

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea*)
BAJO TRES DENSIDADES DE PLANTACIÓN EN AMBIENTE ATEMPERADO
EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE COTA-COTA.**

Edgar Ismael LUNA QUISPE

La Paz – Bolivia

2017

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea*)
BAJO TRES DENSIDADES DE PLANTACIÓN EN AMBIENTE ATEMPERADO
EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE COTA-COTA.**

Tesis de Grado presentado como requisito

*Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Edgar Ismael LUNA QUISPE

ASESOR (ES):

Ing. M.Sc. Freddy Porco Chiri

Ing. Willams Alex Murillo Oporto

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. Ph.D. David Cruz Choque

Ing. M.Sc. Windson July Martinez

Ing. M.Sc. Jorge Gabriel Espinoza Almazán

APROBADA

PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Dedicatoria

A Dios: por haberme permitido vivir, por darme una existencia feliz junto a toda mi familia, por la salud y el bienestar del cual he gozado, por darme la sabiduría y entendimiento para ser una persona de bien. Doy las gracias por todos los momentos maravillosos que he vivido al lado de mis seres queridos.

A mis Padres: Rene Luna y Regina Luna por darme la oportunidad de seguir estudiando y sobre todo la confianza que pusieron en mí, por todos los días que con su esfuerzo y dedicación buscaron mi bienestar, por brindarme todo su cariño y amor, gracias por apoyarme para que mis sueños se hicieran realidad.

A la memoria de mi hermanito (†): Alessandro Luna que descansa en paz, por compartir los primeros años de mi vida y que siempre lo tendré presente en mi vida.

A mis hermanos: Moisés e Iberio por la confianza y el respeto que tienen conmigo.

A mis amigos: Por haber compartido alegrías y tristezas en la vida universitaria, a mis estudiantes quienes se convirtieron en grandes amigos de la vida.

Y a todos mis familiares, que me brindaron su incondicional apoyo, sus buenos consejos y su confianza, para llegar a triunfar y ser una persona útil a la familia y a la sociedad, a todos ellos muchas gracias.

Es por eso que soy lo que soy ahora.

Agradecimientos

Primeramente a Dios por esta oportunidad de vida que me ha dado y de la maravillosa familia que me ha permitido tener en este mundo, a cada uno de los que son parte de mi familia a mi PADRE, mi MADRE, y mis HERMANOS.

A la prestigiosa casa superior de estudios, la Universidad Mayor de San Andrés, al plantel docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica, por los conocimientos y experiencias transmitidas que hicieron posible mi formación profesional.

Al Ing. Freddy Porco y al Ing. Williams Murillo por el asesoramiento y constante apoyo para que este trabajo sea una realidad.

Al tribunal revisor Ing. Ph.D. David Cruz, Ing. Windson July y al Ing. M. Sc. Jorge Espinoza por su AMISTAD, por su apoyo, por el aporte de sus conocimientos y correcciones realizadas al documento final.

Al Centro Experimental Cota Cota por haberme permitido el uso de las instalaciones para la realización de este trabajo y también a su personal administrativo por su amistad y apoyo a la investigación.

Finalmente, a todos mis compañeros y grandes AMIGOS de la facultad que son muchos, gracias a todas las personas, gracias a ustedes que de manera directa o indirecta colaboraron a la conclusión del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Justificación	3
2. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo general.....	5
2.2 Objetivos específicos	5
2.3 Hipótesis.....	5
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1 Origen del brócoli	6
3.1.1 Variedades de Brócoli.....	6
a. Legacy.....	7
b. Híbrido UG 2111	7
c. Domador	8
d. Brócoli híbrido Di Cicco	8
e. Brócoli híbrido Pirata.....	8
3.2 Importancia del Brócoli	9
3.2.1 Valor Nutritivo.....	10
3.3 Requerimientos del cultivo	12
3.4 Descripción morfológica del brócoli.....	16
3.4.1 Clasificación Taxonómica del Brócoli.....	18
3.5 Sistemas de siembra	19
3.6 Densidad de plantación	19
3.6.1 Siembra Directa	20
3.6.2 Siembra Indirecta	20
3.7 Labores culturales	23
3.8 Rendimiento	28
3.9 Fases del cultivo	28

3.10 Plagas y enfermedades	29
3.10.1 Plagas	29
a) Minador (<i>Liriomyza huidobrensis</i>)	29
b) Tríps (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	30
c) Pulgones (<i>Aphis gossypii</i>).....	30
d) Defoliadores (<i>Spodoptera sp.</i>).....	31
e) Gusanos cortadores (<i>Agrotis spp.</i>).....	31
f) Nematodos (<i>Meloidogyne spp.</i>).....	31
3.10.2 Enfermedades	32
a) Marchites fungosa (<i>Verticillium dahliae</i>)	32
b) Oídio (<i>Leveillula taurica</i>)	33
c) Alternaria (<i>Alternaria brassicae</i> Berk.).....	33
d) Hernia o potra de la col (<i>Plasmiodiophora brassicae</i> Wor.).....	33
e) Mancha angular (<i>Mycosphaerella brassicicola</i>).....	34
3.11 Ambiente atemperado	34
3.12 Carpa solar	34
4 LOCALIZACIÓN	36
4.1 Ubicación geográfica	36
5 MATERIALES Y MÉTODOS	38
5.1 Materiales	38
5.1.1 Material Vegetal	38
a) Brócoli híbrido LEGACY.....	38
a) Brócoli híbrido UG 2111	38
5.1.2 Material de campo	39
5.1.3 Material de gabinete	39
5.2 Métodos	40
5.2.1 Delimitación de la parcela Experimental	41
5.2.2 Almacigado	41
5.2.3 Trasplante	43
5.2.4 Instalación del sistema de riego por goteo	44
5.2.5 Labores culturales	45

a) Aporque	45
b) Riego	45
c) Control fitosanitario.....	45
d) Toma de datos.....	46
e) Cosecha	46
5.3 Diseño experimental.....	46
5.3.1 Modelo estadístico	46
5.3.2 Factores de estudio	47
5.3.3 Tratamientos.....	47
5.4 Variables de respuesta.....	47
5.4.1 Variables climáticas	47
5.4.2 Variables Agronómicas	48
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
6.1 Comportamiento de la temperatura durante la evaluación.....	51
6.2 Prueba de germinación	52
6.3 Porcentaje de prendimiento.....	54
6.4 Altura de la planta a la cosecha	56
6.5 Diámetro de tallo a la cosecha	60
6.6 Días a la madurez comercial.....	62
6.7 Diámetro de la inflorescencia a la cosecha.....	64
6.8 Peso de la inflorescencia.....	68
6.9 Rendimiento	71
6.10 Análisis económico	73
7 CONCLUSIONES	79
8 RECOMENDACIONES	82
9 BIBLIOGRAFIA	83
ANEXO 1. Croquis experimental y distribución de tratamientos en la parcela experimental	90
ANEXO 2. Análisis de suelo	91
ANEXO 3. Datos correspondientes a las variables de respuesta	92
ANEXO 4. Análisis estadísticos de las variables.....	99

ANEXO 5. Costos de producción por hectárea.	104
ANEXO 6. Reporte fotográfico	105

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido vitamínico de brócoli, repollo y coliflor	10
Cuadro 2. Composición nutritiva del Brócoli y Coliflor	11
Cuadro 3. Composición nutritiva del Brócoli crudo y cocido	12
Cuadro 4. Determinación del nivel de daño económico	25
Cuadro 5. Acción sobre los pulgones y mosca blanca, en el momento del nivel de daño económico.....	45
Cuadro 6. Factores de estudio con sus respectivos niveles.....	47
Cuadro 7. Tratamientos en estudio	47
Cuadro 8. Análisis de la variancia para la prueba de germinación de las dos variedades de brócoli	53
Cuadro 9. Prueba Duncan Alfa=0,05, para % de germinación entre variedades.....	53
Cuadro 10. Análisis de la variancia para el porcentaje de prendimiento	55
Cuadro 11. Prueba Duncan Alfa=0,05, para % de prendimiento entre variedades.....	55
Cuadro 12. Análisis de la variancia para la altura de planta a la cosecha	56
Cuadro 13. Prueba Duncan Alfa=0,05, para la altura de planta a la cosecha.....	57
Cuadro 14. Análisis de la variancia para el diametro de tallo a la cosecha	60
Cuadro 15. Análisis de la variancia para días a la madurez comercial.....	62
Cuadro 16. Prueba Duncan Alfa=0,05, para días a la madurez comercial	63
Cuadro 17. Análisis de la variancia para diámetro de la inflorescencia	64
Cuadro 18. Prueba Duncan Alfa=0,05, para diámetro de pella	65
Cuadro 19. Análisis de la variancia para peso de la inflorescencia.....	68
Cuadro 20. Prueba Duncan Alfa=0,05, para el peso de la pela en (Kg)	69
Cuadro 21. Análisis de la variancia para el rendimiento.....	71
Cuadro 22. Prueba Duncan Alfa=0,05, para el rendimiento (tn/ha)	72
Cuadro 23. Rendimiento ajustado del producto comercial (kg/m ²)	74
Cuadro 24. Beneficio bruto	75
Cuadro 25. Costos variables.....	76
Cuadro 26. Total costos de producción.....	76
Cuadro 27. Beneficio neto	77
Cuadro 28. Beneficio/Costo de cada tratamiento	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del ambiente atemperado del Centro Experimental de Cota Cota.....	37
Figura 2. Preparación del suelo en el área experimental	39
Figura 3. Distribución de los tratamientos en el ambiente atemperado	41
Figura 4. Almaciguera de madera de dimensiones de 0,50 m por 1 m y una altura de 0,70 m.....	42
Figura 5. Cobertura con paja brava para dar sombra y evitar la pérdida excesiva de humedad.....	42
Figura 6. Emergencia de las plántulas a los 5 días después de la siembra.....	43
Figura 7. Plántulas listas para el trasplante.....	43
Figura 8. Instalación del sistema de riego por goteo	44
Figura 9. Temperaturas del ambiente atemperado durante la evaluación	51
Figura 10. Comparación del % de germinación de los promedios entre las dos variedades	54
Figura 11. Comparación de Altura de planta, entre las dos variedades (factor A)	58
Figura 12. Comparación de Altura de planta, entre las dos variedades (Factor A).....	59
Figura 13. Comparación de diámetro de tallo, entre las dos variedades (Factor A) y de las tres densidades (Factor B)	61
Figura 14. Días transcurridos desde la siembra hasta la madurez comercial	63
Figura 15. Comparación de medias del diámetro de inflorescencia por tratamiento.....	67
Figura 16. Peso promedio de inflorescencia de las dos variedades en estudio.....	69
Figura 17. Promedio de peso de inflorescencia por tratamiento.....	70

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de La Paz, Provincia Murillo primera sección, en la carpa solar del Centro Experimental de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía zona de Cota Cota, perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés 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 condiciones adecuadas de pH, CE y MO.

Se evaluó el cultivo de brócoli bajo el Diseño Experimental de Bloques al azar con arreglo en Parcelas Divididas, teniendo como Factor "A" variedad a_1 : LEGACY y a_2 : UG 2111 y como factor "B" densidades de plantación b_1 : 17 plantas/m², b_2 : 11 plantas/m² y b_3 : 8 plantas/m². Tratamientos: T1 (Legacy+17 plantas/m²), T2 (Legacy+11 plantas/m²), T3 (Legacy+8 plantas/m²), T4 (UG 2111+17 plantas/m²), T5 (UG 2111+11 plantas/m²) y T6 (UG 2111+8 plantas/m²)

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: En la prueba de germinación la variedad Legacy obtuvo un promedio de 96,85% frente a 89,64% de UG 2111. El porcentaje de prendimiento presentó diferencias significativas entre Legacy y UG 2111 con 84,82% y 71,68% respectivamente. La altura de planta a la cosecha presentó diferencias significativas, Legacy obtuvo mayor promedio de altura con 0,52 m frente a UG 2111 con 0,45 m. El diámetro de tallo a la cosecha no reportó significancia, estadísticamente se tendrían similares diámetros, en campo Legacy alcanzó 3,37 cm, con respecto a UG 2111 que registró 3,01 cm. La variedad UG 2111 registró 96 días desde la siembra a la madurez comercial, Legacy con 109 días. El diámetro de inflorescencia fue mayor en el T2 con 14,7 cm, seguida del T3 con 13,6 cm. El peso de pella más alto corresponde a T3 y T2 con 0,38 kg y el más bajo corresponde a T4 con 0,33 kg, pero la variedad Legacy alcanzó un peso de 370 gr con relación a UG 2111 con un valor de 330 gramos. El rendimiento del brócoli refleja que la D1 (17 plantas/m²) presentó un promedio igual a 26,85 tn/ha, con respecto a la D2 (11 plantas/m²) que presentó un promedio de 19,88 tn/ha y 15,28 tn/ha la D3 (8 plantas/m²). El T1 se presentó como el más rentable con un valor igual a 3,63 Bs/m² y un beneficio de Bs. 2,63.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the city of La Paz, Murillo Province, first section, in the solar tent of the Cota Cota Experimental Center under the Faculty of Agronomy located in the area of Cota Cota, belonging to the Universidad Mayor de San Andrés Located 15 km from the center of the city of La Paz has an altitude of 3445 m.s.n.m.

