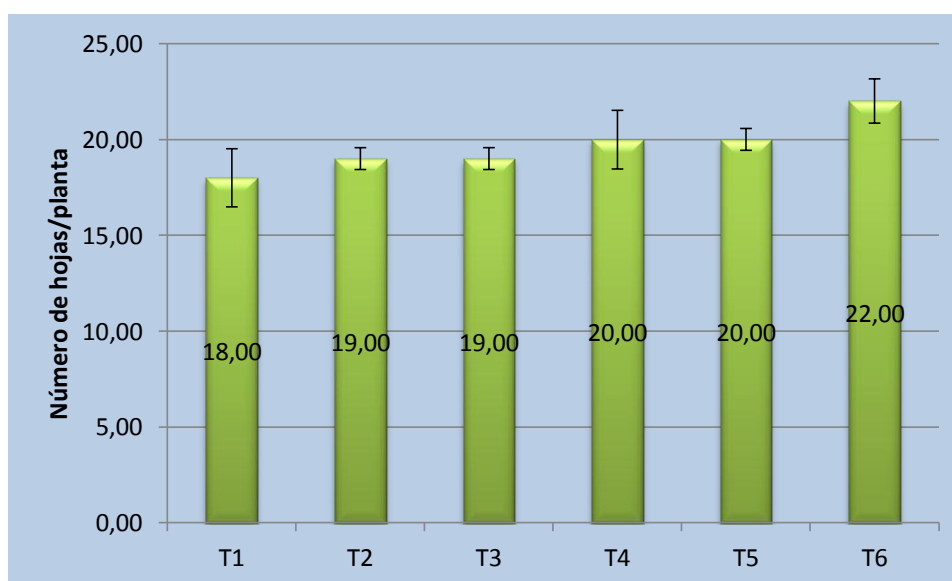


Figura 4. Número de hojas por planta de los 6 tratamientos

La variedad Pirata correspondiente a los tratamientos 4, 5 y 6, numéricamente obtuvieron el mayor número de hojas, de 20, 20 y 22 hojas por planta respectivamente, asumiéndose este comportamiento a la calidad de la semilla y las características genéticas que presenta. Contrariamente la variedad Di Cicco correspondientes a los tratamientos 1, 2 y 3 son los que obtuvieron un menor número de hojas de 18, 19 y 19 hojas por planta respectivamente, debido al efecto de la calidad de semilla y a sus características genéticas. En ambas variedades, se observa que entre las tres densidades de siembra, numéricamente existen diferencias en la cantidad de hojas al momento de la cosecha, siendo una diferencia de una hoja entre las densidades de siembra en la variedad Di Cicco y una diferencia de 2 hojas dentro las densidades de siembra de la variedad pirata, por lo tanto la densidad de siembra no tiene efecto directo en la cantidad de hojas, más al contrario la diferencia numérica entre las variedades Pirata y Di Cicco es de 3 hojas siendo esta diferencia mayor a la diferencia que existió entre densidades de siembra en una misma variedad, por lo que se asume que esta diferencia se debe a las características genéticas de cada variedad, las cuales se manifiestan a través del desarrollo de las hojas.

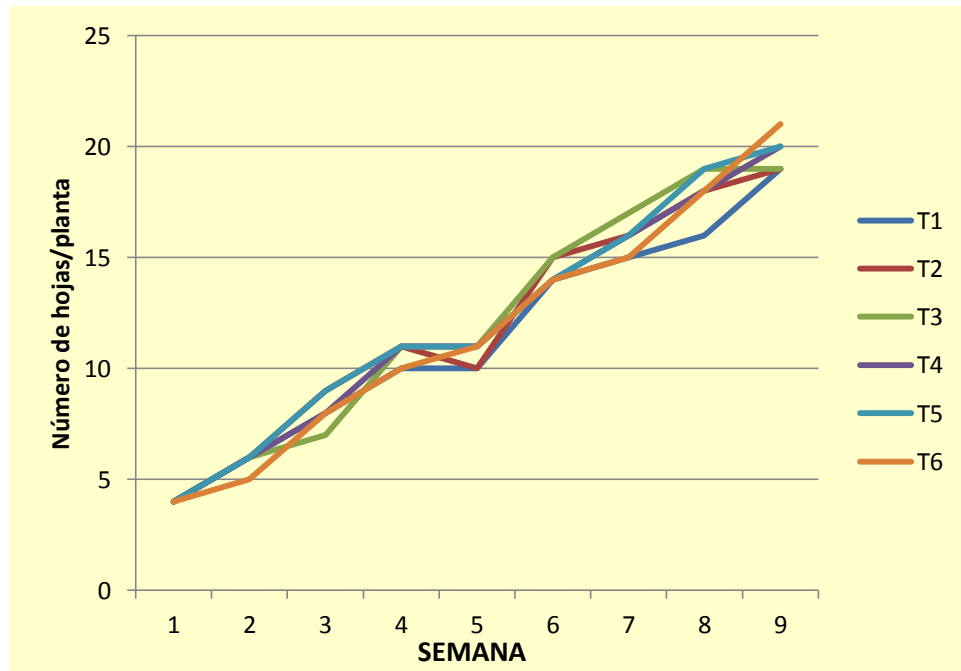
Galeón (2012), menciona que en la horticultura intensiva, es necesario determinar la presión poblacional adecuada de cada cultivar y área geográfica, para poder realizar un manejo adecuado del cultivo y tener rendimientos con buena calidad de producto.

Gutiérrez (2005), en su investigación observó que la variedad Pirata en tres densidades de trasplante alcanzó a tener en promedio 13 hojas por planta, al momento de la cosecha, por lo que una vez más, se puede corroborar que la cantidad de hojas por planta está determinado por las características genéticas de cada variedad y no así por la densidad de siembra.

Durante el ensayo de este autor, observó temperaturas en promedio de 15° C e incluso bajo cero, obteniendo así en promedio 13 hojas por planta, en cambio durante toda la presente investigación se evidenció temperaturas en promedio de 23° C, la más baja fue de 9° C, teniendo así mejores condiciones ambientales y por ende mejores resultados ya que se obtuvo 21 hojas por planta, esta diferencia se la

atribuye a la época de evaluación y la diferencia de temperatura, lo que en este caso fue favorecido para el mayor desarrollo del número de hojas por planta.

La figura 5, observa el incremento semanal, del número de hojas por planta, para cada tratamiento.



**Figura 5. Desarrollo del número de hojas por semana de cada tratamiento**

En la figura 5 se aprecia, el incremento en el número de hojas por planta, durante el tiempo de desarrollo de hojas en los seis tratamientos, notándose que las variedades Di Cicco y Pirata en las tres densidades de siembra planteadas alcanzaron a tener, al momento de cosecha, en promedio 18 y 20 hojas por planta respectivamente. La disminución de número de hojas en la semana 5 se debió a que las hojas que se encontraban en la base, por ser las de mayor tiempo, se desprendían de la planta y ya no se las tomó en cuenta al momento de la toma de datos, siendo que las mismas fueron en aumento debido a que se desarrollaron nuevas hojas alrededor de la pella.

La diferencia entre variedades, en la cantidad de hojas por planta, se atribuye a las características genéticas de ambas variedades y no así a las distancias de siembra establecidas en el ensayo, ya que entre estas se observan diferencias mínimas de

una a dos hojas por planta, atribuyéndose al buen manejo de las unidades experimentales a través del manejo de las labores culturales.

Barrios (1979), señala que dependiendo de la superficie de contacto que tenga las plantas estas tienen influencia en el desarrollo fisiológico en la planta mostrando una carencia con la falta de desarrollo y acelerando su ciclo vegetativo con la formación prematura, en el presente trabajo no se observó diferencias entre las densidades de siembra ni tampoco entre las dos variedades debido a que en el ambiente existía un manejo homogéneo de las unidades experimentales, en el riego principalmente, esta afirmación se puede corroborar con el coeficiente de variación que fue de 2,6 por ciento.

### 6.3 Altura de la planta a la cosecha (cm)

Para la altura de planta, numéricamente se registró diferencia notoria entre las variedades Pirata y Di Cicco, siendo la diferencia mucho menor entre las tres densidades de siembra planteada, de cada variedad.

El análisis de varianza para esta variable, se muestra en el cuadro 10.

**Cuadro 10. ANVA de la variable altura de la planta a la cosecha (cm)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	42,017	21,009	0,69	0,53 N.S.
<b>Variedades</b>	1	3525,201	3525,201	14,39	0,06 N.S.
<b>Error Variedad</b>	2	490,003	245,001		
<b>Densidades</b>	2	30,141	15,071	0,50	0,63 N.S.
<b>Var*Den</b>	2	56,629	28,315	0,94	0,43 N.S.
<b>Error Densidad</b>	8	241,931	30,241		
<b>Total</b>	17	4385,922			

El coeficiente de variación para la parcela mayor fue de 20,9% y para la parcela menor igual a 7,3% en ambos casos, el coeficiente de variación indica que hubo buen manejo de las unidades experimentales, por lo tanto se asume que los datos de esta variable son confiables.

C.V.<sub>a</sub>=20,9%    C.V.<sub>b</sub>=7,3%

El análisis de varianza para la variable altura de planta (cuadro 10), estadísticamente no mostró diferencias significativas en las fuentes de variabilidad, por lo tanto aceptamos la hipótesis nula para todas las fuentes de variabilidad, lo cual se entiende que a cualquier densidad de siembra y con cualquier variedad ya sea Di Cicco o Pirata, estadísticamente las alturas de plantas son iguales, pero como en campo se observó diferencias de altura de planta entre variedades y no así entre las densidades de siembra, se realizó la prueba Tukey (Cuadro 11) a un nivel de significancia de 5%, ya que para esta prueba según Ochoa (2009), no es necesario que en el análisis de varianza nos dé significativo.

Mediante esta prueba se identificará la variedad que mayor altura obtuvo al final del ensayo.

**Cuadro 11. Prueba Tukey, para altura de plantas entre variedades**

FACTOR A		
Variedad	Promedio (cm)	Tukey ( $\alpha = 5\%$ )
<b>DI CICCICO</b>	88,98	a
<b>PIRATA</b>	60,99	b

Según la prueba de Tukey 5%, existen diferencias significativas entre los dos niveles del factor A (entre variedades), donde la variedad Di Cicco, presentó un promedio igual a 88,98 cm de altura diferenciándola con la letra “a”, en relación a la variedad Pirata, que obtuvo en promedio 60,99 cm en altura de planta identificándola con la letra “b” a través de la interpretación de letras.

Ruiz (1993), señala al respecto que a una alta población, significa unos efectos competitivos entre plantas, nutrientes y espacio físico, concluyendo que esta competencia se refleja en el tamaño de la planta.

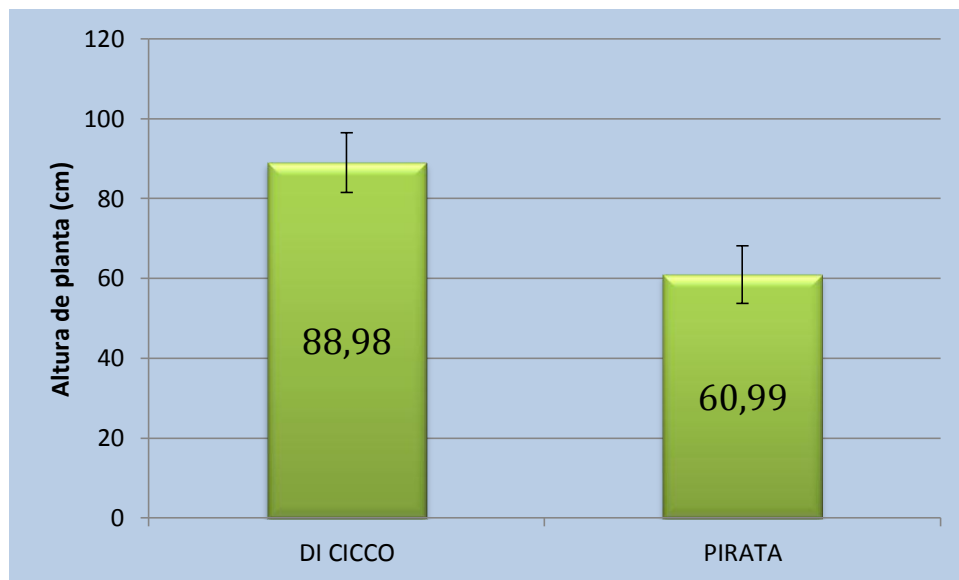
Sin embargo en el presente trabajo fue al contrario, porque la diferencia observada, se debió a las características genéticas de cada variedad y no así por la densidad de



siembra, ya que en las tres densidades de siembra, no se mostraron diferencias estadísticas ni en campo.

Al respecto Mendoza (1996) menciona, que el crecimiento en cuanto la altura, está determinado por el carácter genético de cada cultivar, de igual manera afecta el sustrato y la nutrición que se les proporcione a las plantas. Como en el presente estudio, se realizó el manejo de riego de manera homogénea y no se suministró ningún tipo de nutrientes, las diferencias observadas fueron debidas al carácter genético de las dos variedades, corroborando una vez más lo anteriormente señalado.

La figura 6, presenta en promedio la altura de planta (en centímetros) a la cosecha de las dos variedades de Brócoli.



**Figura 6. Comparación de Altura de planta, entre las dos variedades (factor A)**

La diferencia estadística de la variable altura entre las dos variedades (figura 6), es evidente siendo que la variedad Di Cicco con 88,98 cm en promedio obtuvo la mayor altura, en comparación con la variedad Pirata quien obtuvo en promedio 60,99 cm por lo que se afirma la existencia de diferencias estadísticas en altura de planta, entre las variedades Di Cicco y Pirata, como indica la prueba de Tukey 5% (Cuadro 11).