The soil analysis indicated that the soil is suitable for growing broccoli, presenting adequate conditions of pH, EC and MO.

Broccoli cultivation under the Experimental Block Design was evaluated according to Divided Parcels, having as a factor the variety a_1 : LEGACY and a_2 : UG 2111 and as factor "B" planting densities b_1 : 17 plants/m², b_2 : 11 plants/m² and b_3 : 8 plants/m², Treatments: T1 (Legacy + 17 plants/m²), T2 (Legacy + 11 plants/m²), T3 (Legacy + 8 plants/m²), T4 (UG 2111 + 17 plants/m²), T5 (UG 2111 + 11 plants/m²) and T6 (UG 2111 + 8 plants/m²).

The results obtained were as follows: In the germination test carried out in the laboratory, the LEGACY variety obtained an average of 96,85% compared to 89,64% of UG 2111. The percentage of catch presented significant differences between LEGACY and UG 2111 with 84,82% and 71,68%, respectively. Plant height at harvest showed significant differences, LEGACY obtained higher average height with 0,52 m compared to UG 2111 with 0,45 m. The stem diameter at harvest did not report significance, statistically they would have similar diameters, in field LEGACY reached 3,37 cm, with respect to UG 2111 that registered 3,01 cm. The variety UG 2111 recorded 96 days from sowing to commercial maturity, LEGACY with 109 days. The diameter of inflorescence was greater in T2 with 14,7 cm, followed by T3 with 13,6 cm. The highest weight corresponds to T3 and T2 with 0,38 kg and the lowest corresponds to T4 with 0.33 kg, but the Legacy variety reached a weight of 370 gr in relation to UG 2111 with a value of 330 grams. The yield of broccoli reflects that D1 (17 plants/m²) had an average of 26,85 tn/ha, compared to D2 (11 plants/m²), which presented an average of 19,88 tn/ha and 15,28 tn/ha the D3 (8 plants/m²). The T1 was presented as the most profitable with a value equal to 3,63 Bs/m² and a profit of Bs. 2,63.

1 INTRODUCCIÓN

El déficit de producción de hortalizas es crónico en nuestro país, pues solo el 15 por ciento de la demanda nacional es cubierto por el estado, el saldo, un 85% o a veces un poco más proviene de otros países vía importación.

En los últimos años en nuestro país ha sido muy leve el trabajo de los organismos del estado en tratar de combatir la desnutrición, que es un mal que aqueja a los estratos bajos como los campesinos, mujeres, niños y niñas que normalmente habitan en zonas rurales y en periferias urbanas.

La dieta diaria en el mundo está a base de las hortalizas por la significativa cantidad de propiedades nutritivas y medicinales que proporcionan al organismo.

En nuestra ciudad la población pobre tiene un grado de privación en su dieta balanceada y está compuesta mayormente de cereales y tubérculos y no pueden acceder fácilmente a la carne y las frutas las cuales son una fuente importante de proteínas, vitaminas y minerales para el normal desarrollo y crecimiento del ser humano.

Este tipo de alimentación que no satisface las necesidades nutricionales diarias de las personas se convierte en un problema crónico por lo cual no logran un desarrollo y crecimiento adecuado en cuanto a lo físico y en su salud.

El brócoli (*Brassica oleracea*) es un cultivo estacional por lo que se puede obtener de dos hasta tres cosechas al año, La Paz es una zona adecuada para la producción de este cultivo ya que el clima va de templado a frío con montañas que están sobre los 2000 metros de altura, alta exposición a la luz solar y pertenece a la región interandina.

El consumo de verduras aumenta cada vez más en el mundo, en vista que de la alimentación sana ha tenido una creciente demanda.

El brócoli era una hortaliza desconocida hasta hace poco, pero los últimos estudios han demostrado el papel que esta crucífera juega en la prevención de 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).

Esta hortaliza es una gran fuente de agua entre un 80 y 90% de su composición pero además aporta fibra dietética y ácido fólico, pero también aporta minerales como potasio, hierro, fósforo y calcio.

La producción de hortalizas está distribuida en todas las regiones del país, a pesar de que algunas presentan restricciones agroclimáticas. Se tienen zonas en las que se da por lo menos un ciclo de producción mientras que otras zonas favorecidas con hasta tres ciclos productivos por año. La producción de hortalizas está más concentrada cerca de grandes centros poblados, teniendo por ejemplo producción de hortalizas en río Abajo en La Paz, Valle Bajo de Cochabamba, Valle Concepción en Tarija y Los Negros en Santa Cruz. Las escalas de producción son también diversas predominando pequeños productores con poco nivel tecnológico en la producción y post cosecha de hortalizas (Buena Salud, 2011).

1.1 Antecedentes

El brócoli es una hortaliza poco conocida en Bolivia. Sin embargo, tiene características interesantes para su utilización como un ingrediente más en la dieta alimentaria, considerando que es un cultivo de buenas condiciones nutritivas y de fácil cosecha.

Esta hortaliza es importante por sus características nutricionales y es de ciclo corto, su manejo es simple y requiere de mano de obra reducida.

Limachi (2011), recomienda que por los resultados alcanzados, la variedad Legacy es una alternativa de producción, en las zonas donde existe una carpa solar, puesto que la variedad tuvo buenos resultados en su desarrollo y en su rendimiento alcanzando una media de 17.234 kg/ha, además recomienda el estudio de diversas variedades de brócoli a campo abierto.

Mamani (2014), obtuvo un rendimiento de producto comercial de 17.395 kg/ha con la variedad Pirata a una densidad de 30 x 20 cm y recomienda hacer estudios de los mismos tratamientos en invierno y en ambiente atemperado, puesto que este ambiente tiene mejores condiciones para este cultivo.

1.2 Justificación

El brócoli a pesar de ser uno de los alimentos más saludables, tiene la limitante de ser muy poco consumido, debido a la falta de difusión en el mercado nacional, por lo que se puede señalar que la falta de opciones competitivas como la producción permanente y manejo adecuado de los pequeños productores, son causas que aíslan al brócoli de los mercados.

Los ambientes atemperados son alternativas de producción ante los factores adversos que dificultan la obtención de productos hortícolas a campo abierto, por las condiciones naturales que se presentan: bajas temperaturas, falta de precipitaciones y la presencia de heladas en época de invierno.

El presente trabajo plantea el estudio de cultivares de brócoli a diferentes distancias de trasplante para el manejo y elección de variedades en carpas solares debido a que es importante para obtener un buen rendimiento y calidad y tratando de lograr bajos costos de producción y mayor rentabilidad y así poder llegar a las familias de escasos recursos.

Jaramillo y Diaz (2006), mencionan que es importante en la alimentación humana por su valor nutricional y en la medicina natural. Se ha reportado que tiene propiedades antivirales y por su contenido de cromo ayuda a regular la insulina y el azúcar en la sangre, reduciendo el riesgo de diabetes.

El mismo Manual indica que investigaciones han demostrado que el brócoli contiene una sustancia anticancerígena llamada sulforofano, compuesto que estimula el organismo a producir enzimas capaces de combatir el cáncer, al contrario del efecto que produce la vitamina E y otros antioxidantes, que inciden directamente sobre las moléculas que desencadenan el cáncer. También reduce

el riesgo de artritis y enfermedades del corazón; además, puede impedir la formación de cataratas y evitar el estreñimiento. Asimismo, es recomendable para quienes padecen de gota, debido a su gran contenido de calcio, hierro y vitamina C, tiene propiedades diuréticas, antinémicas, laxantes y depuradoras de la sangre, previene el infarto y controla la obesidad. Esta crucífera es rica en índoles y flavonoides. Los índoles influyen sobre las enzimas por su importante papel en el sistema de desintoxicación, favoreciendo la destrucción de toxinas y carcinógenos; también, tiene un alto contenido de fibra, proteínas y carotenos, especialmente betacarotenos, que le aportan propiedades antioxidantes. Es una fuente rica de vitaminas A y C, que contribuyen al buen funcionamiento del sistema inmunológico del organismo y de vitamina K, esencial en la formación de ciertas proteínas indispensables en la coagulación de la sangre y ayuda a mantener la elasticidad de las arterias. Igualmente contiene ácido fólico, de gran importancia al ser imprescindible en los procesos de división y multiplicación celular. Esta hortaliza se consume en forma natural, cocida y en conserva.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar la respuesta agronómica de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota-Cota de la ciudad de La Paz.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento de las variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en tres densidades de plantación en ambiente atemperado.
- Evaluar el rendimiento de dos variedades de brócoli en ambiente atemperado.
- Determinar la relación beneficio/costo mediante la comparación de costos de producción para los diferentes tratamientos.

2.3 Hipótesis

Ho. El efecto de las distancias de trasplante y cultivares, no son significativos en el rendimiento del cultivo de brócoli.

Ho. El rendimiento en dos variedades de brócoli no muestra 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

Es originaria de las costas del Mediterráneo y Asia Occidental, donde actualmente se encuentran Grecia, Turquía Siria, de allí fue llevada a Inglaterra, Dinamarca, Holanda, Francia, España y Grecia. Su nombre proviene del término Italiano “broco” que quiere decir brote, en alusión a la parte comestible y preciada de la planta. Su diseminación por el mundo se les atribuye a los comerciantes y navegantes del mediterráneo, como también a los intercambios culturales que se dieron durante la expansión y consolidación de las culturas del Mediterráneo (griega, romana, musulmana entre otras) Jaramillo y Diaz, (2006).

El Brócoli tiene un ancestro en una planta silvestre que quizá llego 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 un 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).

3.1.1 Variedades de Brócoli

Según Quintero (1986), establece que el cultivo de brócoli esta poco extendido en el mundo; aunque existen otros países como Estados Unidos, Italia y Alemania en

donde tiene gran aceptación. En todos ellos cada día es mayor la importancia que el cultivo va adquiriendo desde el punto de vista industrial. Hoy existe en el mercado gran número de variedades aptas para el mercado fresco y para el congelado.

Entre las variedades adaptadas para el proceso de congelado y empaque Quintero (1986) indica que, las variedades existentes de brócoli son híbridas, las plantas no producen semillas. En general, estas variedades se clasifican, según su ciclo (entre 50 y 150 días), en tempranas, medias y tardías. Las diferencias radican en color, tamaño de la planta y de la inflorescencia, en el grado de desarrollo de los brotes laterales, en su adaptabilidad a los diversos climas y suelos, y en sus características genéticas.

Entre las variedades adaptadas para proceso de congelado y empaque Quintero (1986) nos dice: Earlyde Cicco, Walthsm, Corvet F-1, Lluocat, Morada y Legacy.

Según Jaramillo y Diaz (2006), Actualmente, los híbridos son preferidos por los supermercados, porque producen una pella y cabeza principal de aproximadamente 300 a 400 gramos de peso; entre los más utilizados en el país están: Marathón, Marathón Performax, Legacy, Pyrate, Shogún, Coronado, Patriot, Fiesta y Conde, con un ciclo vegetativo entre 65 y 75 días.

a. Legacy

Se caracteriza principalmente por producir plantas de buen vigor y alto potencial de rendimiento, sus tallos son fuertes y no posee ramificaciones laterales, las cabezas son domos bien formados de grano liso, se adapta muy bien a regiones de clima frío, y se lo utiliza para mercados locales y extranjeros. (Haro y Maldonado, 2009).

b. Híbrido UG 2111

Es el híbrido líder en el mercado por su adaptación y consistentes rendimientos. UG 2111 es el brócoli que ha marcado el referente tanto para la industria del

congelado como para el mercado fresco. UG 2111 es una planta vigorosa, cabezas bien domadas, con grano fino y gran peso de color verde azulado. Su uniformidad de cabezas le da un beneficio para el empaque en caja para fresco y un buen aprovechamiento de floretes para el proceso. Tiene un ciclo de 85-90 días después del trasplante. (Seminis, 2012).

c. Domador

Este híbrido posee la habilidad de superar las etapas de transición, entre invierno y verano, es decir no se ve afectado cuando se siembra en las postrimerías del invierno, con temperaturas bajas, debiendo cumplir con su ciclo fisiológico en climas más calientes. Es un híbrido que en la temporada invernal presenta grano fino, su maduración es intermedia. (Haro y Maldonado, 2009).

d. Brócoli híbrido Di Cicco

Híbrido de gran adaptabilidad a las diferentes zonas de 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, cabeza compacta y de granos finos con color verde. (Seminis, 2012).

e. Brócoli híbrido Pirata

Híbrido líder en el mercado peruano, ideal para el consumo fresco, de gran adaptabilidad a las diferentes zonas de cultivo, con buena presentación y duración postcosecha, planta vigorosa y rustica, presenta alta uniformidad y productividad, ideal para el mercado en 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. (Seminis, 2012).