Gutiérrez (2005), en su investigación registró en promedio una altura de 58,90 cm en la variedad Pirata, la que atribuye a las características genéticas de dicha variedad y a las densidades de siembra, ya que a una densidad de 30x30 cm, la altura de planta fue de 58,90 cm, siendo esta variedad la menor altura, en comparación a las variedades Green Storn y Montecristo con 61,30 y 53,70 cm de altura respectivamente. En el presente estudio ocurrió similar comportamiento porque la variedad Pirata con promedio igual a 60,99 cm estadísticamente es la menor altura, en comparación con la variedad Di Cicco que midió 88,98 centímetros, dentro de las tres densidades de siembra, estadísticamente a través de la prueba tukey se evidencio diferencia entre las dos variedades de brócoli.

#### 6.4 Diámetro del tallo (cm)

La diferencia numérica de la variable diámetro de tallo, observada en campo, fue notoria entre las dos variedades, donde la variedad Pirata tenía mayor diámetro de tallo en comparación a la variedad Di Cicco.

El análisis de varianza para el diámetro del tallo se presenta en el Cuadro 12.

**Cuadro 12. ANVA de la variable, diámetro del tallo (cm)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0,899	0,450	2,71	0,13 N.S.
<b>Variedades</b>	1	1,196	1,196	4,76	0,16 N.S.
<b>Error Variedad</b>	2	0,503	0,251		
<b>Densidades</b>	2	0,049	0,024	0,15	0,87 N.S.
<b>Var*Den</b>	2	0,054	0,027	0,16	0,85 N.S.
<b>Error Densidad</b>	8	1,326	0,166		
<b>Total</b>	17	4,027			

El coeficiente de variación, de la parcela mayor fue de 24,4% y para la parcela menor fue 19,88% puesto que el valor de estos datos son más elevados, se establece en ambos casos el manejo regular de las unidades experimentales, se asume que estos valores se debe a las labores culturales, por lo que los datos registrados durante el

experimento no dejan de ser confiables, puesto que aun estos se encuentran en el rango de aceptación.

$$C.V._a=24,4\% \quad C.V._b=19,8\%$$

El análisis de varianza (cuadro 12), reportó como resultados, diferencias no significativas (N.S.) en todas las fuentes de variabilidad, entendiéndose que, estadísticamente a cualquier nivel del factor B (con cualquiera de las tres densidades de siembra) y en cualquiera de los niveles del factor A (cualquiera de las variedades) ya sea Di Cicco o Pirata, estadísticamente se tendrán similares diámetros de tallo.

Al observar en campo, las diferencias de diámetro del tallo, entre variedades y no así entre densidades de siembra, se realizó la prueba de Tukey (Cuadro 13) tomando en cuenta el 5% del error, con el objeto de identificar si la Variedad Di Cicco es la que formó mayor diámetro de tallo durante el ensayo en comparación con la variedad Pirata o viceversa.

**Cuadro 13. Prueba Tukey al 5% entre los diámetros del tallo del factor A**

FACTOR A		
Variedad	Promedio (cm)	Tukey (=5%)
DI CICCIO	2,31	a
PIRATA	1,80	b

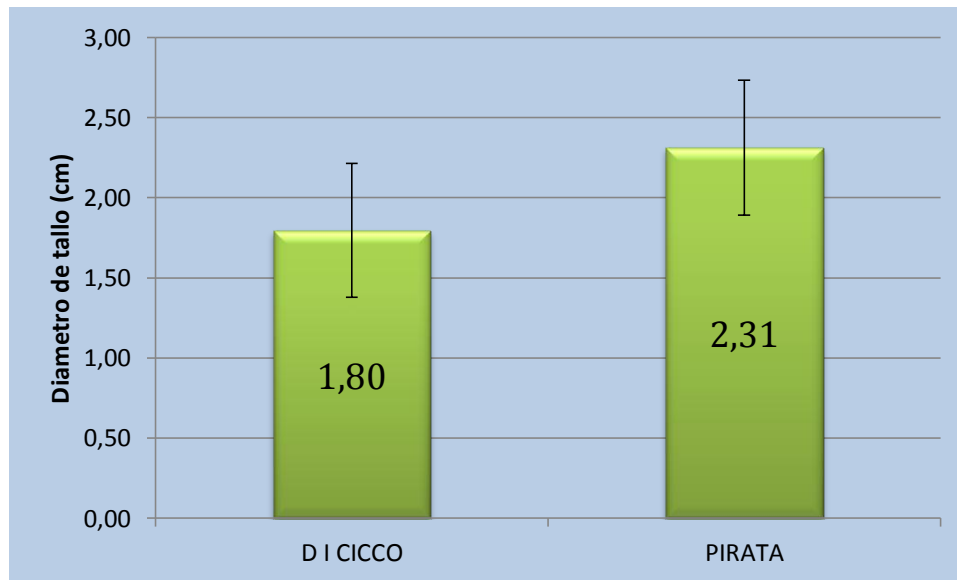
La prueba Tukey al 5%, presenta diferencias estadísticas entre los promedios de diámetro de tallo de las variedades Di Cicco y Pirata.

La variedad Pirata presentó el mayor diámetro de tallo, con un promedio de 2,31 cm, siendo la misma superior a la variedad Di Cicco con media igual a 1,80 cm esta diferencia se debe a las características genéticas de la variedad Pirata las cuales fueron favorables en el desarrollo de diámetro de tallo, en ambiente atemperado, puesto que la variedad mencionada obtuvo el mayor diámetro.

Gutiérrez (2005), registró en la variedad Pirata un diámetro de tallo igual a 3,4 cm relacionándolo dicho dato con las características genéticas de mencionada variedad,

porque la densidad de siembra no tuvo efecto directo en el desarrollo de diámetro del tallo tal como lo indicaba su análisis de varianza, al igual que en el presente ensayo.

En la figura 7, se observa comparación de diámetro de tallo de dos variedades de Brócoli, Di Cicco y Pirata.



**Figura 7. Comparación de diámetro de tallo entre las variedades Pirata y Di Cicco (factor A)**

Se identifica claramente (figura 7) la variedad de mayor diámetro de tallo que desarrollo fue la variedad Pirata con un promedio de 2,31 cm. Por otro lado, el diámetro menor pertenece a la variedad Di Cicco con un promedio de 1,80 cm esta diferencia se debe a las características genéticas favorables que tiene la variedad Pirata para ambientes atemperados, la cual se manifiesta a través del desarrollo de diámetro de tallo.

Limachi (2011), reportó una media de 2,74 cm en diámetro de tallo en la variedad Pirata, este valor es mayor al que obtuvimos en el presente trabajo, debido a que este autor trabajó con un tipo de abono líquido, lo cual no se aplicó en el presente estudio, solo se probó tres densidades de siembra en dos variedades de Brócoli.

### 6.5 Diámetro de la inflorescencia (cm)

Numéricamente hablando, el diámetro de tallo de la variedad Pirata fue el de mayor diámetro, observándose a esta más compacta en relación a la variedad Di Cicco.

El análisis de varianza para diámetro de la inflorescencia, se presenta en el cuadro 14, cuyos datos corresponden a la última semana de evaluación.

**Cuadro 14. ANVA del diámetro de inflorescencia (cm)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	0,347	0,174	0,32	0,73 N.S.
<b>Variedades</b>	1	55,546	55,546	72,65	0,01 **
<b>Error Variedad</b>	2	1,529	0,765		
<b>Densidades</b>	2	2,317	1,158	2,13	0,18 N.S.
<b>Var*Den</b>	2	7,910	3,955	7,28	0,01 **
<b>Error Densidad</b>	8	4,344	0,542		
<b>Total</b>	17	71,992			

El coeficiente de variación para la parcela mayor fue de 8,1% y para la parcela menor igual a 6,9%, lo que indica la aceptación del buen manejo de las unidades experimentales en ambos casos, debido a que los mismos son valores aceptables dentro del rango y la confiabilidad de los datos registrados durante el tiempo de duración del ensayo.

$$C.V._a=8,1\% \quad C.V._b=6,9\%$$

El análisis de varianza a un nivel de 5% de error, de la variable diámetro de la inflorescencia (cuadro 14), determinó que existieron diferencias altamente significativas entre los dos niveles del factor A (variedades Pirata y Di Cicco), así mismo en la interacción de los dos niveles del factor A (variedades Pirata y Di Cicco) en combinación con los tres niveles del factor B (tres densidades de siembra).

Debido a que en el análisis de varianza (cuadro 14) reporto resultados altamente significativos entre las variedades Di Cicco y Pirata al igual que lo observado en campo, se realizó la correspondiente Prueba Duncan (cuadro 15) tomando en cuenta

el 5% de error, con el objeto de identificar estadísticamente la variedad (factor A) que mayor diámetro de inflorescencia de desarrolló al final del ensayo.

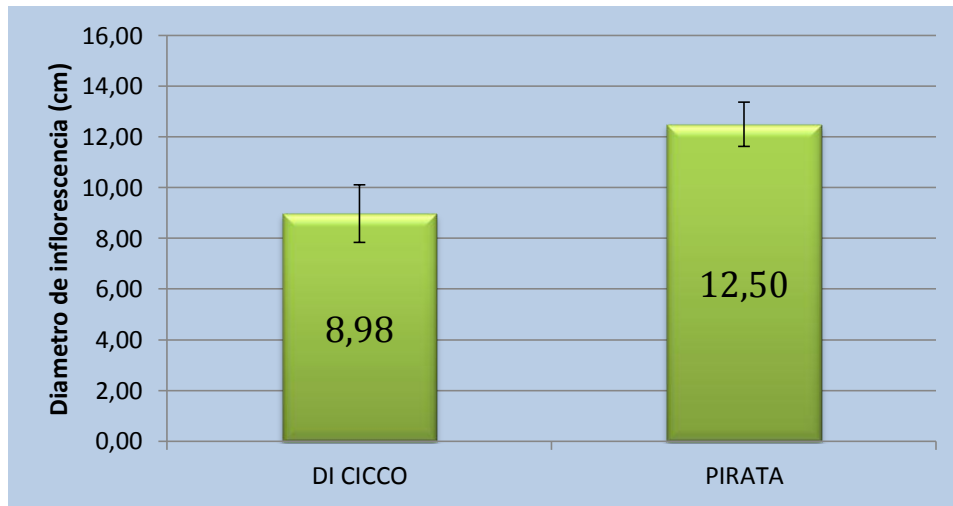
**Cuadro 15. Prueba Duncan al 5% de significancia, para el Factor A del diámetro de la inflorescencia**

FACTOR A		
Variedad	Promedio (cm)	Duncan (=5%)
PIRATA	12,50	A
DI CICCIO	8,98	b

La prueba Duncan estadísticamente muestra, que la variedad Pirata presentó el mayor desarrollo del diámetro de inflorescencia con un promedio de 12,50 cm obteniendo así la calificación de “a”, por otro lado la variedad Di Cicco con la calificación “b” presentó menor diámetro con media igual a 8,98 centímetros.

Al respecto Gutiérrez (2005), menciona en su trabajo de investigación, que el diámetro de la inflorescencia con media general de 13,95 cm en la variedad Pirata y que atribuye al factor genético de dicha variedad, tal promedio rectifica que en el presente trabajo la variedad Pirata presentó mejor carácter genético y de adaptabilidad en ambiente atemperado ya que esta se desarrolla de mejor manera en condiciones ambiente atemperado, a comparación con la variedad Di Cicco, observado en campo.

La figura 8, muestra la comparación del Diámetro de inflorescencia en el factor “A” correspondientes a las variedades Di Cicco y Pirata.



**Figura 8. Diámetro de inflorescencia en el factor A (variedades)**

Se identifica claramente (figura 8), la variedad Pirata obtuvo el mayor diámetro de inflorescencia al momento de la cosecha, con un promedio de 12,50 cm seguido de la variedad Di Cicco con 8,98 centímetros.

Limachi (2011), en su investigación alcanzó una media de 12,11 cm de diámetro en la variedad Pirata, este resultado lo atribuye a las características genéticas de esta variedad, porque obtuvo 11,73 cm de diámetro en la variedad Centenario. En el presente trabajo se observó similar comportamiento en la misma variedad mencionada (Pirata), alcanzando un promedio igual 12,50 cm, debido a las características genéticas del cultivo las cuales se manifiestan a través del desarrollo del diámetro de inflorescencia y la adaptabilidad o no en ambientes atemperados además del manejo homogéneo y adecuado que recibieron durante el ensayo.

Como en la fuente de variabilidad correspondiente a interacción de las variedades Pirata y Di Cicco con las tres diferentes densidades de siembra, del ANVA (Cuadro 14) dio altamente significativo, se procedió a realizar la prueba de efectos simples, presentándose los resultados en el cuadro 16.

**Cuadro 16. Prueba de efectos simples del diámetro de inflorescencia para la interacción del Factor A y B**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	F t 5%
Densidad (Di Cicco)	2	9,33	4,67	8,60	19 N.S.
Densidad (Pirata)	2	0,9	0,45	0,83	19 N.S.
Variedad (Den. 1)	1	13,56	13,56	25,00	18,51 *
Variedad (Den. 2)	1	7,29	7,29	13,44	18,51 N.S.
Variedad (Den. 3)	1	42,61	42,61	78,54	18,51 *
Error Experimental	8	4,34	0,54		

El análisis de varianza de efectos simples, presenta diferencias estadísticas de las variedades con las densidades 1 y 3, donde se tiene un comportamiento significativamente diferenciado. Entendiéndose a esto, que estadísticamente ya sea la variedad Pirata o Di Cicco tuvieron desarrollo de diámetro de inflorescencia estadísticamente diferente con la densidad de siembra 1 al igual que la diferencia se presenta con la densidad de siembra 3, en comparación con la densidad 2 la cual estadísticamente no muestra diferencias significativas, teniendo así el diámetro de inflorescencia mucho menor.

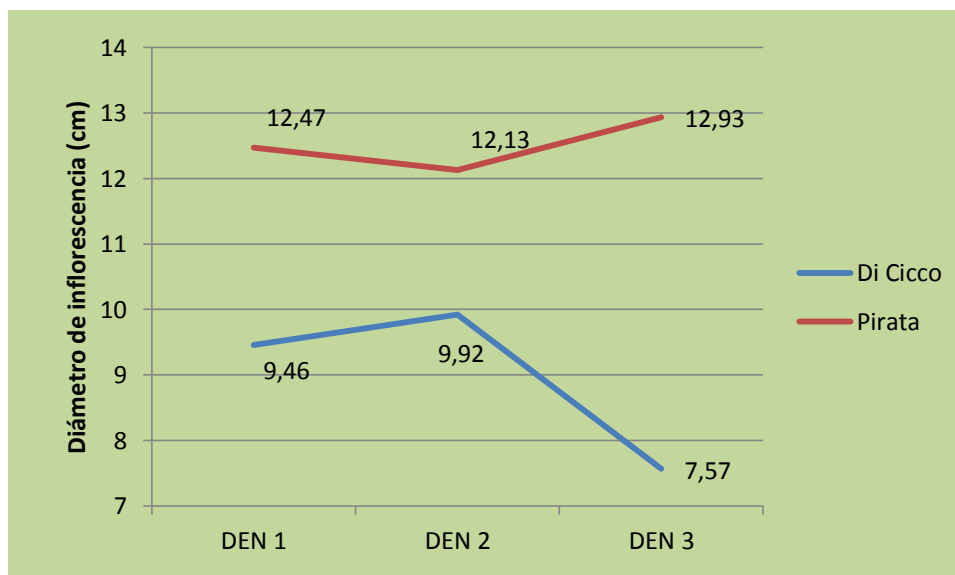
La comparación de promedios entre los niveles del factor A (variedades Pirata y Di Cicco) y factor B (tres densidad de siembra) se muestra en el cuadro 17.

**Cuadro 17. Comparación de medias del diámetro de la inflorescencia para la interacción de los factores A con B**

Factor A	Factor B			Media
	d <sub>1</sub> =17 plantas/m <sup>2</sup>	d <sub>2</sub> =11 plantas/m <sup>2</sup>	d <sub>3</sub> =8 plantas/m <sup>2</sup>	
Di Cicco	9,46	9,92	7,57	8,98
Pirata	12,47	12,13	12,93	12,51
Media	10,96	11,03	10,25	10,75

En la figura 9, se observa la interacción de las variedades Di Cicco y Pirata en las tres densidades de siembra.





**Figura 9. Comparación de medias del diámetro de inflorescencia, de dos variedades de Brócoli en tres densidades de siembra**

Se observa en la figura 9, que el diámetro de inflorescencia, para las variedades Pirata y Di Cicco tiene un comportamiento estadísticamente diferenciado en las tres densidades de siembra, por lo tanto estadísticamente indica, que a cualquiera de las tres densidades de siembra se tienen diferentes diámetros de inflorescencia, siendo que la variedad Pirata con densidad de siembra 3 (30x40 cm) obtuvo el mayor diámetro de inflorescencia, seguida por la densidad 1 (30x20 cm) y el menor diámetro fue con la densidad 2 (30x30 cm) con valores iguales a 12,93, 12,47 y 12,13 cm de diámetro respectivamente, se asume que el comportamiento de la variedad Pirata en la densidad 3 cuya densidad es la de menor cantidad (30x40 cm entre curcos y plantas respectivamente) y tiene el mayor desarrollo del diámetros de inflorescencia, se debió a las características, de la variedad y al espacio que tenían entre ellas para su desarrollo, puesto que contaban con mayor área de suelo y por ende mayor cantidad de nutrientes del suelo y agua, teniendo así una menor competencia entre las plantas y mejor desarrollo, por otro lado numéricamente hablando se esperaría que la densidad 2 fuera la de menor diámetro de inflorescencia, después de la densidad 3 y finalmente la densidad 1, pero la diferencia que se observa en la figura 9, donde la variedad Pirata con la densidad 1 estadísticamente obtuvo el segundo lugar en la formación de diámetro de

inflorescencia en comparación a la densidad 2, estas diferencia se debió al manejo de las unidades experimentales asumiendo que el riego llegaba con deficiencia al final del surco donde se encontraba la parte final de la cinta de goteo.

La variedad Di Cicco sin duda alguna presentó los diámetros más bajos en comparación con la variedad Pirata, donde las tres densidades de siembra siguen este orden, densidad 2 (30x30 cm) con 9,92 cm, densidad 1 (30x20 cm) igual a 9,46 cm y densidad 3 (30x40 cm) con una media de 7,57 cm de diámetro de inflorescencia, este caso es interesante puesto que esta variedad con la densidad 3 tuvo menor desarrollo del diámetro de inflorescencia, si se aplicaría el mismo criterio que con la anterior variedad se esperaría que con esta densidad se tuviera el mayor diámetro de inflorescencia, lo que no paso, asumiendo el mismos al manejo de las parcelas experimentales que no fue buena o al menos de manera homogénea teniendo así que la densidad 2 tuvo mejores condiciones manifestándose está a través de la formación de la inflorescencia.

Limachi (2011), indica que la variedad Pirata a una densidad de 8 plantas/m<sup>2</sup>, obtuvo en promedio 12,92 cm de diámetro de inflorescencia, que lo relaciona con la densidad de siembra ya que este factor tuvo efecto directo en el desarrollo del diámetro de la inflorescencia, además de las características genéticas de esta variedad, para el presente trabajo se acepta la segunda aseveración ya que la densidad de siembra no tuvo efecto en el desarrollo de la diámetro de inflorescencia.

Gutiérrez (2005), menciona que la densidad de siembra tiene efecto directo en el desarrollo de la diámetro de inflorescencia en la variedad Pirata, ya que registró valores correspondientes a la densidad de siembra 1 (30x30 cm) igual a 13,78 cm, 2 (40x40 cm) con media de 14,10 cm y 3 (50x50 cm) con 13,96 cm, llegando a la conclusión que a una densidad media (40x40 cm) se tienen mejores resultados, estos resultados posiblemente se debe a la época de siembra, porque en el presente estudio se reportó un mayor diámetro a una densidad de siembra de 30x40 cm con una media igual a 12,93 centímetros.

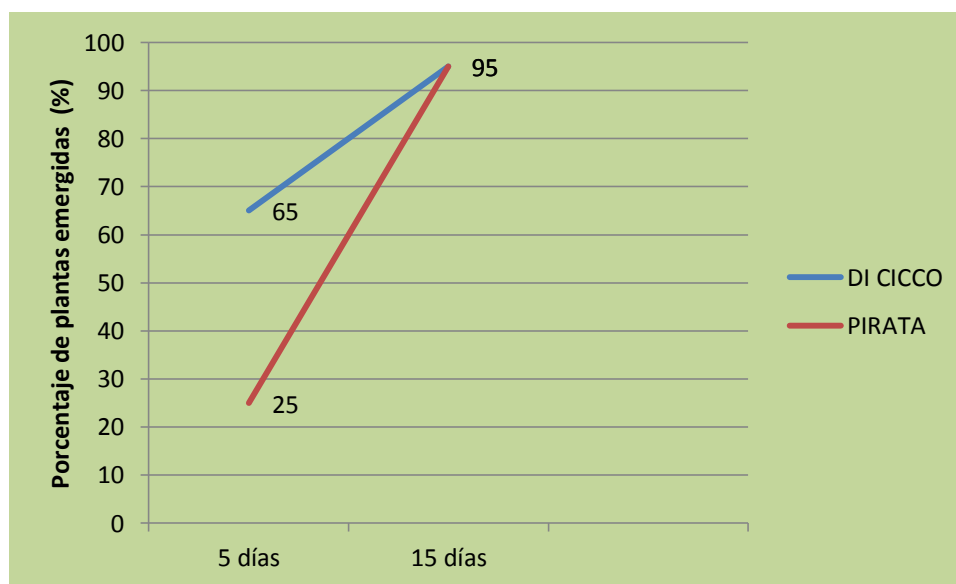
Mendoza (1996), indica que la variedad Pirata tiene mejores características genéticas, debido a que a una densidad de siembra de 30x40 cm, registró una media

de 11,21 cm que en comparación con el presente estudio, a la misma densidad se registró 12,93 cm esta diferencia se debe a la temperatura del ambiente durante el ensayo, ya que mencionado autor registro una media igual a 20° C y en el presente trabajo se registró una media igual a 24 grados centígrados.

### 6.6 Porcentaje de plantas emergidas

En campo a los 5 días transcurridos después de la siembra se observó una diferencia al momento de la emergencia de las plantas, entre la variedad Pirata y Di Cicco y no así entre las densidades de siembra, pero en el transcurso de 10 días más se observó que la misma llegaba a una homogeneidad, mostrándose las plantas de buen tamaño y en la mayoría de ellos emergieron las tres semillas.

En conteo de plantas emergidas, se realizó en los primeros 5 días y en una segunda ocasión a los 15 días después de la siembra, tal como se muestra en la figura 10.



**Figura 10. Porcentaje de plantas emergidas**

La emergencia de plantas en las variedades Pirata y Di Cicco, fue a los 15 días después de la siembra, con un 95% de plantas emergidas a una temperatura promedio de 22° centígrados.

En los primeros 5 días se presentó diferencias (figura 10), la variedad Di Cicco con 65% y Pirata con 25% de emergencia, 10 días después se contabilizó el total de plantas emergidas mostrando una uniformidad del 95% de plantas emergidas.

Gutiérrez (2005) indica, que a los 15 días después de la siembra a una temperatura de 30°C un registro 92% de plantas emergidas, la diferencia en el porcentaje de germinación en el presente trabajo realizado se debe a la calidad de la semilla usada, temperatura del ambiente y riego, factores que son indispensables para la germinación de cualquier semilla.

Maroto (1995), señala que el medio debe ofrecer buenas condiciones de producción una buena fertilidad, humedad y buena estructura del suelo para obtener plántulas de tamaño aceptable, lo cual en el presente estudio se realizó un seguimiento en el campo definitivo en cuanto a riego homogéneo, ya que la siembra se hizo de manera directa.

### 6.7 Días a la madurez comercial

En campo, se observó que la variedad Do Cicco en sus tres densidades de siembra, fueron las que en menor tiempo se desarrolló, además en esta variedad se observó que la pella cosechada no se veía tan compacta como la variedad Pirata, quien en sus tres densidades de siembra obtuvo pellas de mayor diámetro y más compactas.

En la figura 11, se presenta la comparación entre tratamientos, de días transcurridos a la cosecha donde la diferencia notoria está entre variedades.

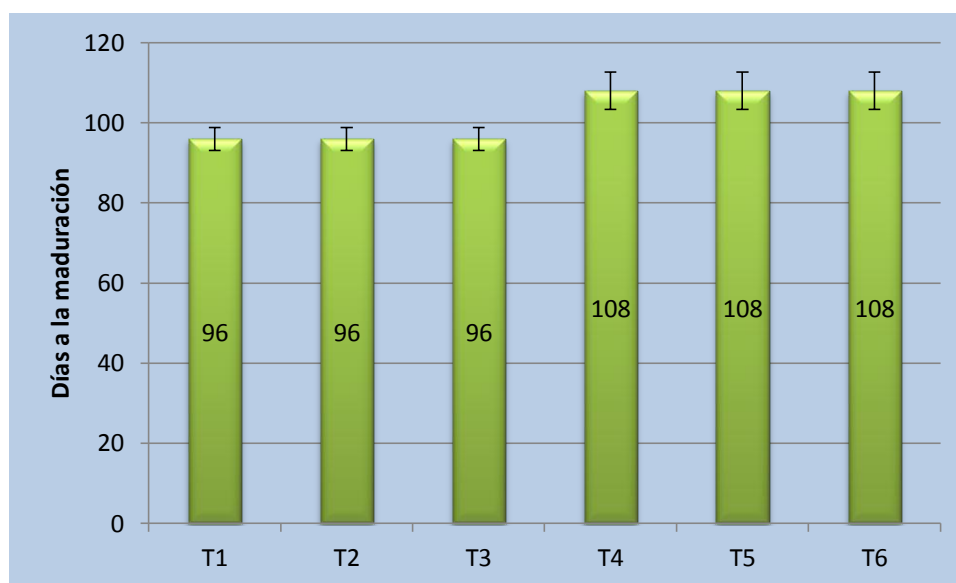


Figura 11. Días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha

En cuanto a los días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha, se evidencia una diferencia entre variedades (figura 11), siendo que el menor tiempo en días hasta la madurez comercial corresponde a la variedad Di Cicco correspondientes a los tratamientos 1, 2 y 3 con un total de 96 días y la de mayor tiempo con 108 días para la variedad Pirata pertenecientes a los tratamientos 4, 5 y 6, siendo que no existe diferencias numéricas entre las tres densidades de siembra.

Se asume que debido a las temperaturas de ambiente, la variedad Di Cicco, desarrollo en menor tiempo siendo este un problema para la compactación de la inflorescencia, puesto que algunas plantas estaban a punto de florecer, por lo que se puede decir que esta variedad sería capaz de soportar menores temperaturas o ser cultivadas a campo abierto. Si bien la variedad Pirata fue quien mayor tiempo llevo para la cosecha, esta presentaba mayor diámetro de inflorescencia y mejor compactación por lo que se puede decir que esta variedad se adapta muy bien en ambientes atemperados.

Limachi (2011), en su estudio menciona que desde la siembra hasta la cosecha transcurrió 111 días para la variedad Centenario, y para la variedad Pirata transcurrió en total 131 días, que a comparación del presente trabajo la variedad Di Cicco fue la que en menor tiempo se llegó a cosechar, al mismo tiempo se observó que esta variedad formaba pellas no tan compactas como la variedad Pirata la cual tomo más tiempo en cosechar, pero formo mejor compactación de pella.