3.2 Importancia del Brócoli

Es importante en la alimentación humana por su valor nutricional y en la medicina natural. Se ha reportado que tiene propiedades antivirales y por su contenido de cromo ayuda a regular la insulina y el azúcar en la sangre, reduciendo el riesgo de diabetes.

Esta crucífera es rica en índoles y flavonoides. Los índoles influyen sobre las enzimas por su importante papel en el sistema de desintoxicación, favoreciendo la destrucción de toxinas y carcinógenos; también, tiene un alto contenido de fibra, proteínas y carotenos, especialmente betacarotenos, que le aportan propiedades antioxidantes. (Jaramillo N. J. E.; Diaz, D. C.A., 2006).

Es una fuente rica de vitaminas A y C, que contribuyen al buen funcionamiento del sistema inmunológico del organismo y de vitamina K, esencial en la formación de ciertas proteínas indispensables en la coagulación de la sangre y ayuda a mantener la elasticidad de las arterias. Igualmente contiene ácido fólico, de gran importancia al ser imprescindible en los procesos de división y multiplicación celular. Esta hortaliza se consume en forma natural, cocida y en conserva. (Jaramillo N. J. E.; Diaz, D. C.A., 2006).

El brócoli es llamado “la joya de la nutrición” por ser rico en vitaminas y fibra y pobre en calorías. Componentes como el indol-carbinol y el sulforafane incrementan la actividad de enzimas protectoras, especialmente la quinona reductasa que previene la formación de tumores cancerosos. Las vitaminas A y C reducen y previenen los daños en las células provocados por los radicales libres, subproductos del metabolismo, que en cantidades excesivas favorecen enfermedades como la artritis, el mal de Alzheimer y diversas cardiopatías (Vecchio, 1995).

Por un alto contenido en fibras solubles, el brócoli ayuda a combatir la diabetes, ya que aquellas ralentizan la absorción de glucosa en el intestino; y el cáncer de colon, debido a que acelera el tránsito intestinal de carcinógenos contenidos en la materia fecal. Como contiene más vitamina C que la leche, controla eficientemente

la función muscular y la formación de masa ósea, previniendo la osteoporosis. Por su bajo contenido en calorías ayuda a luchar contra la obesidad y todas sus enfermedades asociadas (Vecchio, 1995).

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

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 (Callisaya, 2000).

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
(mg/100 g de producto fresco y cocido)

Composición	Brócoli	Repollo	Coliflor
Vitamina C			
Fresco	118,00	40,00 – 81	50,0 – 91,00
Cocido	29,0 – 109,00	2,0 – 31,00	228,00
Caroteno			
Fresco	2,10	0,0 – 0,05	0,0 – 0,300
Cocido	0,90 – 2,10	0,0 – 0,05	0,0 – 0,200
Tiamina			
Fresco	0,10	0,04 – 0,06	0,11 – 0,12
Cocido	0,03 – 0,09	0,02 – 0,08	0,08
Riboflavina			
Fresco	0,21	0,02 – 0,05	0,10 – 0,12
Cocido	0,06 – 0,24	0,02 – 0,08	0,08
Niacina			
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

100 gr de porción comestible		
Componentes	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	335
Vitamina A (IV)	1,152	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

Componente	Brócoli crudo Unidad	Brócoli cocido Unidad
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 kcal	27,78 kcal

Fuente: Gebhardt y Matthews (1998) mencionado por Callisaya, (2000).

Los componentes con mayor cambio en el contenido nutricional del crudo o cocido son: calcio, fosforo, 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 está presente.

3.3 Requerimientos del cultivo

a. Clima

Por ser originario de una región sub-húmeda temperada, está adaptado para funcionar óptimamente en condiciones de temperaturas moderadas, con agua fácilmente disponible, humedad relativa de media a alta y luminosidad moderada. La planta tolera heladas suaves, pero al estar la inflorescencia presente se produce congelación y posterior pudrición de flores.

Las plantas de brócoli, cuando están en periodo vegetativo, al ser expuestas a altas temperaturas, no presentan ningún daño, pero temperaturas por encima de 26° C a partir del inicio de la etapa reproductiva, empiezan a presentarse síntomas de daño por calor (Jaramillo y Diaz, 2006).

En general, el crecimiento de esta especie es muy rápido, a temperaturas por encima de 20° C durante la formación de inflorescencia, siendo necesario cosecharlo a tiempo, para evitar la apertura de las yemas florales. No resiste las heladas severas y no produce bien sus yemas florales a temperaturas superiores a 30° C.

Contrariamente, las temperaturas bajas en la etapa vegetativa, por debajo de 5° C, inducen a las plantas a formar estructuras florales prematuras, pequeñas, deformes, de grano grueso y de menor calidad; durante la fase reproductiva, causan trastornos en el color de las florecillas y hay una tendencia a deformar el domo (Jaramillo y Diaz, 2006).

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.

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 a 3 días respectivamente. Las temperaturas ambientales para su desarrollo son de 15 a 25° C, siendo una

óptima de 17° C. A temperaturas de 0° C y mayores a 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. con 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 2.000 con temperaturas promedio de 15 a 20° C.

Vigliola (1996), señala que las temperaturas de crecimiento son las siguientes: Óptima de 16 - 18° C, mínima de 3° C y máxima de 44° C.

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).

Las condiciones de iluminación, humedad y temperatura influyen enormemente en las diferentes fases de germinación, floración y maduración. De aquí la importancia de saber elegir las épocas más convenientes para el cultivo de brócoli (Krarup, 1992).

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. ó 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 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 arcillosos 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 (Vera y Vilaña, 2004).

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 m³/ha y en riego localizado 858 m³/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 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 del brócoli depende de la variedad con la que se está trabajando, hay variedades muy susceptibles y otras como la variedad Legacy que soporta un máximo 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 anual, de habito de crecimiento erecto, con una altura entre 60 y 90 cm., y termina en una masa de yemas funcionales.

Esta necesita vernalización para producir el vástago floral. La parte comestible es una masa densa de yemas florales de color verde grisáceo o morado, que puede alcanzar un diámetro de 20 a 35 cm, dependiendo del cultivar.

Los brócolis difieren principalmente de las coliflores, en que, además de rematar sus tallos principales en una masa globulosa de yemas hipertrofiadas, lateralmente en las axilas de las hojas, pueden desarrollar brotes hipertrofiados de yemas florales, de tamaño menor que el de la cabeza principal; estos aparecen de forma paulatina y escalonada, generalmente tras el corte del cogollo principal que pueden ser comercializados haciendo manojos (Jaramillo y Diaz, 2006).

a. Raíces

Son ramificadas, profundas, extendiéndose alrededor del tallo de 45 a 65 centímetros (Jaramillo y Diaz, 2006).

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

Según Jaramillo y Diaz (2006), los tallos del brócoli son herbáceos, cilíndricos; el tallo principal es relativamente grueso (3 a 6 cm diámetro), de 20 a 50 cm de alto, sobre el cual se disponen las hojas en forma helicoidal, con entrenudos cortos.

c. Hojas

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

Para Jaramillo y Diaz (2006), las hojas son de color verde oscuro, rizadas, festoneadas con ligerísimas espículas, usualmente alternas, simples o compuestas, enteras a variadamente lobuladas o dentadas, sin estipulas, de lámina foliar amplia, de color verde, cerosas, insertas en forma alterna y a distancias cortas, formando entrenudos cortos, lo que permite forma de roseta.

d. Inflorescencia

Primaria, conformada por flores dispuestas en un corimbo principal. Los corimbos son de color verde claro a purpura, según el cultivar.

Las flores son de color amarillo sobre inflorescencias racimosas de polinización alógama (Jaramillo y Diaz, 2006).

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

Las flores son perfectas, actinomorfas con cuatro pétalos libres de color amarillo y dispuestas en forma de cruz, a pesar de tener flores perfectas existe cierto grado de auto incompatibilidad, el tipo de polinización es cruzada y la realizan los insectos (Hidalgo, 2006).

e. Cabeza o Pella

Es la parte comestible de la planta la cual es una masa densa de yemas florales de color verde grisáceo o morado, que puede alcanzar un diámetro de 20 a 35 cm; dependiendo del cultivar. Sin embargo, las cabezas de los rebrotes solamente alcanzan 10 cm.

El grado de compactación es menor, presentando pellas más abiertas y los granos de los manojos son fisiológica y morfológicamente estados preflorales más avanzados que los de la coliflor; la pella no está cubierta por hojas, es de menor tamaño y esta sobre un tallo floral más largo (Jaramillo y Diaz, 2006).

f. Fruto

Para Jaramillo y Diaz (2005), es una silicua (pequeña vaina) de color verde oscuro cenizo, que mide en promedio 3 a 4 cm. y que contiene de tres a ocho semillas por silicua.

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.

g. Semillas

Tienen forma de munición y miden de 2 a 3 mm. de diámetro.

Un gramo de semilla contiene aproximadamente 350 semillas (Jaramillo, *et al.* 2005).

3.4.1 Clasificación Taxonómica del Brócoli

Según Rueda (1996), la clasificación botánica y taxonómica del brócoli es:

Orden:	Caprales
Familia:	Brassicaceae
Género:	<i>Brassica</i>
Especie:	<i>Oleracea</i>
Nombre Común:	Brócoli

3.5 Sistemas de siembra

Puede ser establecido de forma directa o trasplante, pero actualmente la mejor forma de establecimiento es a través de trasplantes, debido que las nuevas variedades requieren de la siembra en charolas para aprovechar el 100% de la semilla que se compra a las casas comercializadoras (Santoyo y Martínez, 2011).

3.6 Densidad de plantación

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 se recomienda una distancia entre planta de 0,30 a 0,35 m (3 plantas/m).

Según Galeon (2012), 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.

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:

- a) **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.
- b) **La competencia intra vegetal** efecto de la población de la planta misma, afecta a las distintas partes de la planta, generalmente afectando al tamaño de la flor y el fruto porque es necesario tener una densidad óptima para cada especie.

3.6.1 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 (2 mm), 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.

3.6.2 Siembra Indirecta

a) Siembra en almácigos 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 desarrollada 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).

Según Sánchez (2004), este método es el más utilizado por las ventajas que proporciona como ser el ahorro de semillas, desarrollo uniforme, buena calidad de plántulas, desarrollo radicular dirigido y conociendo la cantidad exacta de semillas a sembrar y de plántulas a trasplantar, se permite una mayor planificación de las siembras en campo.

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 (Sánchez, 2004).

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).

c) Siembra en bandejas

Krarup (1992), menciona que se 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.

d) 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 sembrados 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 esa 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).

Hartman (1989), destaca las labores de subsolador a unos 50 cm, seguido de un vertedero de 40 cm. Posteriormente se darán unas labores complementarias de grada o cultivador, para dejar de este modo el suelo bien mullido. Se realizaran camellones separados entre sí de 0.8 a 1 m, según el desarrollo de la variedad que se va a cultivar.

e) Trasplante

Bussard (2004), señala que se realiza a raíz desnuda cuando las plántulas tienen de 5 a 6 hojas verdaderas es decir de 0,15 a 0,20 m de altura o de 35 a 42 días de siembra. De una forma más tecnificada la plántula se lleva al campo con pan de tierra, para evitar el stress producido por el “saque” de la misma. Se deberá tomar en cuenta que la edad de la plántula no debe sobrepasar la sexta semana.

Jaramillo y Díaz (2006), mencionan que estas especies son fáciles de manejar en el trasplante, por la resistencia que presentan a las condiciones de estrés en el campo.

El momento de trasplante está determinado por el tamaño de la plántula; bajo el sistema de bandejas se obtienen plántulas de excelente calidad, listas para el trasplante con alturas de 10-12 cm y con cuatro hojas verdaderas, a los 20-25 días después de la germinación. También menciona que la mejor época es cuando la plántula ha desarrollado la tercera ó cuarta hoja verdadera; se seleccionan los más desarrollados y con mejor sistemas radiculares. Las plantas procedentes de semilleros muy abonados, especialmente con abonos nitrogenados, adelantan el

desarrollo, pero dan mayor porcentaje de pellas deficientes. No es conveniente utilizar plantas ahiladas, muy altas y con poco vigor.

3.7 Labores culturales

a) Preparación del terreno

Hartman (1990). Destaca las labores de subsolador a unos 50 cm, seguido de un vertedero de 40 cm. Posteriormente se darán unas labores complementarias de grada o cultivador, para dejar de este modo el suelo bien mullido. Se realizaran caballones separados entre sí de 0.8 a 1 m, según el desarrollo de la variedad que se va a cultivar.

Gómez (1986). Buscando la rotación de cultivo de brócoli, recomienda los cultivos más adecuados como son: papas, cebollas, tomates, melones, maíz, etc. Deben evitarse las rotaciones con otras crucíferas como rábanos, repollos, nabos, etc.

b) Control de malezas

Jaramillo y Díaz (2006), la época crítica para el control de malezas, son los primeros cuarenta y cinco días después del trasplante, siendo necesario en algunos casos realizar hasta dos desyerbas; la primera se hace a los 15 – 20 días después del trasplante, al momento de aplicar la fertilización química, si las malezas en el cultivo no interfieren con el desarrollo del mismo, es recomendable dejar estas para el refugio de enemigos naturales reguladores de plagas que afectan el cultivo.