Para Valadez (1993), el intervalo de tiempo transcurrido desde la siembra hasta la cosecha normalmente está en el rango de 113 a 120 días; lo cual es una referencia en relación al trabajo presente que reporto similares resultados o al menos se encuentra dentro el rango.

### **6.8 Peso promedio de la inflorescencia (gr)**

El análisis de varianza (cuadro 18) para el peso de la inflorescencia se trabajó con los datos de la última semana, correspondientes a la cosecha.

**Cuadro 18. ANVA del peso de la inflorescencia por planta (gr)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	53,755	26,878	0,17	0,85 N.S.
<b>Variedades</b>	1	127147,478	127147,478	1301,52	0,0008 **
<b>Error Variedad</b>	2	195,384	97,692		
<b>Densidades</b>	2	213,999	106,999	0,69	0,53 N.S.
<b>Var*Den</b>	2	2047,208	1023,604	6,58	0,02 *
<b>Error Densidad</b>	8	1245,417	155,677		
<b>Total</b>	17	130903,241			

El coeficiente de variación para la parcela mayor con un valor de 5,2% y para la parcela menor igual a 6,6% estos datos indican el manejo de las unidades experimentales los cuales fueron eficientes, al igual que los datos registrados son confiables.

$$C.V._a=5.2\% \quad C.V._b=6.6\%$$

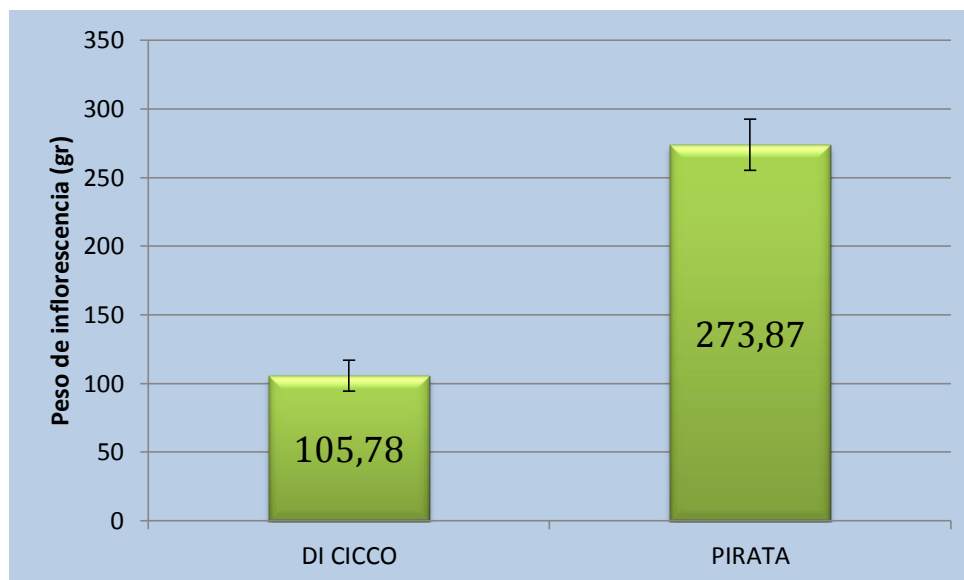
Para el análisis estadístico, del peso de la inflorescencia por planta se consideró, el análisis de varianza (cuadro 18), donde se advierte que existen diferencias altamente significativas entre los dos niveles del factor A (variedades Pirata Y Di Cicco). Vale decir que la variedad Pirata estadísticamente tiene peso de inflorescencia distinta a la variedad Di Cicco. La interacción de los niveles del factor A (variedades) con los niveles del factor B (densidades de siembra) del cual resultan los tratamientos, estadísticamente también indica diferencia significativa, lo que se entendería que estadísticamente siquiera uno de los tratamientos obtuvo o desarrollo mayor peso de la inflorescencia al momento de la cosecha.

El análisis de varianza, reporta que existen diferencias de peso de inflorescencia entre las variedades Pirata y Di Cicco (factor A), entonces se procedió a realizar la prueba de media Duncan al 5% de error (cuadro 19), con el objeto de identificar la variedad que mayor peso de inflorescencia desarrollo al momento de la cosecha.

**Cuadro 19. Prueba Duncan al 5% de significancia, del peso de la inflorescencia por planta**

FACTOR A		
Variedad	Promedio (gr)	Duncan ( $\alpha = 5\%$ )
<b>PIRATA</b>	273,87	a
<b>DI CICCO</b>	105,78	b

El resultado obtenido a través de la prueba de Duncan (cuadro 19), muestra los valores registrados del peso de inflorescencia por planta, demostrando así la superioridad de la variedad Pirata, con un promedio igual a 273,87 gr distinguiéndose por la letra “a”, en la interpretación de letras, frente a la variedad Di Cicco, cuyo promedio fue de 105,78 gr, identificando la mencionada variedad con la “b” dándole el segundo lugar, con esta prueba se corrobora lo visto en campo ya que efectivamente el de mayor peso de inflorescencia correspondía a la variedad Pirata. Para una mejor comprensión y entendimiento de estos resultados, en la Figura 12, se evidencia la comparación de medias del peso de inflorescencia en las variedades Di Cicco y Pirata.



**Figura 12. Peso de inflorescencia del Factor A (variedades Pirata y Di Cicco) al momento de la cosecha**

Tal como la figura 12 muestra que la variedad Pirata en promedio obtuvo mayor peso en inflorescencia con 273,87 gramos, y la variedad Di Cicco con un promedio igual a 105,78 gr se asume que esta diferencia se debe a las características genéticas de cada variedad ya que el manejo de las unidades experimentales fueron las adecuadas tal como lo indica el coeficiente de variación.

Limachi (2011), en su trabajo identificó que la variedad Pirata, con una media igual a 248,95 gr fue la variedad que mayor peso tuvo al momento de la cosecha, la variedad Centenario con promedio de 231,27 gr quedó en segundo lugar, atribuyendo dicho comportamiento a las características genéticas de ambas variedades. En el presente caso, la variedad Pirata obtuvo una media de 273,87 gr y la variedad Di Cicco con 105,78 gramos, estadísticamente comparando con los resultados de Limachi (2011), se asevera que la variedad Pirata es la que mejor desarrollo tiene en ambiente atemperado, puesto que en ambos casos dio mejores resultados en ambiente atemperado, al igual que esto se observó en campo durante el ensayo. Estadísticamente no existen diferencias significativas en peso de inflorescencia entre las tres diferentes densidades de siembra de una misma variedad Pirata o Di Cicco, lo que indica que en las tres densidades de siembra, estadísticamente obtuvieron los mismos pesos de inflorescencia en una misma variedad.

Como el análisis de varianza indica, que existen diferencias significativas en el peso de inflorescencia en la fuente de variación de interacción de los niveles del factor A (variedades Pirata y Di Cicco) con los niveles del factor B (tres densidades de siembra), por lo que se realizó la prueba de efectos simples (cuadro 20) con el objeto de identificar cual o cuales de los seis tratamientos tiene mayor peso de inflorescencia.



**Cuadro 20. Prueba de efectos simples para la variable peso de inflorescencia de la interacción de los niveles de los factores A y B**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	F t 5%
Densidad (Di Cicco)	2	475,74	237,87	1,53	19 N.S.
Densidad (Pirata)	2	1971,8	985,9	6,33	19 N.S.
Variedad (Den. 1)	1	30139,59	30139,59	193,60	18,51 *
Variedad (Den. 2)	1	42777,29	42777,29	274,78	18,51 *
Variedad (Den. 3)	1	56454,01	56454,01	362,63	18,51 *
Error Experimental	8	1245,42	155,68		

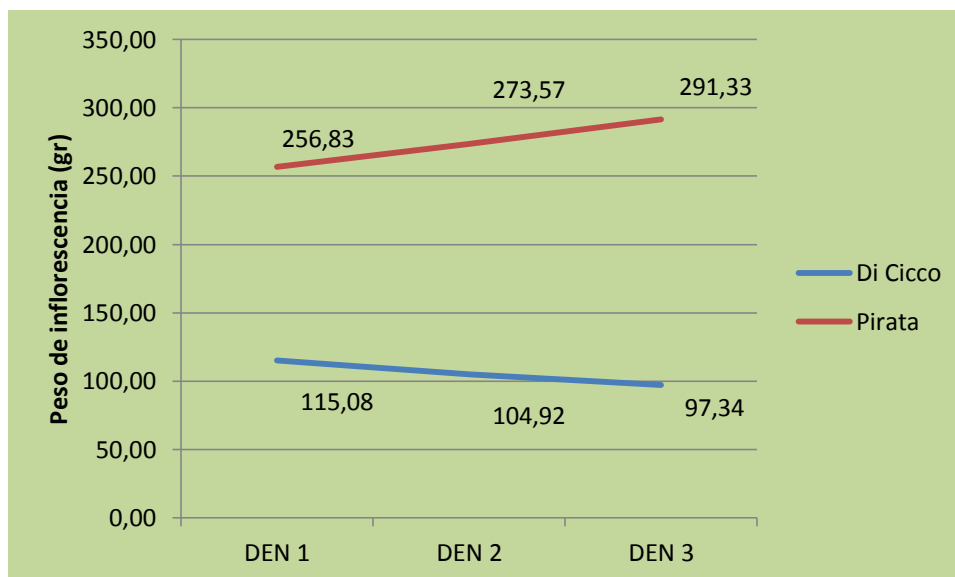
El análisis de varianza de efectos simples (cuadro 20), estadísticamente presenta diferencias significativas en el peso de la inflorescencia, en ambas variedades de Brócoli con las tres densidades de siembra, por lo que se entiende que hubo al menos un tratamiento de mayor peso de inflorescencia, (figura 12).

Entendiéndose que la combinación de los niveles de las variedades con las tres densidades de siembra, hacen los seis tratamientos, el análisis de varianza (cuadro 20), advierte la existencia de siquiera un tratamiento que sea de mayor desarrollo respecto al peso de la inflorescencia al momento de cosechar.

**Cuadro 21. Comparación de medias del peso de inflorescencia para la interacción de los factores A con B**

Factor A	Factor B			Media
	d <sub>1</sub> =17 plantas/m <sup>2</sup>	d <sub>2</sub> =11 plantas/m <sup>2</sup>	d <sub>3</sub> =8 plantas/m <sup>2</sup>	
Di Cicco	115,08	104,92	97,34	105,78
Pirata	256,83	273,57	291,33	273,91
Media	185,96	189,24	194,33	189,85

El peso de inflorescencia, aclara el comportamiento de la interacción de las variedades Di Cicco y Pirata en las tres densidades de siembra (figura 13).



**Figura 13. Comparación de medias del peso de inflorescencia en la interacción de niveles de los factores A y B**

El comportamiento del peso de inflorescencia (figura 13), en la variedad Pirata a diferentes densidades de siembra, va de manera ascendente en el orden siguiente: densidad 1(30x20 cm), densidad 2 (30x30 cm) y por ultimo densidad 3 (30x40 cm) con promedios en peso de inflorescencia iguales a 256,83, 273,57 y 291,33 gr respectivamente, entendiéndose este comportamiento como normal puesto que a mayor densidad de siembra (30x20) se espera la competencia entre plantas en relación a nutrientes, agua y radiación solar y por ende a una menor densidad (30x40) de siembra existe abastecimiento de los mencionados factores y por lo tanto habrá mayor peso de inflorescencia. Contrariamente la variedad Di Cicco obtuvo los promedios más bajos en peso de inflorescencia, ya que a una densidad 1 (30x20 cm) llegó a pesar 115,08 gr, en la densidad 2 (30x30 cm) la media fue de 104,92 gr, por último la densidad 3 (30x40 cm) con un valor igual a 97,34 gramos este comportamiento llama la atención puesto que si tomamos los mismos criterios para la interpretación que para la variedad Pirata se hará complicado dar una explicación, por lo que se asume que hubo un irregularidad en el manejo de las unidades experimentales ya que el mismo se manifestó en el comportamiento que muestra en la figura 12. Por lo tanto se reporta que la variedad Pirata con la densidad de 30x40

cm fue el tratamiento que mayor peso de inflorescencia obtuvo a comparación de los otros tratamientos (1 y 2).

### 6.9 Rendimiento

El desarrollo y resultados del análisis de varianza para el rendimiento (kg/ha) se encuentra en el cuadro 22.

**Cuadro 22. Análisis de Varianza del Rendimiento (kg/ha)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	Pr > F
<b>Bloque</b>	2	7374615,4	3687307,7	1,77	0,23 N.S.
<b>Variedades</b>	1	184742642,0	184742642,0	73,23	0,01 **
<b>Error Variedad</b>	2	5045414,3	2522707,2		
<b>Densidades</b>	2	2711495,4	1355747,7	0,65	0,55 N.S.
<b>Var*Den</b>	2	19041946,3	9520973,2	4,58	0,05 *
<b>Error Densidad</b>	8	16628148,2	2078518,5		
<b>Total</b>	17	235544261,8			

Los coeficientes de variación 11,2% para la parcela mayor y 20,3% para la parcela menor, indican que hubo un buen manejo de las unidades experimentales, además que los datos son confiables.

$$C.V._a=11,2\% \quad C.V._b=20,3\%$$

Los resultados del análisis de varianza (cuadro 22), en cuanto al rendimiento, indican que estadísticamente hubo diferencias altamente significativas entre las variedades Di Cicco y Pirata y diferencias significativas en la interacción de los dos niveles del factor A (Variedades de brócoli) con los tres niveles del factor B (densidades de siembra).

Lo que significa que existen rendimientos diferentes entre la variedad Di Cicco y Pirata, y que al menos un tratamiento obtuvo mayor rendimiento en comparación con los demás tratamientos.

Dado que estadísticamente dio como resultado altamente significativo entre variedades, se realizó la Prueba Duncan (cuadro 20) al 5% de error, con el objeto de identificar la variedad de mayor rendimiento.

**Cuadro 23. Prueba Duncan 5%, de medias del rendimiento entre variedades**

FACTOR A		
Variedad	Promedio (kg/ha)	Duncan ( $\alpha = 5\%$ )
<b>PIRATA</b>	17395	a
<b>DI CICCIO</b>	10987	b

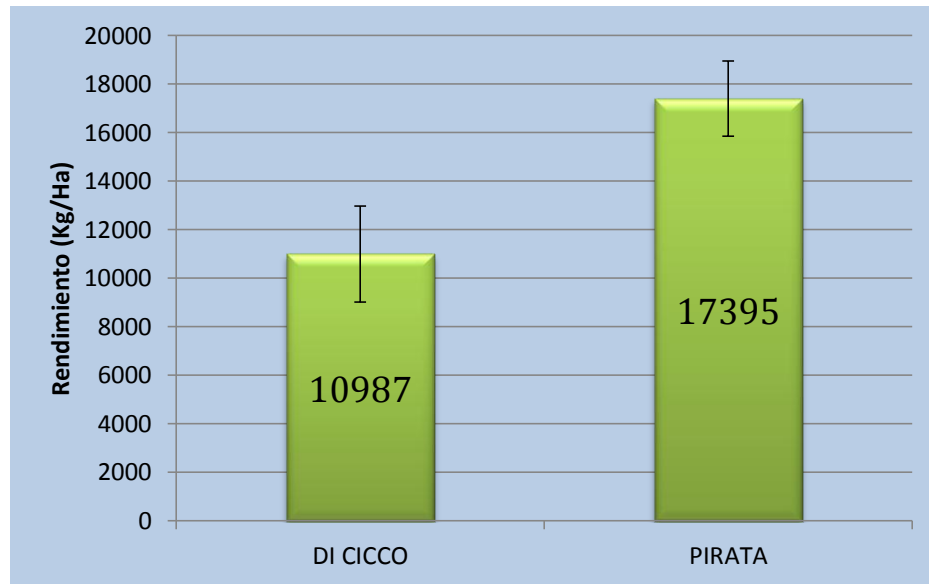
Según la prueba Duncan, el rendimiento de Brócoli refleja que existió diferencias significativas, donde la variedad Pirata, diferenciada con la letra “a”, presentó un promedio mayor igual a 17395 kg/ha con respecto a Di Cicco que obtuvo un promedio de rendimiento igual a 10987 kg/ha, esta diferencia es debido a las características genéticas de ambas variedades.

Agricultura Urbana (2010), indica que las producciones varían según se trate de brócolis ahijados o de pella, además del tipo de variedad. Pero pueden estimarse unos rendimientos normales entre 15000 y 25000 kg/ha, en el presente estudio los rendimientos de la variedad Pirata en las tres densidades de siembra es aceptable ya que su rendimiento se encuentra dentro del rango, reportado por los autores citados.

Mendoza (1996), reporta rendimiento de 22180 kg/ha a una densidad de 30x40 cm en la variedad Pirata, siendo este el tratamiento de mejor resultado registrado, argumentando el efecto directo de la densidad de siembra. En comparación de este trabajo se registró 17395 kg/ha en rendimiento, debido a que no se aplicó ningún tipo de abono al cultivo como lo hizo en su estudio el autor mencionado.

Limachi (2011), registró 17234 kg/ha de rendimiento en la variedad Pirata y en la variedad Centenario un promedio igual a 15573 kg/ha, atribuyendo este comportamiento a las características genéticas de las variedades. Por los resultados obtenidos en el presente trabajo una vez más se acepta la aseveración de Limachi (2011), que la variedad Pirata tiene mejores características genéticas manifestándose estas en el desarrollo y posterior rendimiento del producto, estadísticamente la densidad de siembra no tiene efecto directo en el rendimiento pero numéricamente en campo se observó una mínima diferencia.

En la figura 14 se observa, la comparación de medias del rendimiento en las variedades Di Cicco y Pirata.



**Figura 14. Comparación de rendimiento de las variedades Pirata Y Di Cicco**

En términos de rendimiento la variedad Pirata tuvo el promedio más alto con una media igual a 17395 kg/ha seguido por la variedad Di Cicco con una media igual a 10987 kg/ha.

Para el caso de la interacción de los niveles del factor A con los niveles del factor B se realizó la prueba de efectos simples, cuyo desarrollo y resultados se encuentran en el cuadro 24.

**Cuadro 24. Prueba de efectos simples del rendimiento kg/ha para la interacción de los niveles de los Factores A y B**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	F t 5%
Densidad (Di Cicco)	2	14946095,3	7473047,67	3,60	19 N.S.
Densidad (Pirata)	2	6807346,67	3403673,34	1,64	19 N.S.
Variación (Den. 1)	1	121680067	121680067	58,54	18,51 *
Variación (Den. 2)	1	58387681	58387681	28,09	18,51 *
Variación (Den. 3)	1	23716840,3	23716840,3	11,41	18,51 N.S.
Error Experimental	8	16628142,2	2078517,78		

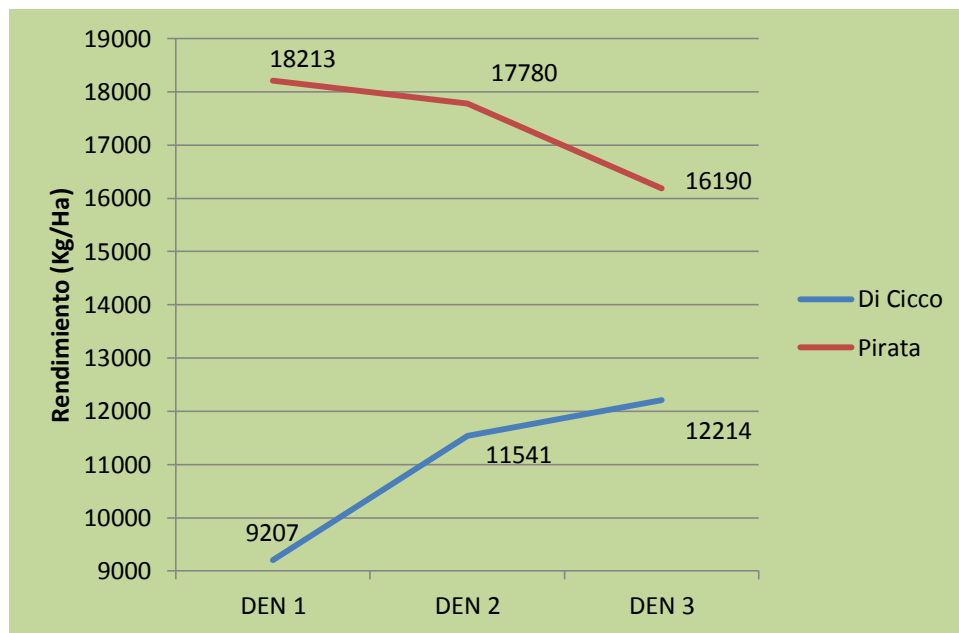
El análisis de varianza de efectos simples, presenta diferencias estadísticas, de las variedades Di Cicco y Pirata con las densidades de siembra 1(30x20 cm) y 2 (30x30

cm), donde se tiene un comportamiento significativamente diferenciado en el rendimiento del producto.

**Cuadro 25. Comparación de medias del rendimiento para la interacción de los factores A con B**

Factor A	Factor B			Media
	d <sub>1</sub> =17 plantas/m <sup>2</sup>	d <sub>2</sub> =11 plantas/m <sup>2</sup>	d <sub>3</sub> =8 plantas/m <sup>2</sup>	
Di Cicco	9207,00	11541,00	12214,00	10987,33
Pirata	18213,00	17780,00	16190,00	17394,33
Media	13710,00	14660,50	14202,00	14190,83

En la figura 15, se observa la interacción de las variedades Di Cicco y Pirata en las tres densidades de siembra.



**Figura 15. Comparación de medias del rendimiento de dos variedades de brócoli en tres densidades de siembra**

Se puede apreciar en la figura 15, que el rendimiento tiene un comportamiento diferenciado en las tres densidades de siembra, siendo que la variedad Pirata en la densidad de siembra 1 (30x20 cm) obtiene el mayor rendimiento, seguido por la densidad 2 (30x30 cm) y finalmente la que menor rendimiento obtuvo fue la

densidad 3 (30x40 cm), con medias igual a 18213, 17780 y 16190 kg/ha respectivamente, el comportamiento de la variedad Pirata en las tres densidades de siembra llama la atención puesto que se esperaría que a una menor densidad (30x40 cm) se llegaría a obtener mayor rendimiento ya que exista menor competencia entre plantas y mayor disponibilidad de agua, nutriente y radiación solar que en comparación a una mayor densidad (30x20 cm), se asume que este comportamiento se atribuye al manejo de las unidades experimentales, el cual estadísticamente no fue de manera homogénea. La variedad Di Cicco sin duda alguna presentó los rendimientos más bajos, densidad 3 (30x40 cm) igual a 12214 kg/ha, densidad 2 (30x30 cm) con 11541 kg/ha y densidad 1 (30x20 cm) con media de 9207 kg/ha en comparación con la variedad Pirata, observándose un comportamiento normal en el desarrollo del cultivo y posterior rendimiento.

Limachi (2011), reporta que la variedad Pirata obtuvo en promedio 17234 kg/ha de rendimiento que lo relaciona con la característica genética de dicha variedad y no así a la densidad de siembra. En el presente trabajo la misma variedad tuvo un rendimiento igual a 18213 kg/ha con lo cual se ratifica la buena calidad de la semilla y no así el efecto de la densidad de siembra.

Gutiérrez (2005), en su investigación registró, para el tratamiento siete (variedad Pirata a una densidad de siembra de 30x30 cm), rendimiento igual a 3,76 kg/m<sup>2</sup>, lo que sería 37600 kg/ha, que indica un valor extremadamente alto, ya que en ninguna investigación se obtuvo rendimientos tan altos ni aun con el uso de abonos orgánicos o fertilizantes químicos, por lo que se presume que hubo un mal manipuleo de los datos ya sea en campo o al momento de sistematizar los mismos.

### **6.10 Análisis económico**

El análisis económico de los diferentes tratamientos en estudio se realizó utilizando la técnica de la relación Beneficio/Costo (Perrin *et al.*, 1995).

Para el análisis económico se tomó en cuenta los siguientes cálculos, rendimiento ajustado, beneficio bruto, costos variables, costos de producción, beneficios netos y beneficio/costo.

**a) Rendimiento ajustado**

Es el rendimiento promedio de cada tratamiento, menos el 10% que refleja la diferencia entre el promedio del experimento y el posible rendimiento que se puede obtener en condiciones de un productor promedio. Este ajuste toma en cuenta la diferencia entre el tamaño de una parcela experimental y una parcela de producción, también se toma en cuenta el manejo del cultivo.

$$\text{Rento. ajustado } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = \text{Rento. promedio } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) - (10\% \text{ del Rento. promedio } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right))$$

**Cuadro 26. Rendimiento ajustado del producto comercial (kg/m<sup>2</sup>)**

Variedad	Densidad de siembra (cm)	Tratamiento	Rendimiento promedio (kg/m <sup>2</sup> )	Ajuste 10%	Rendimiento ajustado (kg/m <sup>2</sup> )
DI CICCO	30X20	T1	0,92	0,09	0,83
	30X30	T2	1,15	0,12	1,04
	30X40	T3	1,22	0,12	1,10
PIRATA	30X20	T4	1,82	0,18	1,64
	30X30	T5	1,78	0,18	1,60
	30X40	T6	1,62	0,16	1,46

Los resultados obtenidos en una parcela pequeña generalmente son sobre estimados, las técnicas son más precisas y oportunas al manejar las variables en prueba, por otro lado las parcelas pequeñas son más uniformes, que las grandes tanto en fertilidad como en preparación.

Según se observa en el cuadro 26, la variedad Pirata fue la que obtuvo el mayor rendimiento ajustado en tres densidades de siembra con rendimientos superiores a 1,46 kg/m<sup>2</sup>, seguido por la variedad Di Cicco cuyo promedio del rendimiento no supera los 1,10 kilos por metro cuadrado.



**b) Beneficio bruto**

El beneficio bruto es el beneficio total que se obtiene de multiplicar el rendimiento ajustado por el precio del producto.

$$\text{Beneficio bruto } \left(\frac{\text{Bs.}}{\text{m}^2}\right) = \text{Rento. ajustado } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) * \text{precio del producto Bs.}$$

**Cuadro 27. Beneficio bruto**

Variedad	Densidad de siembra	Tratamiento	Rendimiento ajustado	Precio Bs/kg	Beneficio bruto Bs/m <sup>2</sup>
DI CICCIO	30X20	T1	0,83	2,00	1,66
	30X30	T2	1,04	2,00	2,07
	30X40	T3	1,10	2,00	2,20
PIRATA	30X20	T4	1,64	2,50	4,10
	30X30	T5	1,60	2,50	4,01
	30X40	T6	1,46	2,50	3,65

En el caso de las variedades Di Cicco y Pirata con las distancias 3 (30x40 cm) y 1 (30x20 cm), son las que obtuvieron mayor beneficio bruto con 2,20 y 4,10 Bs/m<sup>2</sup> respectivamente, debido a que el tratamiento 3 y 4 produjo mayor cantidad de producto comercial, como se observa en el cuadro 24.

**c) Costos variables**

En este análisis se tomaron en cuenta los costos que varían entre tratamientos, el análisis se realizó tomando en cuenta solamente los relacionados con insumos, mano de obra y herramientas utilizadas (cuadro 28).

Todos los gastos adicionales que se realizaron se consideraron como gastos fijos y son constantes para todos los tratamientos.