Maroto (1995), 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 ma¹/ha en pre plantación; Alacor, a la dosis de 2-3 kg de ma¹/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 ma¹/ha.

En las especies de almacigo-trasplante es importante partir con un cultivo limpio, por lo que es recomendable utilizar herbicidas incorporados al suelo en pre trasplante. Para el control de las malezas gramíneas y hoja ancha se recomienda utilizar Herbadox (pendimethalin) en dosis de 3 l de producto comercial/ha, más una o dos limpiezas manuales (Kher y Diaz, 2012).

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

c) 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 de evaluaciones periódicas, registros constantes, c) muestreo de las poblaciones de insectos con monitoreos cada 8 – 15 días, d) formas de muestreo, por observación ó contaje directo (número de insectos/m²) y por captura o trampeo, para tomar la decisión adecuada, como muestra el Cuadro 4.

Cuadro 4. Determinación del nivel de daño económico

PLAGA	NIVEL DE DAÑO ECONOMICO	ACCIÓN
Gorgojo de los andes	15/planta en aumento proporcional/ 3 evaluaciones quincenales	Iniciar la aplicación química, seguida de 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.
Mosca 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.
Polilla de la papa y tomate	8 adultos/trampa de feromona	Intensificar uso de trampas y labores culturales.
Enfermedades	Hongos (monitoreo en 10 plantas) al 50%	Inicio de aplicación de fungida.

Fuente: Ruiz (2007)

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

d) Riego

Kher y Diaz (2012), en brassicas en general se puede utilizar riego por aspersion al comienzo del cultivo, y luego cuando las plantas tengan un mayor tamaño, se puede instalar riego por cintas o riego por surcos cuando no hay limitante de agua, y regar hasta la cosecha.

Jaramillo y Diaz (2006), es necesario asegurar un abundante suministro de agua, sobre todo durante la fase de germinación, desarrollo de plántula, al momento de trasplante y durante la etapa de formación de cabeza. En épocas secas, se hace necesario un riego por semana. Pero este dependerá del tipo de suelo, de su capacidad de retención de humedad y de su tasa de infiltración.

Aunque es conveniente llevar los registros de precipitación y evaporación para definir acertadamente las necesidades de riego, hay necesidad de determinar cantidad de agua y frecuencia de riego.

No se conocen exactamente las necesidades hídricas del cultivo, aspecto que también dificulta la decisión de cuanto y cuando regar, pero el máximo crecimiento y rendimiento se logra solo cuando se provee a la planta de una buena cantidad de agua a lo largo del ciclo productivo, recordando que la etapa fenológica de mayor demanda de agua es la época de formación de cabeza; un déficit en esta etapa ocasionara reducciones en los rendimientos.

Se debe disponer de agua para riego en las épocas secas; agua de alta calidad, libre de contaminantes biológicos y químicos.

Un sistema de riego apropiado es el de cinta, que humedece el follaje, es un sistema económico y eficiente que permite un ahorro de agua. En este punto no se tienen datos específicos sobre la cantidad de agua requerida. Sin embargo, los requerimientos son elevados, siendo su etapa crítica en los primeros estados de desarrollo (desde el trasplante hasta los 55 días). (Jaramillo y Diaz, 2006).

e) Aporque y Escarda

Sánchez (2004), indica que el termino 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.

Valadez (1997), 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.

A los 10 días de trasplantado se escardilla, se aporca y se hace una carpida antes de cosecharlo. Se hace un riego por surco una vez por semana en primavera y verano. En invierno se riega poco, salvo que sea seco (Goites, 2008).

f) Cosecha

Según Goites (2008), se cosecha la inflorescencia principal y luego las laterales, en forma manual con un cuchillo, cuando las inflorescencias estén bien desarrolladas, compactas y las yemas sin abrir.

Sobrino I. Sobrino V. (1989), señala que con el fin de no perder la calidad del producto, por el manejo y roces hasta la comercialización, deben cosecharse con el número de hojas exteriores necesario para su protección.

La recolección de los brócolis es manual y comienza con el corte de las inflorescencias principales, las cuales se cortan con una longitud de tallo de aproximadamente 8 a 10 cm., eliminándose parte del follaje, de acuerdo con los requerimientos del mercado (Jaramillo y Diaz, 2006).

g) Poscosecha

Jaramillo y Diaz (2006), mencionan que los procesos poscosecha son todas aquellas prácticas que se realizan desde la recolección del producto hasta el momento antes de que lo adquiera el consumidor final; sus objetivos son garantizar la inocuidad y asegurar la calidad final de las hortalizas.

El mismo autor menciona que las cabezas cosechadas se acomodan en canastillas plásticas, teniendo cuidado de no maltratar las pellas, depositándolas con cuidado y sin colocar más de dos tendidos del producto en cada canastilla. Después de la recolección y de forma permanente, se debe procurar una humedad constante de las cabezas para evitar su deshidratación y decoloración, esta operación se realiza con agua de buena calidad.

Barahona (1998), indica que 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.

3.8 Rendimiento

Según Ospina (1995), una producción de 36.000 kg/ha se considera normal.

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

3.9 Fases del cultivo

Según Vecchio (1995), menciona que en el desarrollo del Brócoli se pueden considerar las siguientes fases:

a) Crecimiento

Vecchio (1995) también menciona que es la etapa 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 (Vecchio, 1995).

c) Formación de pellas

El mismo autor (Vecchio, 1995) sostiene que 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 (Vecchio, 1995).

e) Fructificación

Es la fase donde la planta llega a formar los frutos del tipo “silicuas” y dentro de ellas las semillas (Vecchio, 1995).

3.10 Plagas y enfermedades

3.10.1 Plagas

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

Los insectos son habitantes comunes en cultivos de crucíferas. Algunos de ellos limitan la producción o deterioran la calidad de la hortaliza a cosechar (Posada *et al.*, 1976).

Estos últimos son las denominadas plagas, ya que conducen al agricultor a invertir en medidas de control. Otros por el contrario, pasan desapercibidos o sus daños no revisten importancia económica.

Dentro de las plagas más comunes en el cultivo de brócoli podemos mencionar las siguientes:

a) Minador (*Liriomyza huidobrensis*)

Agente causal: Pequeñas moscas del género *Liriomyza*. Una vez que las larvas han finalizado su desarrollo realizan la fase de pupa, bien en las propias hojas o dejándose caer al suelo. Posteriormente salen los adultos para repetir el ciclo (Blancard, 1996).

Síntomas: Las hembras adultas hacen posturas en el interior del tejido de hojas jóvenes, aquí se desarrollan las larvas que se alimentan del parénquima foliar produciendo galerías, que posteriormente se necrosa (Blancard, 1996).

Control: Mantener el suelo libre de malezas, implementación de trampas amarillas adhesivas o aplicación de productos cuyo ingrediente activo sea Acefato (Blancard, 1996).

b) Tríps (*Frankliniella occidentalis*)

Los adultos colonizan los cultivos realizando las puestas dentro de los tejidos vegetales en hojas, frutos y, preferentemente, en flores (son florícolas), donde se localizan los mayores niveles de población de adultos y larvas nacidas de las puestas. Los daños directos se producen por la alimentación de larvas y adultos, sobre todo en el envés de las hojas, dejando un aspecto plateado en los órganos afectados que luego se necrosan (Blancard, 1996).

Control preventivo y técnicas culturales: Colocación de mallas en las bandas del invernadero. Limpieza de malas hierbas y restos de cultivo. Colocación de trampas cromáticas azules (Blancard, 1996).

c) Pulgones (*Aphis gossypii*)

Son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Presentan polimorfismo, con hembras aladas y ápteras de reproducción vivípara. Las formas ápteras del primero presentan sífonos negros en el cuerpo verde o amarillento. Forman colonias y se distribuyen en focos que se dispersan, principalmente en primavera y otoño (Blancard, 1996).

Control preventivo y técnicas culturales: Colocación de mallas en las bandas del invernadero. Eliminación de malas hierbas y restos del cultivo anterior. Colocación de trampas cromáticas amarillas (Guzmán, 1987).

d) Defoliadores (*Spodoptera sp.*)

Es considerada una plaga aérea, ya que los daños son siempre sobre los órganos superiores. Mordisquean el limbo foliar, dejando las nervaduras.

Control: Pueden ser controladas con bioinsecticidas a base *Bacillus thuringensis*, cuando las plantas están pequeñas es recomendable el uso de cebos con afrecho melaza e insecticidas como Carbaryl y Dipterex (CABI, 2007).

e) Gusanos cortadores (*Agrotis spp.*)

Es una mariposa de color blanco, cuya oruga de color gris de unos 2 – 3 cm. provoca cortaduras a nivel del cuello de la raíz, llegando a veces a cortar íntegramente el tallo. Es una oruga nocturna, y durante el día penetra unos pocos cm en el suelo.

Control: se debe realizar mediante aplicaciones y fumigaciones de Cipermetrina al suelo y al cuello de la raíz (Blancard, 1996).

f) Nematodos (*Meloidogyne spp.*)

Los más abundantes pertenecen al género *Meloidogyne sp.* Aunque podrían atacar también nematodos de otros géneros como *Aphelenchus* *Bracylechus*, etc. Afectan prácticamente a todos los cultivos hortícolas, produciendo los típicos nódulos en las raíces que le dan el nombre común de “batatilla”. Penetran en las raíces desde el suelo (Denisen, 1987).

Esto unido a la hipertrofia que producen en los tejidos de las mismas, da lugar a la formación de los típicos “rosarios”. Estos daños producen la obstrucción de vasos e impiden la absorción por las raíces, traduciéndose en un menor desarrollo de la planta. se distribuyen por rodales o líneas y se transmiten con facilidad por el agua de riego, con el calzado, con los aperos y con cualquier medio de transporte de tierra. Además, los nematodos interactúan con otros

organismos patógenos, bien de manera activa como vectores de virus (Denisen, 1987).

Control preventivo y técnicas culturales: utilización de variedades resistentes. Desinfección del suelo en parcelas con ataques anteriores. Utilización de plántulas sanas (Suquilanda, 1996).

3.10.2 Enfermedades

a) Marchites fungosa (*Verticillium dahliae*)

Es un hongo presente en el suelo con capacidad de penetrar a la planta a través de sus raíces o bien puede diseminarse a partir de estacas infectadas. Prefiere temperaturas bajas para su desarrollo. Ataca a varias especies botánicas. Los síntomas el patógeno se desarrolla en los vasos conductores de la planta por lo que su acción es dificultar o anular el transporte de savia dentro de la planta, como consecuencia se produce un retraso en el desarrollo y posteriormente una marchites visible de la planta. Al cortar los tallos infectados, se nota un oscurecimiento interno de la zona vascular, permaneciendo el resto de la planta normal (Denisen, 1987).

Control: Todas las medidas a tomar para el control de este hongo son de tipo preventivo. Ya que una vez que infecta a la planta no es posible combatirlo de manera práctica, ni rentable. A partir de esto las medidas a tomarse serán:

- No debe extraerse nunca material para la multiplicación de las plantas sospechosas o enfermas.
- Practicar la rotación de cultivos con cereales o bulbos, especies poco sensibles al patógeno.

Si el suelo está infectado, el único recurso disponible es su desinfección química o por solarización evaluando antes la rentabilidad de estas prácticas (CABI, 2007).

b) Oídio (*Leveillula taurica*)

Es el amarillamiento de las hojas que se extiende en forma progresiva hasta producir el secamiento y muerte de las plantas, es indispensable la presencia de un técnico para diferenciar el amarillamiento por posibles deficiencias nutricionales, se puede aplicar Propiconazol (Topas) al follaje (CABI, 2007).

Control: el control preventivo es el mejor a base de azufres mojables y buen manejo de riego. Fungicidas del grupo de los triazoles, pirimidinas, estrobirulinas.

c) Alternaria (*Alternaria brassicae* Berk.)

Los primeros síntomas se pueden observar al nacer los cotiledones y en la aparición de las primeras hojas. Se forman unas manchas negras de un centímetro de diámetro. Con anillos concéntricos más fuertes de color.

Control: cada 7 – 10 días dar tratamientos preventivos con alguno de los productos siguientes: Oxiclورو de cobre, Mancozeb, Propineb. Una vez que aparece la enfermedad se tratará con Clorotalonil 5%, presentado como polvo para espolvoreo a una dosis de 20 kg/ha (s/a, 2012).

d) Hernia o potra de la col (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)

Esta enfermedad ataca a las raíces que se ven afectadas de grandes abultamientos o protuberancias. Como consecuencia del atrofiamiento que sufren los vasos conductores, la parte aérea no se desarrolla bien y las hojas se marchitan en los momentos de mayor sequedad en el ambiente para volver a recuperarse más tarde cuando aumenta la humedad.

Si arrancamos las plantas afectadas por la enfermedad aparecen malformaciones de las raíces (alargamiento de las zonas carnosas y formación de excrecencias) y raicillas que al principio son de color blanco en su interior, después se hacen grisáceas y al final sufren podredumbre blanda.