**Cuadro 28. Costos variables**

INSUMOS	DI CICCO			PIRATA		
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>
TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Semilla	0,08	0,05	0,04	1,02	0,66	0,48
Riego	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Mano de obra	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Comercialización	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
<b>Total Bs/m<sup>2</sup></b>	<b>1,27</b>	<b>1,23</b>	<b>1,22</b>	<b>2,20</b>	<b>1,84</b>	<b>1,66</b>

**d) Total costos de producción**

El total de los costos de producción se define como la suma de los costos fijos (infraestructura y herramientas) y los costos variables que corresponden a gastos de un proceso productivo (cuadro 29).

$$\text{Costos de producción (Bs.)} = \text{total C. F. (Bs.)} + \text{total C. V. (Bs.)}$$

**Cuadro 29. Total costos de producción**

	DI CICCO			PIRATA		
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
<b>TOTAL CF</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
<b>TOTAL CV</b>	1,26	1,23	1,22	2,2	1,84	1,66
<b>TOTAL CV Bs/m<sup>2</sup></b>	<b>1,67</b>	<b>1,63</b>	<b>1,62</b>	<b>2,60</b>	<b>2,24</b>	<b>2,06</b>

Se observa en el cuadro 29, la variedad Pirata en sus tres densidades de siembra tiene un costo de producción relativamente más elevado en comparación de la variedad Di Cicco, esto se debe al costo elevado de la semilla utilizada.

**e) Beneficios netos**

Es el valor de todos los beneficios de la producción que se percibirá de los tratamientos menos el total de los costos de producción.

$$\text{Beneficio neto (Bs.)} = \text{Beneficio bruto (Bs.)} - \text{Costo de producción (Bs.)}$$

**Cuadro 30. Beneficio neto**

	DI CICCO			PIRATA		
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
<b>Beneficio bruto</b>	1,66	2,07	2,20	4,10	4,01	3,65
<b>Costo de producción</b>	1,66	1,63	1,62	2,60	2,24	2,06
<b>Beneficio neto Bs/m<sup>2</sup></b>	<b>0,00</b>	<b>0,44</b>	<b>0,58</b>	<b>1,50</b>	<b>1,77</b>	<b>1,59</b>

El cuadro 30 de beneficios netos se puede apreciar, que la distancia de siembra 2 (30x30 cm) en la variedad Pirata correspondiente al tratamiento 5, obtuvo un mayor beneficio neto de 1,77 Bs/m<sup>2</sup>, en cambio la variedad Di Cicco con la densidad de siembra 1 (30x20 cm) correspondiente al tratamiento 1, con un beneficio neto de cero Bs/m<sup>2</sup>.

**f) Beneficio costo**

En el cuadro 31, se observa los valores del índice beneficio/costo de los seis tratamientos en estudio.

$$\text{Beneficio costo (Bs.)} = \text{Beneficio bruto (Bs.)} / \text{Costos de producción (Bs.)}$$

**Cuadro 31. Beneficio/Costo de cada tratamiento**

	DI CICCO			PIRATA		
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
<b>Beneficio bruto</b>	1,66	2,07	2,20	4,10	4,01	3,65
<b>Costo de producción</b>	1,66	1,63	1,62	2,60	2,24	2,06
<b>B/C (Bs.)</b>	<b>1,00</b>	<b>1,27</b>	<b>1,36</b>	<b>1,58</b>	<b>1,79</b>	<b>1,77</b>

Los resultados que se presentan en el cuadro 31, muestran que no todos los tratamientos obtuvieron réditos económicos, puesto que la relación beneficio/costo del tratamiento dio 1,00 Bs. Lo que se entiende que por cada boliviano invertido no habrá ganancias, solo se recuperara lo invertido, más al contrario el tratamiento cinco (T5) se presentó como el más rentable con un valor igual a 1,79 Bs/m<sup>2</sup>. Este resultado indica que por cada unidad monetaria invertida se recuperó la inversión más un beneficio de 0,79 Bs. seguido del tratamiento seis (T6) con relación de beneficio costo igual 1,77 Bs. teniendo como ganancia 0,77 Bolivianos.

En general la ganancia fue de 0,27 Bs. en el tratamiento dos (T2), 0,36 Bs. para el tratamiento tres (T3), 0,58 Bs. para el tratamiento cuatro (T4), 0,79 Bs. del tratamiento cinco (T5), 0,77 Bs. para el tratamiento seis (T6) y por último con el tratamiento uno (T1) no obtuvo ganancias, puesto que solo se llegó a recuperar lo invertido.

Limachi (2011), registró en el análisis económico que realizo que en, el tratamiento seis correspondiente a la variedad Pirata a densidad de siembra de 30x40 cm, tuvo una relación beneficio costo de 1,713 Bs. concluyendo que por cada unidad monetaria invertida se recuperó la inversión más un beneficio de 1,713 Bs. lo que se entiende que hubo 1,713 Bs. de ganancia, se asume que es error involuntario del autor, ya que existe ganancia de 0,713 Bs. por cada boliviano invertido, el mismo tratamiento en el presente trabajo tuvo ganancia de 0,77 Bs. observando la diferencia de 0,057 Bs. en comparación por el mencionado autor se evidencia una vez más la rentabilidad de este tratamiento.

## **7 CONCLUSIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos y en función a los objetivos planteados, se puede concluir lo siguiente:

- Para la variable de respuesta número de hojas los tratamientos 4, 5 y 6 correspondiente a la variedad Pirata, numéricamente obtuvieron el mayor número de hojas igual a 20, 20 y 22 hojas respectivamente.
- En la variable altura de planta (cm), estadísticamente existe diferencias significativas entre las variedades Di Cicco y Pirata, correspondiente al factor A, donde la variedad Di Cicco (b1) presentó una altura de 88,98 cm, con respecto a la variedad Pirata (b2), que registró una altura de 60,99 centímetros.
- El análisis de varianza indicó que el diámetro de tallo de las dos variedades son estadísticamente diferentes, siendo que la variedad Pirata presentó el mayor diámetro, con un promedio de 2,31 cm, siendo este superior al promedio de diámetro de tallo de la variedad Di Cicco, con un promedio igual a 1,79 centímetros.
- A través del análisis de varianza se evidencia que estadísticamente la variedad Pirata, presentó el mayor diámetro de la inflorescencia con un promedio de 12,49 centímetros. Por otro lado la variedad Di Cicco presentó menor diámetro, con un promedio de 8,98 cm al mismo tiempo el diámetro de inflorescencia tiene un comportamiento diferenciado en las tres densidades de siembra, siendo que para la variedad Pirata en la densidad de siembra 3 (30x40 cm) se obtiene el mayor diámetro de inflorescencia, seguida por la densidad 1 y finalmente la que menor diámetro obtuvo fue con la densidad 2, con valores iguales a 12,93, 12,47 y 12,13 cm respectivamente.
- El porcentaje de plantas emergidas a los 15 días después de la siembra fue de un 95% del total, a una temperatura promedio de 22°C.
- El menor tiempo transcurrido en días desde la siembra hasta la madurez comercial corresponde a la variedad Di Cicco con 96 días y la de mayor tiempo con 108 días corresponde a la variedad Pirata sin que afecte la densidad de siembra.

- Los valores registrados del peso de inflorescencia por planta, demuestran la superioridad de la variedad Pirata con promedio igual a 273,87 gr, frente a la variedad Di Cicco cuyo promedio es de 105,78 gramos. El comportamiento del peso de inflorescencia en la variedad Pirata va en aumento a diferentes densidades de siembra en el orden siguiente: densidad 1(30x20 cm), densidad 2 (30x30 cm) y por ultimo densidad 3 (30x40 cm) con promedios en peso de inflorescencia iguales a 256,83, 273,57 y 291,33 gr respectivamente.
- El rendimiento de Brócoli refleja que existió diferencias significativas, donde la variedad Pirata presentó un promedio mayor, igual a 17395 kg/ha respecto a la variedad Di Cicco que obtuvo 10987 kg/ha. La variedad Pirata tiene un comportamiento diferenciado en las tres densidades de siembra, siendo que en la densidad 1 (30x20 cm) se obtiene el mayor rendimiento, seguido por la densidad 2 (30x30 cm) y finalmente la densidad 3 (30x40 cm) con rendimientos igual a 18213, 17780 y 16190 kg/ha respectivamente.
- El tratamiento 5 (densidad 2, variedad Pirata) se presentó como la más rentable con un valor igual a 1,79 Bs/m<sup>2</sup>, lo que indica que por cada unidad monetaria invertida existe un beneficio de 0,79 Bs. seguido del tratamiento 6 (densidad 3, variedad Pirata) con un beneficio igual a 0,77 Bs, el tratamiento 1 (densidad 1, variedad Di Cicco) registró una relación beneficio costo igual a cero bolivianos.

## **8 RECOMENDACIONES**

- Por los resultados obtenidos, la variedad Pirata es una alternativa de producción, en carpa solar, puesto que se tuvo buenos resultados en el rendimiento de producto comercial.
- Debido a que la variedad Pirata se adaptó a las condiciones de carpa solar, porque presentó una compactación más firme, por tanto se recomienda su aprovechamiento en estas condiciones de cultivo.
- Se recomienda el estudio de los tratamientos 4, 5 y 6 correspondiente a la variedad Pirata a distintas densidades de siembra a campo abierto, debido a que en carpa solar fue la variedad que mejores resultados registró.
- Realizar ensayos de aplicación de abonos orgánicos en la variedad Pirata para comparar y realizar observaciones pertinentes que nos podría ayudar a mejorar la producción del Brócoli en un ambiente atemperado.
- Realizar evaluaciones en cuanto a lámina de riego, en diferentes variedades de brócoli puesto que esta información no es suficiente en el ámbito departamental o nacional.
- Se recomienda abrir las ventanas de la carpa, cuando la planta se encuentre en la fase de formación de la cabeza comercial, ya que si está expuesto a altas temperaturas este acelerará su desarrollo de manera desuniforme dando un mal aspecto del producto y por ende bajo precio de venta.
- Realizar estudios concernientes a la calidad de la cabeza comercial y las preferencias que tiene el consumidor por alguna variedad de brócoli, de esta manera cultivar variedades que son apetecidas.
- Es importante realizar la cosecha en el momento oportuno, cuando la cabeza se encuentra bien compactada, además de cosechar con la cantidad de hojas necesarias, para evitar lesiones del producto comercial.
- Estudiar el comportamiento de los mismos tratamientos en invierno y en ambiente atemperado, puesto que este ambiente tiene mejores condiciones para este cultivo.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Aviles, D., 1992. Producción de hortalizas bajo diferentes condiciones microclimáticas en el Altiplano. Tesis Lic. Ing. Agr. Cochabamba, BO.
- Barahona, M. Manual Hortícola, Primera edición, Sangolquí, Ecuador, 24 p.
- Barrios, J., 1979. In.: "Evaluación de Yacimientos de fosfatos GEOBOL. pp. 1-10.
- Buena Salud, 2011. Enciclopedia coleccionable. Bolivia. N° 34. pp. 8-9.
- Callisaya, R., 2000. Evaluación de la roca fosfórica como fertilizante natural en el cultivo de Brócoli en ambientes atemperados. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, BO. 26 p.
- Casseres, E., 1980. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura (IICA). San José- Costa Rica. 387 p.
- Cronquist, A. Takhtasa, A. Y Zimmermann, W., 1996. On The Higne Taxa. Of Embryobinta. New York, EU.
- Dias, F., 1993. Defensa contra heladas en los invernaderos. Memorias de construcción y manejo de invernaderos. La Paz, BO.
- Galeón, 2012. (en línea). Consultado 23 de noviembre 2012. Disponible en [www.agriculturaurbana.galeon.com./productos1359686.html](http://www.agriculturaurbana.galeon.com./productos1359686.html)
- Gutiérrez, Z., 2005. Cultivares de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) en diferentes distancia de trasplante en época de invierno bajo ambiente atemperado. Tesis Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. pp. 34 – 66.
- Hartmann, F., 1990. Invernaderos y Ambientes Controlados. Editorial Fades. 1ra Edición. La Paz,BO. 131 p.
- Herbas, R., 1981. Manual de Fitopatología, Oruro – Bolivia. Editorial Universitaria. pp. 349 – 353.