Al cabo de cierto tiempo el hongo produce innumerables esporas que son las que reproducen la enfermedad en la primavera siguiente.

Control: los suelos de naturaleza son desfavorables para esta enfermedad, pudiendo realizar encalados para mantener una inactividad temporal.

- Emplear variedades resistentes
- Desinfectar el suelo
- Eliminar plantas atacadas en el momento del trasplante
- Realizar rotaciones en los terrenos donde existe la enfermedad, evitando la plantación de especies susceptibles (s/a, 2012).

e) Mancha angular (*Mycosphaerella brassicicola*)

En las hojas viejas se forman unas manchas circulares que pueden alcanzar 2 cm de diámetro, de color oscuro y aspecto acorchado.

Control: emplear semillas exentas de la enfermedad y tratar las semillas. Tratamientos preventivos con alguno de los productos siguientes: Oxiclورو de cobre, Mancozeb, Propineb (s/a, 2012).

3.11 Ambiente atemperado

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 (1991), 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 Carpa solar

La carpa solar es una construcción abrigada, rústica, sencilla de hacer y bastante económica, en la que podemos producir hortalizas o verduras frescas durante todo el año, protegidas del clima (frio y granizo) (APROSAR, 2015).

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 a 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.

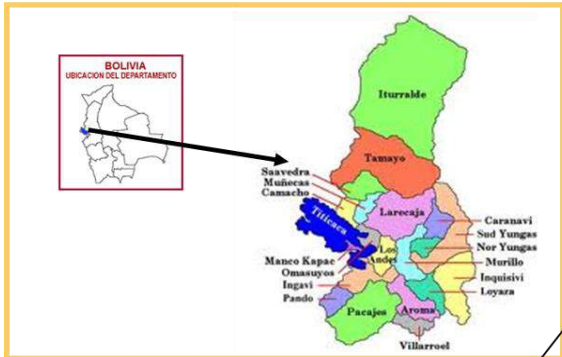
La zona de estudio se encuentra ubicada a 15 km, del centro de la ciudad de La Paz que contempla los siguientes parámetros geográficos: presenta una altitud de 3400 m.s.n.m. y sus coordenadas referenciales son 16°32´ Latitud Sur y 68°8´ Longitud Oeste (SENAMHI, 2012).

Presenta un clima medianamente frío y semi-seco por lo general con una temperatura máxima de 21,5°C, temperatura media 11,5°C, temperatura mínima 0,6°C, con frecuencia se dan heladas leves, 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, 2012).

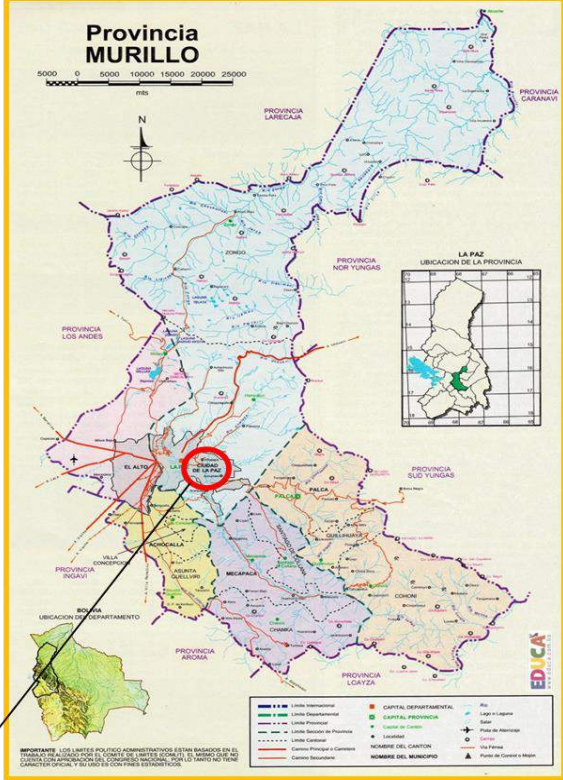
1. BOLIVIA



2. DEPARTAMENTO DE LA PAZ



3. PROVINCIA MURILLO



4. Centro Experimental Cota Cota



Figura 1. Ubicación geográfica del ambiente atemperado del Centro Experimental de Cota Cota

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material Vegetal

Para el presente trabajo de investigación se utilizó semilla fiscalizada de brócoli (*Brassica oleraceae*) de las variedades Legacy y UG-2111, los cuales fueron adquiridos de la Semillería “AGROTECNICA” en la sucursal de la avenida Republica Zona Sud de la ciudad de Cochabamba.

a) Brócoli híbrido LEGACY

La variedad “Legacy” ha tenido un buen desarrollo en las regiones productoras de brócoli de Bolivia, y la razón principal es que se adapta con excelentes resultados a zonas altas. Se caracteriza por tener una pella bien formada que permite cortes de tallos relativamente cortos, con flores (cabezas) de consistencia firme, de grano pequeño lo que la hace más compacta, forma adecuada y un color verde grisáceo (Semini, 2012).

Se desarrolla bien en suelos de textura ligera, pH óptimo entre 5,5 y 6,8, presenta resistencia alternaria, mildiu polvoso y peronospora parasítica. En áreas frías se adapta de 2200 a 2700 m.s.n.m., su ciclo luego del trasplante esta entre 75 a 80 días y bajo condiciones óptimas de manejo supera las 32 tn/ha (Semini, 2012)

a) Brócoli híbrido UG 2111

Es el híbrido líder en el mercado por su adaptación y consistentes rendimientos. UG 2111 es el brócoli que ha marcado el referente tanto para la industria del congelado como para el mercado fresco. UG 2111 es una planta vigorosa, cabezas bien domadas, con grano fino y gran peso de color verde azulado. Su uniformidad de cabezas le da un beneficio para el empaque en caja para fresco y un buen aprovechamiento de floretes para el proceso. Tiene un ciclo de 85-90 días después del trasplante. (Semini, 2012)

5.1.2 Material de campo

El trabajo se realizó en una carpa solar, donde a un inicio se procedió a hacer la preparación del terreno (Figura 2) con la ayuda de una pala, picota, rastrillo y carretilla, la profundidad de labranza fue de 30 cm, luego se utilizó cordones y estacas para delimitar el área experimental con sus respectivas unidades experimentales, también se utilizó marbetes para la identificación de las plantas muestra, cámara fotográfica, libreta de campo, vernier digital, balanza electrónica, y planilla de registros para la toma de datos durante el seguimiento del estudio.



Figura 2. Preparación del suelo en el área experimental

5.1.3 Material de gabinete

Para el análisis estadístico de los datos tomados por cada variable de respuesta propuestos, y para el cálculo de Análisis de Varianza y su prueba de significancia se utilizó Laptop, impresora y programa Infosat (Versión: 02/08/2016) para en análisis de varianza de las respectivas variables.

5.2 Métodos

Previo a la siembra del material vegetal se realizó un muestro de suelo del área experimental para su posterior análisis en laboratorio.

Se hizo la recolección de 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 repitió el procedimiento hasta obtener una muestra de 1000 gramos de suelo. Posterior a eso se realizó el análisis físico químico del suelo en los laboratorios del 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 la arcilla 32% y finalmente el limo con el 32%, la cual se calificó como un suelo altamente productivo debido a que presentó alta capacidad de retención de humedad. La conductividad eléctrica en agua 0,188 dS/m. calificándose como, sin problemas de sales siendo que en este suelo prosperan los cultivos. El pH resultó débilmente ácido con una valoración de 6,21, lo cual es aceptable para el cultivo de brócoli. Es moderado la capacidad de intercambio catiónico con un valor de 18,62 meq/100 g, lo que nos indica que existe predominancia de cationes de Ca, Mg y K, los cuales llegan a saturar los sitios de intercambio catiónico del suelo, estos resultados obtenidos son aptos en cuanto al contenido de nutrientes para el cultivo de brócoli. No se requería la adición de fosforo ya que según el análisis de suelo realizado presentó 33,31 ppm de dicho elemento. Casi de la misma manera el contenido de materia orgánica fue muy alto con un valor de 6,07% lo cual nos indica que no es necesario la adición de nitrógeno.

Con todos los datos mencionados anteriormente, se determina que la calidad del suelo es fértil y totalmente apto para implementar el cultivo de brócoli.

5.2.1 Delimitación de la parcela Experimental

De acuerdo al croquis y el diseño experimental planteado (Anexo 1) se hizo la delimitación de las unidades experimentales dejando un espacio entre bloques de 15 centímetros denominados pasillos

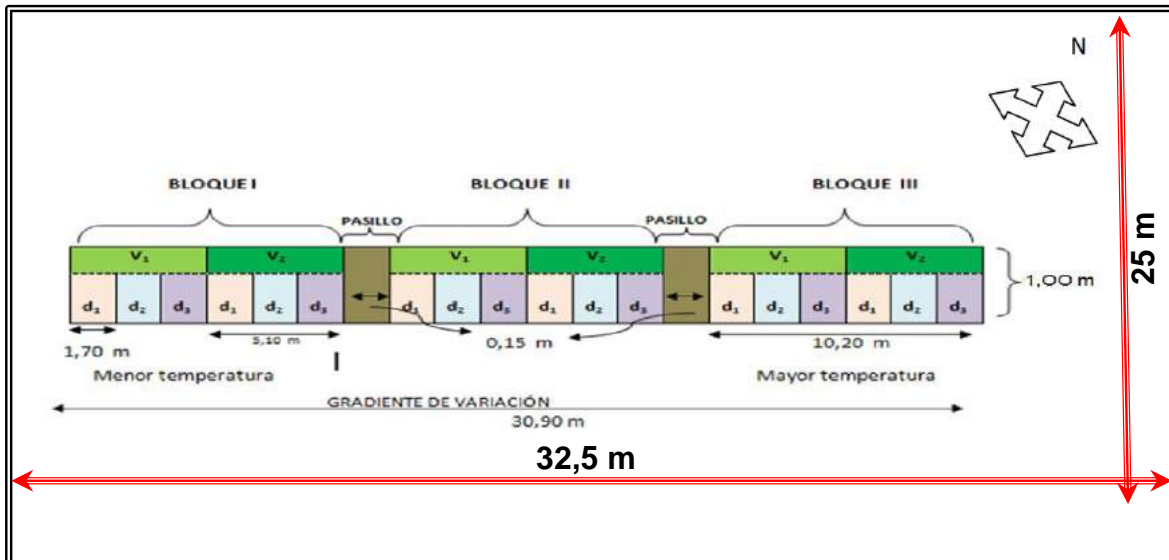


Figura 3. Distribución de los tratamientos en el ambiente atemperado

Como se muestra en la Figura 3 el área total del ambiente atemperado es de 812,5 m² de las cuales se usaron 30,9 m² para el presente trabajo de estudio en su etapa de campo. Además, se puede apreciar la distribución de los tratamientos resultantes de la combinación de los dos niveles del factor A (variedades de brócoli) con los tres niveles del factor B (densidades de plantación). En las parcelas mayores se encuentran distribuidas las variedades de brócoli (V₁: variedad LEGACY y V₂: variedad UG 2111), y dentro de las parcelas mayores se encuentran las parcelas menores que consisten en las densidades de plantación (d₁ = 17 plantas/m², d₂ = 11 plantas/m², d₃ = 8 plantas/m²).

Cabe mencionar que entre cada bloque existe un espacio denominado pasillo para su diferenciación.

5.2.2 Almacigado

El almacigado se realizó en una almaciguera elaborado en madera (Figura 4), utilizando sustrato en una relación 2:1:1:1 de limo, arena, turba y humus respectivamente, la turba fue de mucha importancia ya que este elemento ayudó a que el suelo este con cierta porosidad, por otro lado el humus contiene nutrientes fácilmente asimilables para las plántulas recién germinadas ayudando así al desarrollo post germinación, la profundidad de siembra fue de 0,2 a 0,5 cm a chorro continuo, se hizo el riego abundante posteriormente se cubrió con paja brava (Figura 5) para que ayude a mantener la humedad por debajo.



Figura 4. Almaciguera de madera de dimensiones de 0,50 m por 1 m y una altura de 0,70 m.



Figura 5. Cobertura con paja brava para dar sombra y evitar la pérdida excesiva de humedad

5.2.3 Trasplante

Las plántulas emergieron a los 5 días después de la siembra (Figura 6). Este paso se realizó de acuerdo a las recomendaciones que hacen Jaramillo y Díaz (2005), los cuales mencionan que para realizar el trasplante respectivo las plántulas deberán tener de 4 a 5 hojas verdaderas y una altura promedio de 15 a 20 cm a 30 días luego de la emergencia (Figura 7).



Figura 6. Emergencia de las plántulas a los 5 días después de la siembra.



Figura 7. Plántulas listas para el trasplante.

La actividad se realizó de manera manual depositando la plántula en el suelo en fecha 07 de abril de 2014, a tres densidades de plantación: densidad 1=30x20, densidad 2=30x30 y densidad 3=30x40 cm entre surcos y entre plantas respectivamente. Luego de haber realizado el trasplante se realizó el riego.

5.2.4 Instalación del sistema de riego por goteo

Se hizo la instalación del sistema de riego por goteo (Figura 8) usándose 4 cintas de goteo separados a 30 cm una de la otra a recomendación de Porco y Terrazas, (2009) las cuales humedecieron el suelo en forma de manchas circulares que se unieron entre ellas y logrando un riego uniforme, a capacidad de campo.



Figura 8. Instalación del sistema de riego por goteo

5.2.5 Labores culturales

a) Aporque

Se realizó un aporque con la finalidad de airear y dar más porosidad al suelo dando también cobertura a las raíces para que no queden al descubierto.

b) Riego

El riego se aplicó desde el momento del trasplante mediante un sistema de riego por goteo con 4 cintas homogéneamente y a capacidad de campo en todas las unidades experimentales.

c) Control fitosanitario

Constantemente se realizó el monitoreo de la parcela en estudio y 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

PLAGA	Nivel de daño económico	ACCIÓN
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).

Tomando en cuenta al anterior cuadro se hizo el monitoreo y se pudo evidenciar la baja presencia de estas dos plagas los cuales fácilmente fueron controlados manualmente a su debido tiempo sin llegar a causar complicaciones y daños al cultivo.

d) Toma de datos

Tomando en cuenta que había cultivos aledaños se procedió a hacer la selección y marcación de las muestras al azar aplicando el efecto de borde, de las cuales fueron registradas sus respectivas medidas de acuerdo a las variables de respuesta que se planteó a un inicio.

e) Cosecha

Se realizó cuando las pellas presentaban una coloración verde azulada, de manera homogénea con unas cuantas hojas para la protección de la inflorescencia. La cosecha se hizo durante la mañana para tener un alto grado de humedad y evitar su deshidratación, se usó una navaja y de manera manual se hizo el corte en el tallo a 20 cm de la pella o cabeza comercial.

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 (LEGACY y UG 2111) y los niveles del factor B las tres densidades de plantación.

$$X_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \lambda_j + \alpha\lambda_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

X_{ijk} = Una observación cualquiera.

μ = media poblacional.

β_k = efecto del k - esimo bloque.

α_i = Efecto del i - ésimo nivel de la variedad.

ε_{ik} = Error experimental de la parcela mayor (Ea).

λ_j = Efecto del j - esimo de la densidad de siembra.

$\alpha\lambda_{ij}$ = interacción de la i - ésima variedad con la j - ésima densidad de siembra.

ε_{ijk} = Error experimental de la parcela menor (Eb).

5.3.2 Factores de estudio

Los factores de estudio se muestran a continuación en el cuadro 6.

Cuadro 6. Factores de estudio con sus respectivos niveles.

Factores	Niveles
Factor A	$v_1 = \text{LEGACY}$
Variedades	$v_2 = \text{UG 2111}$
Factor B	$d_1 = 17 \text{ plantas/m}^2$
Densidad de plantación	$d_2 = 11 \text{ plantas/m}^2$
	$d_3 = 8 \text{ plantas/m}^2$

Fuente: Elaboración propia 2016

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. Lo tratamientos resultaron de la combinación de los factores en estudio, es decir; variedades y densidades de plantación como se observa en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Tratamientos en estudio

Tratamiento	Combinación Factor A*B	Descripción del tratamiento
T1	$v_1 d_1$	Legacy + 17 plantas/m ²
T2	$v_1 d_2$	Legacy + 11 plantas/m ²
T3	$v_1 d_3$	Legacy + 8 plantas/m ²
T4	$v_2 d_1$	UG 2111 + 17 plantas/m ²
T5	$v_2 d_2$	UG 2111 + 11 plantas/m ²
T6	$v_2 d_3$	UG 2111 + 8 plantas/m ²

Fuente: Elaboración propia 2016

5.4 Variables de respuesta

5.4.1 Variables climáticas

a) Temperatura

Se realizó la toma de datos de temperaturas mínimas y máximas en el ambiente con la ayuda de un termómetro.

5.4.2 Variables Agronómicas

a) Prueba de germinación

Se realizó la prueba de germinación en el laboratorio de semillas del INIAF Departamental La Paz utilizando cámaras de germinación para obtener el porcentaje exacto de semillas germinadas en tres repeticiones de 100 semillas.

b) Porcentaje de prendimiento

A los 10 días posteriores al trasplante se hizo la observación y toma de datos, se contabilizaron el total de plantas muertas para luego representarlos en porcentaje.

c) Altura de planta a la cosecha

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, con la ayuda de un flexómetro.

d) Diámetro de tallo

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

e) Diámetro de inflorescencia

Se hizo la medición con un vernier digital al momento de la cosecha, se midió el diámetro de la inflorescencia principal de cada una de las plantas muestreadas.

f) Días a la madurez

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.

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

g) Peso promedio de la inflorescencia

En una balanza se pesó la inflorescencia de cada una de las muestras seleccionadas al azar.

h) Rendimiento en cabeza comercial

Para su evaluación se pesaron 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/m², la cual se transformó a kg/ha, considerando el total de las plantas por unidad experimental.

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

i) Análisis económico parcial

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

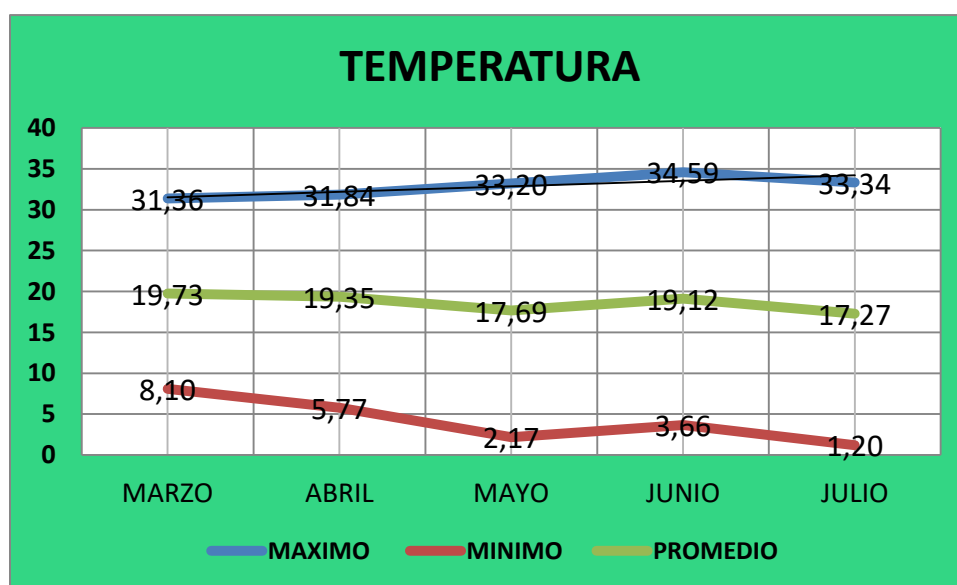
El trabajo de investigación se inició en el mes de marzo del 2014, y se concluyó a finales del mes de julio del mismo año, siendo un total de 120 días de trabajo en campo.

A continuación se presentan los resultados y discusiones de cada una de las variables evaluadas

6.1 Comportamiento de la temperatura durante la evaluación

Se observa en la Figura 9. La uniformidad de temperaturas entre promedios, la temperatura máxima se evidenció en el mes de junio alcanzando 34,5°C, la temperatura mínima en el mes de julio con un valor de 1,2°C. Haciendo una media general de 18,6°C.

Figura 9. Temperaturas del ambiente atemperado durante la evaluación



Fuente: Elaboración propia 2016

Según Sonora (2016), el brócoli se adapta mejor a temperaturas promedio de 16°C (60°F). El rango óptimo está entre 15 y 25°C (59 y 77°F). También, soporta temperaturas bajas hasta de -2°C siempre y cuando no se haya formado aún la inflorescencia.

Según el mismo autor la semilla germina en 7 días a temperaturas entre 5 y 35°C (45 a 95°F). A muy altas temperaturas, trasplantarlo temprano por la mañana o avanzada la tarde para reducir el estrés en las plantas. Días nublados con temperaturas frescas favorecen esta práctica.

Se tomaron en cuenta todos estos aspectos de temperaturas máximas y mínimas y se realizó la práctica de trasplante en el mes de abril de 2017 en condiciones favorables para el cultivo lo cual replicó en un buen porcentaje de prendimiento.

Según la teoría y práctica de campo el brócoli durante su fase de desarrollo necesita una temperatura promedio de 16°C, para esta evaluación se verificó mediante la toma diaria de temperaturas máximas, mínimas y promedios, según datos obtenidos el ambiente donde se realizó la evaluación se encontraba con una temperatura promedio de 18,6°C lo cual nos asegura que el ambiente fue el adecuado para la evaluación del cultivo de brócoli.

6.2 Prueba de germinación

La prueba de germinación se realizó en los laboratorios del INIAF-La Paz y se obtuvo un porcentaje de germinación para cada variedad, el promedio general fue de 96,85% (Var. LEGACY) y 89,64% (Var. UG2111). El análisis de variancia (cuadro 8), no reportó diferencias estadísticas significativas entre ambos híbridos.

Las semillas de las dos variedades de brócoli (LEGACY y UG2111) fueron no significativas, como también las densidades y las interacciones entre los factores. El coeficiente de variación fue de 5,6%, el cual confiere alta validez a los resultados reportados.

Cuadro 8. Análisis de la varianza para la prueba de germinación de las dos variedades de brócoli

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Modelo	565,66	9	62,85	2,3027	0,1271
Bloque	0,95	2	0,47	0,0071	0,9930
Variedades	233,64	1	233,64	3,4914	0,2026 N.S.
Error Variedad	133,84	2	66,92	2,4518	0,1477
Densidades	77,36	2	38,68	1,4172	0,2973 N.S.
Densidades*Variedades	119,87	2	59,94	2,1959	0,1737 N.S.
Error Densidades	218,35	8	27,29		
Total	784,01	17			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de germinación	18	0,72	0,41	5,6

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

El análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación (Cuadro 8), estadísticamente no mostró diferencias significativas en las fuentes de variabilidad, por lo tanto se acepta la hipótesis nula para todas las fuentes de variabilidad, lo cual se entiende que con cualquier variedad ya sea LEGACY o UG2111, estadísticamente la germinación de plantas son iguales, pero como en el laboratorio se observó diferencias en la prueba germinación entre variedades y no así entre las densidades de siembra, se realizó la prueba Duncan (Cuadro 9) a un nivel de significancia de 5%, ya que para esta prueba según Ochoa (2009), no es necesario que en el análisis de varianza sea significativo. Mediante esta prueba se identificará la variedad que mayor porcentaje de germinación obtuvo al final del ensayo.

Cuadro 9. Prueba Duncan Alfa=0,05, para % de germinación entre variedades

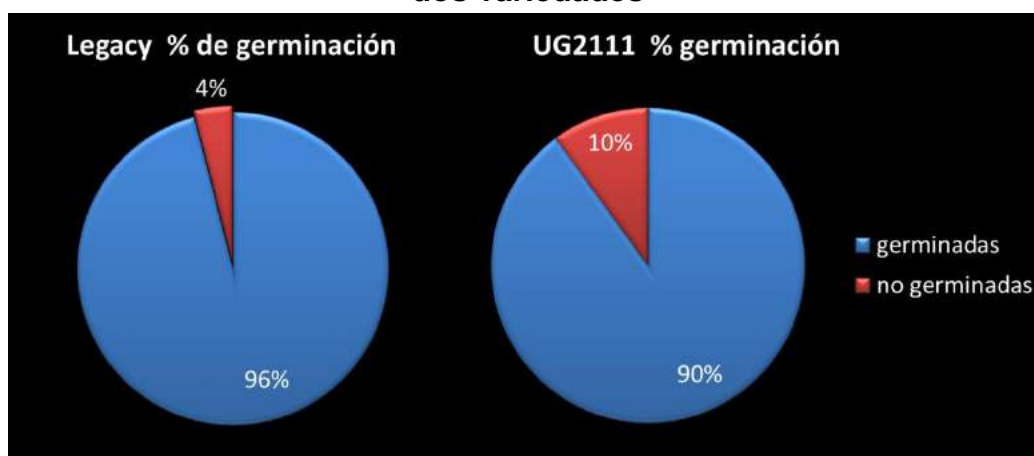
FACTOR A				
Variedad	Promedio en %	n	Error Exp.	Duncan a (5%)
Legacy	96,85	9	2,73	A
UG2111	89,64	9	2,73	A

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

Según la prueba de Duncan 5%, no existen diferencias significativas entre los dos niveles del factor A (entre variedades), pero se puede ver claramente el promedio de germinación que tienen estas dos variedades donde la variedad LEGACY, presentó un promedio de germinación igual a 96% en relación a la variedad UG2111, que obtuvo en promedio 90% de germinación.

Este es un dato importante ya que se realizó en laboratorio, el cual nos indica que las dos variedades de brócoli de la empresa (SEMINIS), tienen un buen porcentaje de germinación los cuales pueden verse reflejados en la figura 10.