- Hidalgo, C. 2000. Manejo integrado de semilleros de Brassicaceae. Primer seminario internacional de Brassicaceae Quito. Ecuador. FEDETA. 35 p.
- Holle, M. Y Montes, A., 1985. Manual de Enseñanza Práctica de Producción De Hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Ediciones IICA. 1ra Edición. San José, CR.
- Japón, J., 1986. Cultivo del Brócoli y de la Col de Bruselas. Ediciones Rivadeneira SA. 1ra Edición. Madrid, ES. pp 11-15.
- Kohl, 1991. Diagnostico a los Sistemas de Cultivos Protegidos en el Altiplano. Editorial Centro de Información para el Desarrollo Rural. La Paz, BO. pp 11-16.
- Krarup, C. 1992. Seminario sobre la producción de Brócoli. Quito, Ecuador. PROEXANT- AGRIDEC/ CHEMONICS. 25 p.
- Krarup, C.; Alvarez, X., 1997. Requerimientos y variedades de brócoli para la industria del congelado. Agroeconómico V.44. pp. 20-27.
- Lázaro, E y Ibizia, B., 1982. Compendio de la Flora Española, Madrid – España. V.2, 134 p.
- Limachi, F., 2011. Evaluación de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación, en sustrato sólido (HIDROPONICO), en ambiente atemperado en el municipio de el Alto. Tesis Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. pp. 42–62.
- Lorente, M. B., 1993. Biblioteca de la Agricultura. Editorial Emegs. Barcelona, ES.
- Maroto, J., 1995. Horticultura Herbácea Especial. Editorial Mundi Prensa. 4ta Edición. Madrid, ES. 131 p.
- Mendoza, J., 1996. Densidades de plantación y abonamiento orgánico en Brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) bajo carpa solar. Tesis Ing. Agr. La Paz –

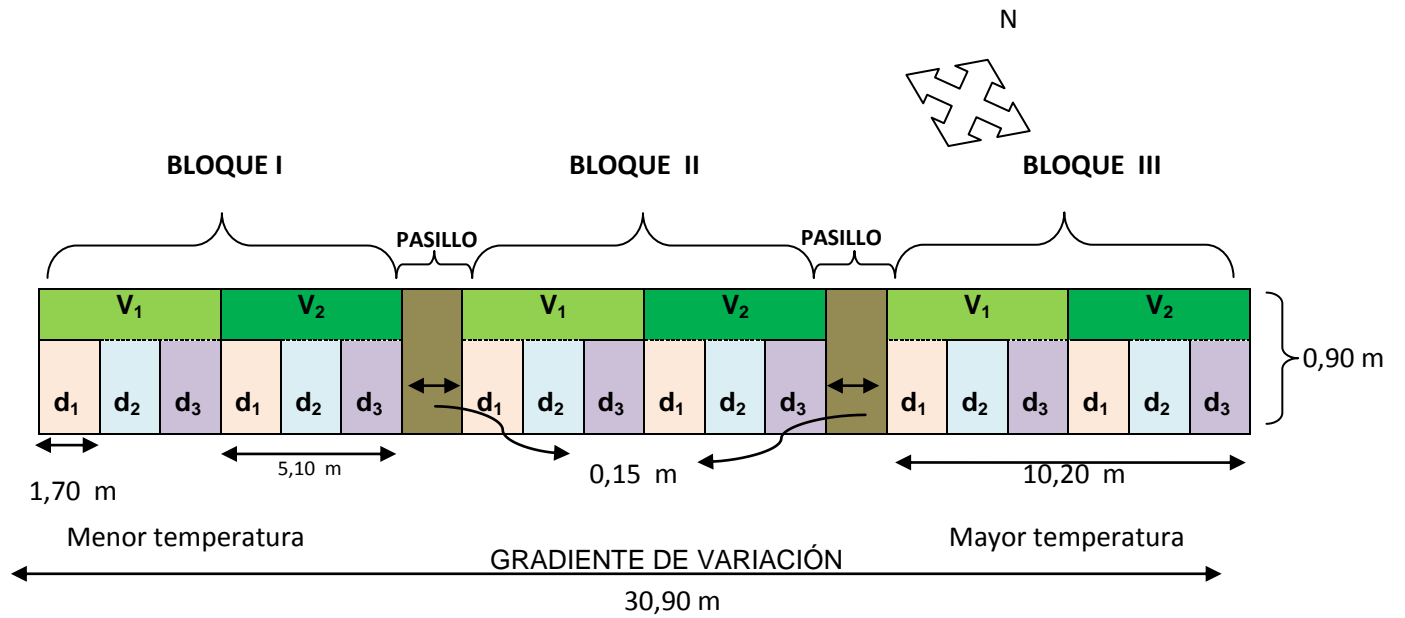
- Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. pp. 48 – 83.
- Mortensen, E y Bullard, E., 1986. Horticultura Tropical y Subtropical. Editorial Pax – México. 84 p.
- Nuez, F.; Gómez, C.; Fernandea, P.; Solar, S. Y Valcarcel, V., 1999. Colección de Semillas de Coliflor y Brócoli. Editorial Mundi Prensa. Madrid, ES. pp. 13-15.
- Ochoa, R., 2007. Diseños Experimentales. Facultad de agronomía. UMSA. La Paz Bolivia. 297 p.
- Ospina. M., 1995. Enciclopedia Agropecuaria Terranova (Producción Agrícola 2), Santa Fe de Bogotá – Colombia. Editorial Terranova Ltda. pp. 306 – 307.
- Perrín, et al., 1995. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT.DF México. pp. 1-74.
- Porco, F y Terrazas, J., 2009. Horticultura Aplicaciones Prácticas. Facultad de agronomía. UMSA. La Paz Bolivia.172 p.
- Ramírez, J., 1995. Incidencia de la Densidad de Siembra y Fitoreguladores en la Calidad y Rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*) en el Valle Central de Cochabamba. Tesis Ing. Agr. Cochabamba – Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Agronomía. pp. 5 – 78.
- Rueda, D. 2001. Botánica Sistemática Curso interactivo, Primera Edición, Quito - Ecuador, 140 p.
- Ruiz, T., 1993. Manual de horticultura. Facultad de agronomía. UMSA. La Paz Bolivia. pp. 12-41.
- Ruiz, T., 2007. Texto guía Materia Terapéutica Vegetal. Facultad de agronomía. UMSA. La Paz Bolivia. 177 p.

- Sánchez, C., 2004. Hidroponía, Colección Granja Negocios, Lima – Perú. Edición Ripalme. 134 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, BO), 2007. Datos Climáticos. La Paz, Bolivia. s.p.
- s/a, 2012. (en línea). Consultado 23 de noviembre 2012 El Cultivo del Brócoli. Disponible en: [www.infoagro.html](http://www.infoagro.html)
- s/a, 2012. (en línea). Consultado 23 de septiembre 2012. Disponible en [www.angelfire.com/ia2/ingenieria agricola/brocoli.htm](http://www.angelfire.com/ia2/ingenieria_agricola/brocoli.htm)
- Sobrino, E. – Sobrino, V.E., 1989. Tratado de Horticultura Herbácea, Barcelona – España. Editorial Aedos. pp. 41 – 61.
- Solonosotras, 2012. (en línea). Consultado 23 de noviembre 2012. Disponible en [www.solonosotras.com/archivo/04/sal-alim-110900.html](http://www.solonosotras.com/archivo/04/sal-alim-110900.html)
- Terrazas, 1990. Manual para la educación agropecuaria, suelo y fertilización. Editorial Trillas. pp. 51-60.
- Valadez, A., 1993. Producción de Hortalizas, México, Editorial LIMUSA. pp. 45 – 55.
- Vallejos, L., 1995. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuario Boletín Técnico N°3 nuevas variedades de Brócoli para los valles de Cochabamba.
- Vera, C y Vilaña, I., 2004. Efecto de la aplicación alternada de fungicidas, fosfonatos y evergreen, en el control del pie negro (*Phoma lingam*) y otras enfermedades en brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*). Tesis Ing. Agrop. Sangolquí – Ecuador. Escuela Politecnica del Ejercito Facultad de Ciencias Agropecuarias I.A.S.A. 229 p.
- Vigliola, M., 1986. Manual de horticultura., S.A. Buenos Aires, Argentina. Editorial Hemisferio sur. pp. 19 – 72.
- Villarroel, J., 1998. Manual para interpretación de análisis de suelos. Santa Cruz Bolivia. 81 p.

Wettstein, R., 1994, Tratado de Botánica Sistemática. Editorial Labor. Barcelona, España.

# ANEXOS

Anexo 1. Croquis experimental y distribución de tratamientos en la parcela experimental



Superficie de la parcela experimental	: 27,81 m <sup>2</sup>
Superficie de la parcela mayor	: 4,59 m <sup>2</sup>
Superficie de la parcela menor	: 1,53 m <sup>2</sup>
Superficie de pasillos	: 0,13 m <sup>2</sup>

## Anexo 2. Análisis de suelo

IBTEN

**MINISTERIO DE EDUCACION**INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES  
UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL**ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS**INTERESADO : *VILMA PALOMA MAMANI ROJAS*  
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ, Provincia MURILLO*  
*Lugar COTA COTA*  
*FACULTAD DE AGRONOMIA - UMSA*NO SOLICITUD: *172 / 2012*  
FECHA DE RECEPCION : *21 / Agosto / 2012*  
FECHA DE ENTREGA : *07 / Septiembre / 2012*  
N° Factura : *5640 / 12*DESCRIPCIÓN : *Muestra de suelo*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
448-01 /2012	T E X T U R A	ARENA	36	%	Hidrómetro de Bouyoucos
448-02 /2012		ARCILLA	32	%	Hidrómetro de Bouyoucos
448-03 /2012		LIMO	32	%	Hidrómetro de Bouyoucos
448-04 /2012		CLASE TEXTURAL	FY	-	Hidrómetro de Bouyoucos
448-05 /2012		GRAVA	24,2	%	Gravimetría
448-06 /2012	CARBONATOS LIBRES	P	-	Reacción ácida	
448-07 /2012	pH en agua 1:5	6,21	-	Potenciometría	
448-08 /2012	pH en KCl 1N, 1:5	5,51	-	Potenciometría	
448-09 /2012	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,188	dS/m	Potenciometría	
448-10 /2012	C D E A T I C A O M B E S I O	Acidez de cambio (Al+H)	0,08	meq/100 g	Volumetría
448-11 /2012		Calcio	13,05	meq/100 g	Absorción atómica
448-12 /2012		Magnesio	4,61	meq/100 g	Absorción atómica
448-13 /2012		Sodio	0,22	meq/100 g	Emisión atómica
448-14 /2012		Potasio	0,74	meq/100 g	Emisión atómica
448-15 /2012		Total de bases	18,62	meq/100 g	Suma de base
448-16 /2012		C. I. C.	18,70	meq/100 g	Volumetría
448-17 /2012		SATURACIÓN BÁSICA	99,57	%	Cálculo matemático
448-18 /2012	Materia Orgánica	6,07	%	Walkley Black	
448-19 /2012	Nitrógeno total	0,33	%	Kjeldahl	
448-20 /2012	Fósforo asimilable	31,31	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

OBSERVACIONES,-

\*\* Cationes de Cambio extraídos con acetato de amonio 1N.

C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.

CARBONATOS LIBRES; A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

**CLASE TEXTURAL**

F: Franco Y : Arcilloso

L: Limoso YA : Arcilloso Arenoso

A: Arenoso FYA: Franco Arcilloso Arenoso

FA: Franco Arenoso. YL : Arcilloso Limoso

AF: Arenoso Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso

FY: Franco Arcilloso FL : Franco limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

Anexo 3. Datos correspondientes al número de hojas

TRATAMIENTO	I	II	III	media
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	20,00	18,00	17,00	18,00
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	18,00	19,00	19,00	19,00
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	19,00	19,00	20,00	19,00
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	22,00	19,00	20,00	20,00
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	21,00	20,00	20,00	20,00
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	23,00	21,00	21,00	22,00

Anexo 4. Datos correspondientes altura de planta (cm)

TRATAMIENTO	I	II	III
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	94,50	78,50	93,37
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	98,33	84,00	82,83
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	94,75	80,25	94,25
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	59,87	61,87	70,50
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	53,30	66,67	66,17
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	50,50	66,75	53,25

Anexo 5. Datos correspondientes al diámetro de tallo (cm)

TRATAMIENTO	I	II	III
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	2,26	1,44	1,54
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	2,13	1,46	1,71
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	2,58	1,53	1,52
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	2,93	1,70	2,02
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	2,18	2,64	2,48
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	2,13	2,81	1,92



Anexo 6. Datos correspondientes al diámetro de inflorescencia (cm)

TRATAMIENTO	I	II	III
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	9,45	9,75	9,18
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	10,50	9,49	9,78
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	7,41	8,01	7,29
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	11,50	13,00	12,90
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	10,98	11,90	13,50
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	13,50	12,50	12,70

Anexo 7. Datos correspondientes a la media de diámetro de inflorescencia, de la interacción de facto A con el factor B

	Di Cicco	Pirata
d <sub>1</sub>	9,46	12,47
d <sub>2</sub>	9,92	12,13
d <sub>3</sub>	7,57	12,93

Anexo 8. Datos correspondientes porcentaje de emergencia

	DI CICCO	PIRATA
5 días	65	25
15 días	95	95

Anexo 9. Datos correspondientes días a la maduración

TRATAMIENTO	I	II	III	media
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	99,00	94,00	94,00	96
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	99,00	94,00	94,00	96
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	99,00	94,00	94,00	96
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	105,00	105,00	113,00	108
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	105,00	105,00	113,00	108
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	105,00	105,00	113,00	108

Anexo 10. Datos correspondientes al peso de inflorescencia (gr)

TRATAMIENTO	I	II	III
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	102,25	130,50	112,50
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	101,14	106,50	107,12
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	102,47	99,97	89,57
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	255,02	239,55	275,93
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	271,56	271,86	276,95
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	293,04	302,32	278,62

Anexo 11. Datos correspondientes a la media de Peso de inflorescencia de la interacción de facto A con el factor B

	Di Cicco	Pirata
d <sub>1</sub>	115,08	256,83
d <sub>2</sub>	104,92	273,57
d <sub>3</sub>	97,34	291,33

Anexo 12. Datos correspondientes al rendimiento (kg/ha)

TRATAMIENTO	I	II	III
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	8180,00	10440,00	9000,00
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	11125,00	11715,00	11783,00
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	10420,00	10995,00	15227,00
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	17402,00	19164,00	18074,00
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	15871,00	19005,00	18464,00
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	16817,00	17394,00	14360,00

Anexo 13. Datos correspondientes a la media de rendimiento (Kg/Ha), de la interacción de facto A con el factor B

	Di Cicco	Pirata
d <sub>1</sub>	9207	18213
d <sub>2</sub>	11541	17780
d <sub>3</sub>	12214	16190