Figura 10. Comparación del % de germinación de los promedios entre las dos variedades



Fuente: Elaboración propia 2016

Como las semillas son de la misma empresa (SEMINIS) según la evaluación las dos variedades tienen un buen porcentaje de germinación, siendo la variedad LEGACY la del mayor porcentaje de germinación.

6.3 Porcentaje de prendimiento

El análisis de la variancia para esta variable en las dos variedades (LEGACY y UG2111), (Cuadro 10), detecta diferencia significativa para variedades, presentando un coeficiente de variación de 6.02% lo cual indica que los datos son confiables.

Cuadro 10. Análisis de la varianza para el porcentaje de prendimiento

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Modelo	1014,68	9	112,74	5,0736	0,0160
Bloque	150,23	2	1014,68	4,0952	0,1963
Variedades	776,84	1	776,84	42,3538	0,0228 *
Error Variedad	36,68	2	18,34	0,8254	0,4722
Densidades	41,43	2	20,72	0,9323	0,4326 N.S.
Densidades*Variedades	9,50	2	4,75	0,2138	0,8119 N.S.
Error Densidades	177,77	8	22,22		
Total	1192,46	17			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de prendimiento	18	0,85	0,68	6,02

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

En el Cuadro 10, se observa que, para el factor B que es la densidad de las plantas por metro cuadrado, Los resultados obtenidos permiten informar que, los híbridos de brócoli, no se diferenciaron estadísticamente, con respecto al porcentaje de prendimiento, por cuanto no se obtuvieron diferencias significativas (0,4326) en el análisis de variancia. Es posible que, en estas primeras etapas del inicio de la investigación, en donde las plántulas fueron recién trasplantadas, no se refleje la influencia de las densidades en el crecimiento y desarrollo inicial.

Cuadro 11. Prueba Duncan Alfa=0,05, para % de prendimiento entre variedades

FACTOR A				
Variedad	Promedio en %	n	Error Exp.	Dúncan a (5%)
Legacy	84,82	9	1,43	A
UG2111	71,68	9	1,43	B

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

En el Cuadro 11, para prendimiento, se observa que en la variedad (LEGACY) el promedio es 84,82 % de prendimiento, es la variedad que alcanzó mayor número de plantas prendidas; en tanto que, la variedad (UG2111) se ubica en el último lugar, con un promedio de 71.68 % prendimiento.

Según la prueba de Duncan 5%, existen diferencias significativas entre los dos niveles del factor A (entre variedades), donde la variedad LEGACY, presentó un promedio igual a 84,82% de prendimiento diferenciándola con la letra “A”, en relación a la variedad UG2111, que obtuvo en promedio 71,68% de prendimiento identificándola con la letra “B” a través de la interpretación de letras.

Esto nos indica claramente que el porcentaje de prendimiento dependerá de la variedad y no tanto así de la densidad de siembra en esta fase; por otro lado, es posible que, el porcentaje de prendimiento dependa más de las condiciones favorables que se deben dotar a las plántulas en el momento del trasplante, como humedad del suelo, edad de las plántulas, soltura del suelo, etc., que asegure el prendimiento y crecimiento posterior del material vegetativo.

6.4 Altura de la planta a la cosecha

Cuadro 12. Análisis de la varianza para la altura de planta a la cosecha

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Modelo	0,0463	9	0,0051	8,1927	0,0035
Bloque	0,0179	2	0,0090	134,3333	0,0074
Variedades	0,0242	1	0,0242	363,0000	0,0027 **
Error Variedad	0,0001	2	0,0001	0,1062	0,9005
Densidades	0,0020	2	0,0010	1,6018	0,2600 N.S.
Densidades*Variedades	0,0020	2	0,0010	1,6195	0,2567 N.S.
Error Densidades	0,0050	8	0,0006		
Total	0,0513	17			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta	18	0,90	0,79	5,20

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

El análisis de varianza para la altura de planta (Cuadro 12), presentó diferencias altamente significativas entre los componentes del factor A, las variedades y cuya interpretación es que al menos una de las variedades es distinta a la otra. El Coeficiente de Determinación (R₂) con un valor de 90,00% explica muy bien el efecto que han tenido las variedades estudiadas sobre la altura de planta, entendiéndose este primer resultado como que la respuesta de las variedades a

las condiciones de invernaderos con temperaturas desde 1,2°C hasta los 34°C así también suelos con porcentaje de materia orgánica aceptable han influenciado fuertemente sobre la altura de planta, por otro lado, el coeficiente de variación (CV) de 5,20%, se encuentra dentro del rango aceptado para estudios en terreno definitivo y nos indica que los datos tomados son confiables.

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.

Con relación a la densidad de plantación el análisis de varianza demuestra claramente que la densidad no tiene ningún efecto sobre el crecimiento de las plantas por lo cual se podría tomar la densidad 1 (17plantas/m²) y así poder optimizar más el espacio y obtener mejores rendimientos.

Cuadro 13. Prueba Duncan Alfa=0,05, para la altura de planta a la cosecha

FACTOR A				
Variedad	Promedio (m)	n	Error Exp.	Dúncan a (5%)
Legacy	0,52	9	0,00272	A
UG2111	0,45	9	0,00272	B

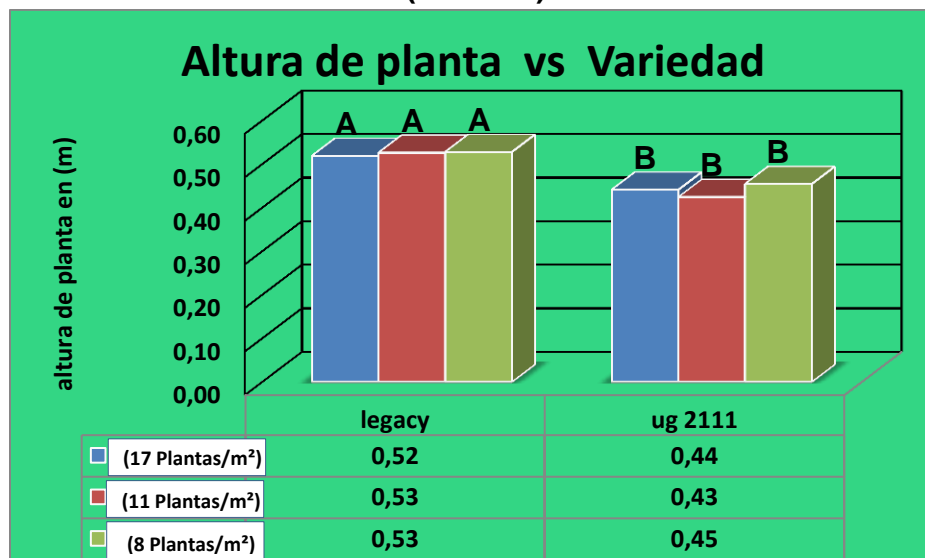
Fuente: Datos de campo del experimento 2016

La prueba múltiple de significancia de Dúncan con un nivel de confianza de 5% (cuadro 13) para los promedios de las variedades ordenados de mayor a menor, corrobora el resultado del análisis de varianza (cuadro 12) y donde se puede observar diferencias significativas entre los dos promedios de las variedades, siendo la variedad 1 (LEGACY) la que obtuvo el mayor promedio de altura con 0,52 m y el cual superó estadísticamente a la variedad 2 (UG2111), quien alcanzo un promedio de 0,45 m, de altura de planta respectivamente.

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.

La Figura 11, presenta en promedio la altura de las planta (en metros) de cada tratamiento al momento de la cosecha de las dos variedades de Brócoli.

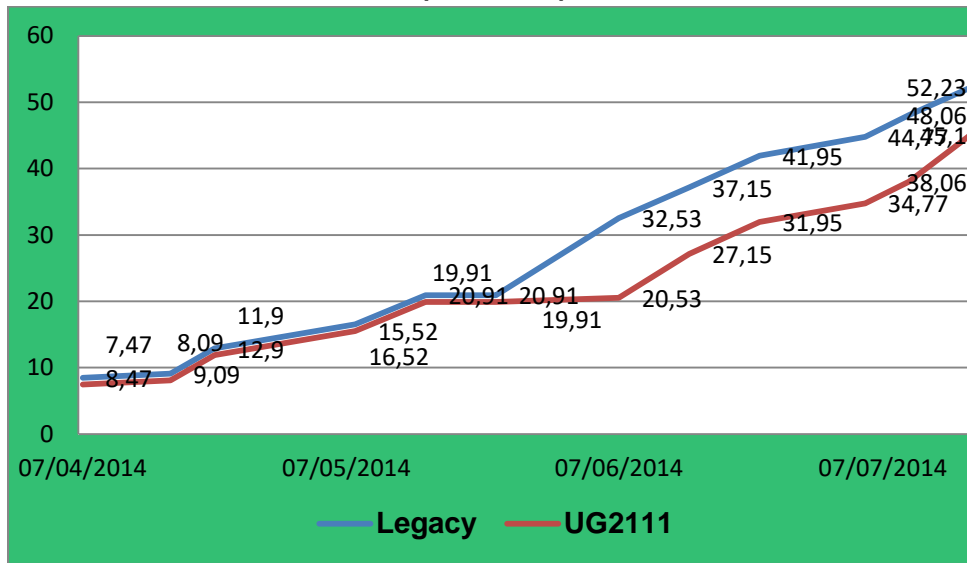
Figura 11. Comparación de Altura de planta, entre las dos variedades (factor A)



Fuente: Elaboración propia 2016

La siguiente Figura 12, muestra el crecimiento en altura de planta por variedad, en las lecturas efectuadas, con respecto a los híbridos de brócoli, en donde se puede apreciar que, el tamaño en altura del híbrido LEGACY (V1), fue significativamente mayor a la altura del híbrido UG 2111 (V2), obteniéndose consecuentemente los mejores resultados en el cuanto a la altura de planta, tanto a los 30 días, como a los 60 y 90 días después del trasplante.

Figura 12. Comparación de Altura de planta, entre las dos variedades (Factor A)



Fuente: Elaboración propia 2016

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, resultados que a diferencia de las variedades del presente estudio son muy altas.

En el presente estudio ocurrió un comportamiento similar porque la variedad LEGACY con promedio igual a 52,23 cm estadísticamente es la de mayor altura, en comparación con la variedad UG2111 que midió 45,10 centímetros, dentro de las tres densidades de plantación, estadísticamente a través de la prueba Duncan (Cuadro 13) se evidencio diferencia entre las dos variedades de brócoli.

Mamani (2014), en su investigación registró en promedio una altura de 60,99 cm en la variedad Pirata la que atribuye a las características genéticas, siendo esta variedad la de menor altura, en comparación a la variedad Di Cicco con 88,98 cm de altura respectivamente.

6.5 Diámetro de tallo a la cosecha

El ANVA para la variable Diámetro de tallo al momento de la cosecha se presenta en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Análisis de la varianza para el Diámetro de tallo a la cosecha

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Modelo	1,45	9	0,16	1,16138	0,4218
Bloque	0,10	2	0,05	0,13219	0,8832
Variedades	0,34	1	0,34	0,91670	0,4394 N.S.
Error Variedad	0,75	2	0,37	2,68469	0,1282
Densidades	0,22	2	0,11	0,80457	0,4804 N.S.
Densidades*Variedades	0,04	2	0,02	0,15153	0,8618 N.S.
Error Densidades	1,11	8	0,14		
Total	2,56	17			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de tallo	18	0,57	0,08	<u>12,17</u>

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

El análisis de varianza (Cuadro 14), 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 plantación) y en cualquiera de los niveles del factor A (cualquiera de las variedades) ya sea LEGACY o UG2111, estadísticamente se tendrán similares diámetros de tallo.

En campo se observó, que las diferencias de diámetro del tallo, entre variedades y entre densidades de plantación eran muy mínimas, variaron por milímetros, para esta variable no se realizó la prueba de Duncan porque las medias generales de las dos variedades y densidades son similares estadísticamente y prácticamente.