Anexo 14. Datos brutos semanales, de la variable número de hojas por planta

BLOQUE I	SEMANA								
TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	4,25	5,63	7,88	10,63	10,88	15,25	17,38	18,25	20,38
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	4,00	6,00	9,00	10,67	10,00	15,17	16,00	17,17	18,33
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	4,25	5,50	8,75	12,50	13,00	15,50	19,50	21,00	19,25
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	4,13	5,88	9,38	11,88	11,50	15,13	17,13	20,50	21,88
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	4,00	6,00	8,50	10,33	10,17	13,50	15,50	17,83	21,00
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	4,00	6,50	9,50	11,50	11,50	14,75	15,50	19,75	21,75
BLOQUE II	SEMANA								
TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	4,00	5,50	8,00	9,63	9,75	13,25	13,63	15,00	18,00
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	4,17	6,00	8,50	10,50	10,67	14,50	15,33	16,67	19,33
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	4,50	5,75	8,75	11,25	10,50	15,00	15,75	17,50	19,25
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	4,13	5,63	7,75	10,13	9,75	13,63	14,75	15,50	19,25
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	3,83	5,83	9,33	11,00	11,33	14,67	16,00	19,67	20,00
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	4,00	5,25	8,25	10,75	11,75	13,50	16,50	20,00	21,00
BLOQUE III	SEMANA								
TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	4,25	6,00	8,00	10,13	10,00	13,50	14,75	15,63	17,25
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	4,00	5,67	8,33	8,33	10,50	15,33	17,00	18,67	18,83
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	3,75	5,75	8,50	10,50	10,50	14,50	15,75	17,75	19,50
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	4,13	5,25	8,13	10,38	10,25	13,75	15,50	17,25	19,75
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	3,17	5,17	7,83	10,67	11,00	14,17	15,50	18,67	20,00
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	2,75	4,75	6,75	8,25	9,00	12,50	12,25	15,25	19,75

Anexo 15. Datos brutos semanales, de la variable altura de planta a la cosecha (cm)

BLOQUE I	SEMANA						
TRATAMIENTO	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	41,25	50,75	60,00	70,75	79,25	89,50	94,50
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	38,58	50,17	62,17	73,83	81,67	92,00	98,33
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	42,88	56,25	65,75	74,50	86,00	94,25	94,75
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	39,31	47,13	52,25	54,50	55,50	61,00	59,88
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	34,58	41,00	44,00	46,00	44,50	46,33	53,50
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	32,13	47,25	42,25	44,75	43,75	44,25	50,50
BLOQUE II	SEMANA						
TRATAMIENTO	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	36,00	46,00	53,25	58,50	64,25	70,00	78,50
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	38,83	47,17	55,67	60,17	67,17	74,67	84,00
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	39,25	48,75	53,50	57,00	68,25	71,25	80,25
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	27,50	36,00	42,75	43,50	55,25	58,00	61,88
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	33,33	41,17	49,83	54,00	65,67	64,67	66,67
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	34,25	40,75	50,00	55,25	60,75	62,50	66,75
BLOQUE III	SEMANA						
TRATAMIENTO	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	35,88	46,63	57,00	67,13	76,00	86,88	93,38
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	33,17	43,17	50,83	59,00	68,67	75,67	82,83
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	38,25	48,75	58,00	67,00	78,25	88,25	94,25
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	32,38	42,13	49,38	53,88	59,38	62,63	70,50
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	31,83	40,17	46,00	47,33	59,50	63,83	66,17
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	21,75	29,75	35,00	43,25	44,25	49,00	53,25

Anexo 16. Datos brutos semanales, de la variable diámetro de tallo (mm)

BLOQUE I	SEMANA							
TRATAMIENTO	2	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	5,26	7,04	8,08	10,54	13,64	17,28	20,63	22,57
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	6,07	6,42	7,90	11,74	14,47	18,23	17,52	21,31
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	7,49	8,10	9,81	12,02	15,50	19,49	20,61	25,76
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	8,36	9,97	11,98	14,80	19,36	25,09	26,23	29,28
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	7,20	8,51	10,83	13,38	15,02	16,16	17,79	21,79
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	5,71	7,96	9,84	12,74	17,84	15,97	17,42	21,28
BLOQUE II	SEMANA							
TRATAMIENTO	2	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	5,11	5,68	7,00	9,11	10,38	10,99	11,34	14,43
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	5,96	6,01	7,35	9,32	10,53	11,36	12,14	14,58
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	5,21	5,54	7,68	10,08	12,87	13,35	13,88	15,33
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	4,87	5,93	7,83	8,59	12,30	12,96	14,49	17,02
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	6,02	6,80	9,94	13,02	17,77	19,17	22,90	26,41
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	6,11	7,76	10,95	12,84	19,53	18,68	25,21	28,05
BLOQUE III	SEMANA							
TRATAMIENTO	2	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	5,61	7,00	8,95	9,37	10,48	11,92	14,38	15,41
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	4,78	5,33	6,90	9,60	11,15	12,76	13,32	17,12
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	5,07	6,17	7,86	10,66	11,59	13,06	13,67	15,16
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	6,30	7,24	8,96	10,79	13,96	15,44	19,34	20,20
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	6,25	6,72	10,38	11,27	14,78	17,09	16,77	24,80
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	3,45	3,95	6,16	8,73	11,38	12,05	16,22	19,24

Anexo 17. Datos, transformado en centímetros de la variable diámetro de tallo

BLOQUE I	SEMANA							
TRATAMIENTO	2	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	0,05	0,70	0,81	1,05	1,36	1,73	2,06	2,26
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	0,61	0,64	0,79	1,17	1,45	1,82	1,75	2,13
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	0,75	0,81	0,98	1,20	1,55	1,95	2,06	2,58
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	0,84	1,00	1,20	1,48	1,94	2,51	2,62	2,93
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	0,72	0,85	1,08	1,34	1,50	1,62	1,78	2,18
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	0,57	0,80	0,98	1,27	1,78	1,60	1,74	2,13
BLOQUE II	SEMANA							
TRATAMIENTO	2	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	0,51	0,57	0,70	0,91	1,04	1,10	1,13	1,44
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	0,60	0,60	0,74	0,93	1,05	1,14	1,21	1,46
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	0,52	0,55	0,77	1,01	1,29	1,34	1,39	1,53
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	0,49	0,59	0,78	0,86	1,23	1,30	1,45	1,70
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	0,60	0,68	0,99	1,30	1,78	1,92	2,29	2,64
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	0,61	0,78	1,10	1,28	1,95	1,87	2,52	2,81
BLOQUE III	SEMANA							
TRATAMIENTO	2	3	4	5	6	7	8	9
T1 (v <sub>1</sub> d <sub>1</sub> )	0,56	0,70	0,90	0,94	1,05	1,19	1,44	1,54
T2 (v <sub>1</sub> d <sub>2</sub> )	0,48	0,53	0,69	0,96	1,12	1,28	1,33	1,71
T3 (v <sub>1</sub> d <sub>3</sub> )	0,51	0,62	0,79	1,07	1,16	1,31	1,37	1,52
T4 (v <sub>2</sub> d <sub>1</sub> )	0,63	0,72	0,90	1,08	1,40	1,54	1,93	2,02
T5 (v <sub>2</sub> d <sub>2</sub> )	0,63	0,67	1,04	1,13	1,48	1,71	1,68	2,48
T6 (v <sub>2</sub> d <sub>3</sub> )	0,35	0,40	0,62	0,87	1,14	1,21	1,62	1,92

## Anexo 18. Análisis estadístico de la variable número de hojas

### Procedimiento ANOVA

#### Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
block	3	1 2 3
VAR	2	1 2
DEN	3	1 2 3

Número de observaciones leídas 18  
 Número de observaciones usadas 18

split plot design 2

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: NH

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	0.36235556	0.04026173	3.75	0.0381

R-cuadrado 0.808388  
 Coef Var 2.275035  
 Raíz MSE 0.103615  
 NH Media 4.554444

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	2	0.05684444	0.02842222	2.65	0.1311
VAR	1	0.21780000	0.21780000	20.29	0.0020
block*VAR	2	0.02680000	0.01340000	1.25	0.3375
DEN	2	0.05721111	0.02860556	2.66	0.1298
VAR*DEN	2	0.00370000	0.00185000	0.17	0.8448
Error	8	0.08588889	0.01073611		
Total corregido	17	0.44824444			

Tests de hipótesis usando el MS Anova para block\*VAR como un término de error

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
VAR	1	0.21780000	0.21780000	16.25	0.0564

## Anexo 19. Análisis estadístico de la variable altura de planta (cm)

### Procedimiento ANOVA

#### Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
block	3	1 2 3
VAR	2	1 2
DEN	3	1 2 3

Número de observaciones leídas 18  
 Número de observaciones usadas 18

#### split plot design

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: AP

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	4143.990933	460.443437	15.23	0.0004

R-cuadrado 0.944839  
 Coef Var 7.334142  
 Raíz MSE 5.499221  
 AP Media 74.98111

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	2	42.017078	21.008539	0.69	0.5270
VAR	1	3525.200556	3525.200556	116.57	<.0001
block*VAR	2	490.002878	245.001439	8.10	0.0119
DEN	2	30.141011	15.070506	0.50	0.6252
VAR*DEN	2	56.629411	28.314706	0.94	0.4312
Error	8	241.931444	30.241431		
Total corregido	17	4385.922378			

Tests de hipótesis usando el MS Anova para block\*VAR como un término de error

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
VAR	1	3525.200556	3525.200556	14.39	0.0630



Anexo 20. Análisis estadístico de la variable diámetro de tallo (cm)

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
block	3	1 2 3
VAR	2	1 2
DEN	3	1 2 3

Número de observaciones leídas	18
Número de observaciones usadas	18

split plot design

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: DT

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	2.70113333	0.30012593	1.81	0.2075

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	DT Media
0.670782	19.81459	0.407080	2.054444

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	2	0.89941111	0.44970556	2.71	0.1260
VAR	1	1.19608889	1.19608889	7.22	0.0276
block*VAR	2	0.50287778	0.25143889	1.52	0.2763
DEN	2	0.04867778	0.02433889	0.15	0.8657
VAR*DEN	2	0.05407778	0.02703889	0.16	0.8522
Error	8	1.32571111	0.16571389		
Total corregido	17	4.02684444			

Tests de hipótesis usando el MS Anova para block\*VAR como un término de error

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
VAR	1	1.19608889	1.19608889	4.76	0.1609

Anexo 21. Análisis estadístico de la variable diámetro de inflorescencia (cm)

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
block	3	1 2 3
VAR	2	1 2
DEN	3	1 2 3

Número de observaciones leídas 18  
 Número de observaciones usadas 18

split plot design

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: DI

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	67.64828889	7.51647654	13.84	0.0006

R-cuadrado 0.939662  
 Coef Var 6.860332  
 Raíz MSE 0.736876  
 DI Media 10.74111

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	2	0.34701111	0.17350556	0.32	0.7353
VAR	1	55.54580000	55.54580000	102.30	<.0001
block*VAR	2	1.52910000	0.76455000	1.41	0.2993
DEN	2	2.31674444	1.15837222	2.13	0.1809
VAR*DEN	2	7.90963333	3.95481667	7.28	0.0158
Error	8	4.34388889	0.54298611		
Total corregido	17	71.99217778			

Tests de hipótesis usando el MS Anova para block\*VAR como un término de error

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
VAR	1	55.54580000	55.54580000	72.65	0.0135

## Anexo 22. Análisis estadístico de la variable días a la floración

### Procedimiento ANOVA

#### Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
block	3	1 2 3
VAR	2	1 2
DEN	3	1 2 3

Número de observaciones leídas 18  
 Número de observaciones usadas 18

#### split plot design

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: DM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	826.000000	91.777778	Infty	<.0001

R-cuadrado 1.000000  
 Coef Var 0  
 Raíz MSE 0  
 DM Media 101.6667

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	2	49.000000	24.500000	Infty	<.0001
VAR	1	648.000000	648.000000	Infty	<.0001
block*VAR	2	129.000000	64.500000	Infty	<.0001
DEN	2	0.000000	0.000000	.	.
VAR*DEN	2	0.000000	0.000000	.	.
Error	8	0.000000	0.000000		
Total corregido	17	826.000000			

Tests de hipótesis usando el MS Anova para block\*VAR como un término de error

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
VAR	1	648.000000	648.000000	10.05	0.0868

Anexo 23. Análisis estadístico de la variable peso de inflorescencia (gr)

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
block	3	1 2 3
VAR	2	1 2
DEN	3	1 2 3

Número de observaciones leídas 18  
 Número de observaciones usadas 18

split plot design

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: PI

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	129657.8236	14406.4248	92.54	<.0001

R-cuadrado 0.990486  
 Coef Var 6.572892  
 Raíz MSE 12.47706  
 PI Media 189.8261

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	2	53.7551	26.8776	0.17	0.8445
VAR	1	127147.4783	127147.4783	816.74	<.0001
block*VAR	2	195.3836	97.6918	0.63	0.5583
DEN	2	213.9990	106.9995	0.69	0.5303
VAR*DEN	2	2047.2076	1023.6038	6.58	0.0205
Error	8	1245.4172	155.6771		
Total corregido	17	130903.2408			

Tests de hipótesis usando el MS Anova para block\*VAR como un término de error

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
VAR	1	127147.4783	127147.4783	1301.52	0.0008

## Anexo 24. Análisis estadístico de la variable rendimiento (kg/ha)

### Procedimiento ANOVA

#### Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
block	3	1 2 3
VAR	2	1 2
DEN	3	1 2 3

Número de observaciones leídas	18
Número de observaciones usadas	18

#### split plot design

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: REND

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	218916113.6	24324012.6	11.70	0.0010

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	REND Media
0.929405	10.15938	1441.707	14190.89

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	2	7374615.4	3687307.7	1.77	0.2303
VAR	1	184742642.0	184742642.0	88.88	<.0001
block*VAR	2	5045414.3	2522707.2	1.21	0.3465
DEN	2	2711495.4	1355747.7	0.65	0.5465
VAR*DEN	2	19041946.3	9520973.2	4.58	0.0472
Error	8	16628148.2	2078518.5		
Total corregido	17	235544261.8			

Tests de hipótesis usando el MS Anova para block\*VAR como un término de error

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
VAR	1	184742642.0	184742642.0	73.23	0.0134