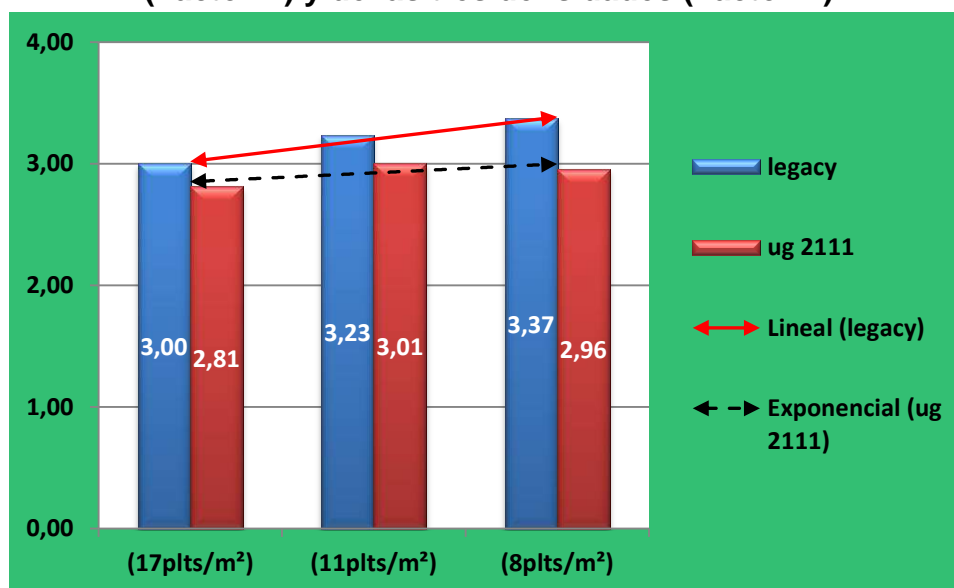
Gutiérrez (2005), registró en la variedad Pirata un diámetro de tallo igual a 3,4 cm relacionándolo dicho dato con las características genéticas de mencionada variedad, porque la densidad de siembra no tuvo efecto directo en el desarrollo de diámetro del tallo tal como lo indicaba su análisis de varianza, al igual que en el

presente ensayo. Se observa comparación de diámetro de tallo de dos variedades de Brócoli, LEGACY y UG2111.

Mamani (2014), en su trabajo de investigación registró en la variedad Pirata un diámetro promedio de 2,31 cm y en la variedad Di Cicco una media igual a 1,80 cm, la misma autora realizó su trabajo de investigación en la misma Estación Experimental en ambiente atemperado. Comparando con el presente trabajo de investigación las medias de diámetro de tallo en ambos factores de estudio superan fácilmente a la variedad Pirata y Di Cicco asumiendo de esta forma que las características genéticas de UG 2111 y más aun Legacy son mejores que la variedad Pirata.

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

Figura 13. Comparación de diámetro de tallo, entre las dos variedades (Factor A) y de las tres densidades (Factor B)



Fuente: Elaboración propia 2016

La Figura 13 demuestra que las variedades no presentan diferencias significativas. La misma figura describe el comportamiento de la variedad UG2111

(V2) que tiene los promedios de grosor del tallo más delgados (2.81 cm., 3.01 cm. y 2,96 cm.), en comparación con la variedad LEGACY (V1), que presento diámetros mayores (3,00 cm., 3,23 cm. y 3.37 cm.). Con un coeficiente de variación de 12,17% deducimos que hubo un buen manejo de la parcela de estudio y la misma está dentro del rango que nos asegura que los datos de esta variable son confiables.

Se identifica claramente (figura 13) la variedad de mayor diámetro de tallo que desarrollo fue la variedad LEGACY con un promedio de 3,20 cm. Por otro lado, el diámetro menor pertenece a la variedad UG2111 con un promedio de 2,92 cm esta diferencia mínima solo por milímetros se debe a las características genéticas favorables que tiene las dos variedades LEGACY y UG2111 para ambientes atemperados, la cual se manifiesta a través del desarrollo de diámetro de tallo.

6.6 Días a la madurez comercial

En el Cuadro 15 se aprecia que, existe una alta significancia estadística para variedades en días a la madurez comercial, así en la variedad UG2111 con 96,67 días tarda menos en madurar, que en la V2 (Legacy) con 109,22 días se demora más tiempo en madurar; se nota que, existe incremento en los días al empellamiento en la variedad LEGACY en tanto que, el coeficiente de variación es de 0,92 % que es aceptable para este tipo de ensayo, haciéndolos confiables a los datos obtenidos.

Cuadro 15. Análisis de la varianza para días a la madurez comercial

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Modelo	719,83	9	79,981	89,9792	0,0000
Bloque	0,11	2	0,056	0,0769	0,9286
Variedades	709,39	1	709,389	982,2308	0,0010 **
Error Variedad	1,44	2	0,722	0,8125	0,4773
Densidades	5,44	2	2,722	3,0625	0,1029 N.S.
Densidades*Variedades	3,44	2	1,722	1,9375	0,2060 N.S.
Error Densidades	7,11	8	0,889		
Total	726,94	17			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Días a la madurez	18	0,99	0,98	<u>0,92</u>

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

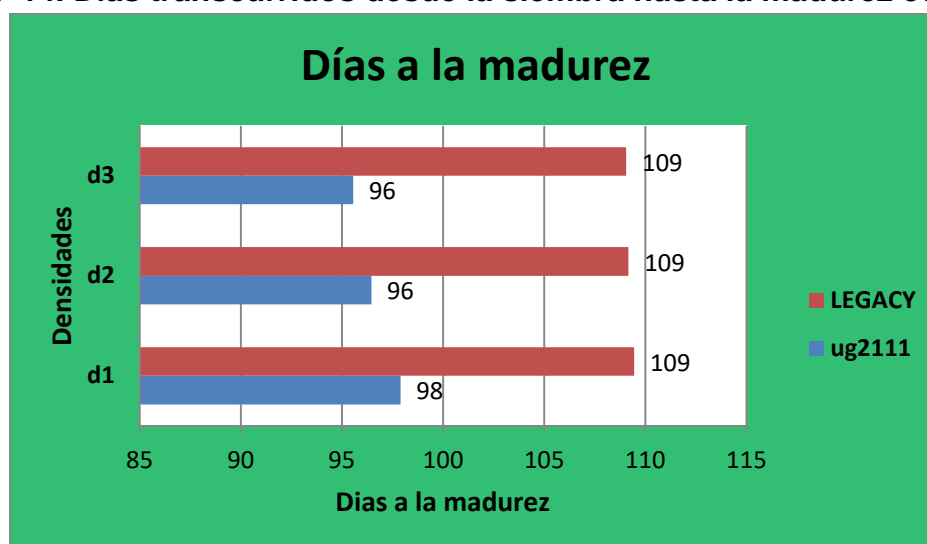
Cuadro 16. Prueba Duncan Alfa=0,05, para días a la madurez comercial

FACTOR A				
Variedad	Madurez (días)	n	Error Exp.	Duncan a (5%)
Legacy	109.22	9	0,28	A
UG2111	96.67	9	0,28	B

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

La prueba de Duncan al 5% de días a la madurez comercial nos muestra un rango para la variedad LEGACY representada con la letra A para la variedad UG2111 la letra B, destacándose como la más precoz la V2 (UG2111) con 96,67 días a la cosecha sobresaliendo a la variedad LEGACY.

Figura 14. Días transcurridos desde la siembra hasta la madurez comercial



Fuente: Elaboración propia 2016

En la figura 14 muestra en días a la madurez comercial el promedio general fue 109,22 días de la variedad LEGACY y de 96,67 días de la variedad UG2111).

Mamani (2014), en su trabajo de investigación realizado en la misma Estación Experimental menciona que desde la siembra hasta la cosecha la variedad Di Cicco alcanza 96 días, y la variedad Pirata con un tiempo de 108 días,

relacionándolo con el presente trabajo se asemejan la variedad LEGACY con 109 días con la variedad Pirata Pirata de 108 días, la variedad UG 2111 y la variedad Di Cicco ambos con 96 días a la cosecha. Siendo que en el presente trabajo se reportaron temperaturas bajas y pellas compactas de mayor diámetro a diferencia de Pirata y Di Cicco, la variedad LEGACY 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 UG2111 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 LEGACY 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.

6.7 Diámetro de la inflorescencia a la cosecha

El ANVA para la variable de diámetro de inflorescencia al momento de la cosecha se muestra en el cuadro 17.

Cuadro 17. Análisis de la varianza del diámetro de la inflorescencia

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Modelo	0,0108	9	0,0012	2,8124	0,0801
Bloque	0,0006	2	0,0003	0,2201	0,8196
Variedades	0,0047	1	0,0047	3,2471	0,2133 N.S.
Error Variedad	0,0029	2	0,0014	3,3636	0,0871
Densidades	0,0016	2	0,0008	1,9091	0,2100 N.S.
Densidades*Variedades	0,0010	2	0,0005	1,1818	0,3551 N.S.
Error Densidades	0,0034	8	0,0004		
Total	0,0143	17			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de inflorescencia	18	0,76	0,49	<u>17,48</u>

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

En el análisis de varianza (Cuadro 17), se observa diferencias no significativas para variedades y densidades; no existen diferencias significativas para bloques. El coeficiente de variación, tiene un valor igual a 17,48% que aún está dentro del rango y tiene la calificación de manejo regular de las unidades experimentales, además que los datos estadísticos son confiables tal como lo señala Ochoa (2009).

El análisis de varianza para la variable diámetro de inflorescencia (Cuadro 17), 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 LEGACY o UG2111, estadísticamente el diámetro de la inflorescencia de plantas son iguales,

Cuadro 18. Prueba Duncan Alfa=0,05, para diámetro de pella

FACTOR A				
Variedad	Diámetro (m)	n	Error Exp.	Duncan a (5%)
Legacy	0,13	9	0,01	A
UG2111	0,10	9	0,01	A

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

Según la prueba de Duncan 5%, no existen diferencias significativas entre los dos niveles del factor A (entre variedades), donde la variedad LEGACY, presentó un promedio igual a 0.134 m (13,4 centímetros) de diámetro diferenciándola con la letra "A", en relación a la variedad UG2111, que obtuvo en promedio 0,102 m (10,2 centímetros) en diámetro de inflorescencia identificándola con la letra "A" también a través de la interpretación de letras. Esto nos indica que las dos variedades presentaron un diámetro similar y con una diferencia de aproximadamente 3 centímetros.

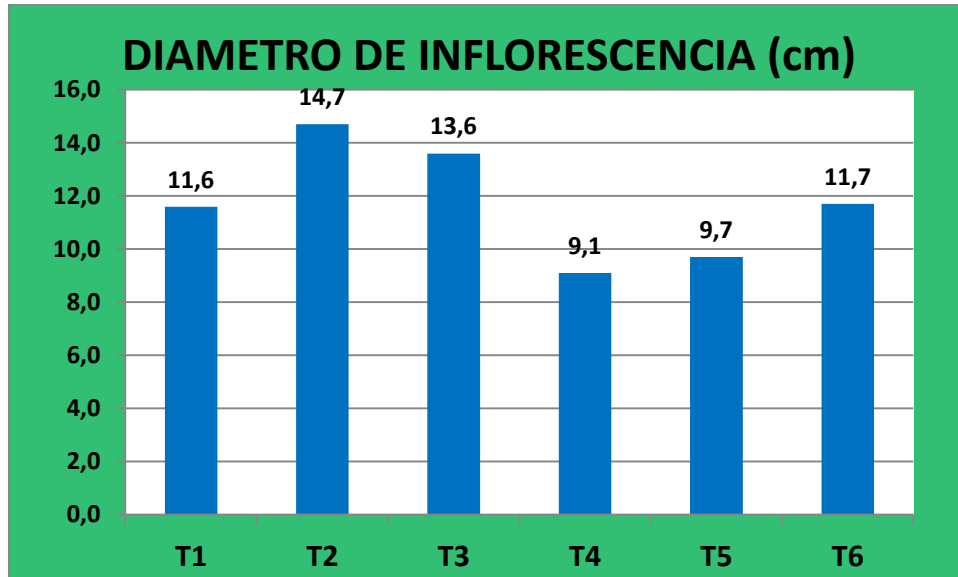
Al respecto Gutiérrez (2005), menciona en su trabajo de investigación, que el diámetro de la inflorescencia con media general de 13,95 cm en la variedad Pirata y que atribuye al factor genético de dicha variedad, tal promedio rectifica que en su trabajo de investigación la variedad Pirata presentó mejor carácter genético y de adaptabilidad en ambiente atemperado.

Mendoza (1996), indica que la variedad Pirata tiene mejores características genéticas debidas que a una densidad de siembra de 30x40 cm (8 plantas/m²), registró una media de 11,21 cm, en comparación con el presente estudio a la misma densidad la variedad LEGACY registró 13,60 cm, esta diferencia se debe a las condiciones de temperatura del ambiente ya que mencionado autor registró una media igual a 20°C y en el presente ensayo se registró una media de 18,6 grados centígrados, esto asevera que el brócoli se comporta de mejor manera en rangos de temperatura que se acercan a los 16 grados centígrados en su fase de desarrollo.

La razón por la cual los diámetros de las variedades sean similares es las condiciones de ambiente atemperado a diferencia de cultivarlos afuera en parcelas bajo condiciones climáticas normales.

En la figura 15 se muestra las alturas promedio registradas por cada tratamiento, teniendo como diámetros altos 14,7, 13,3 y 11,7 centímetros correspondientes a T2, T3 Y T6, en cambio los valores de diámetro menor registrados corresponden a T1, T5 Y T4 con promedios de 11,6, 9,7 y 9,1 centímetros respectivamente.

Figura 15. Comparación de medias del diámetro de inflorescencia por tratamiento



Fuente: Elaboración propia 2016

Se observa en la figura 15, que el diámetro de inflorescencia, para los tratamientos tiene un comportamiento estadísticamente diferenciado, por lo tanto, estadísticamente indica, que a cualquiera de las tres densidades de plantación se tienen diferentes diámetros de inflorescencia siendo que en tratamiento 2 correspondiente a la variedad LEGACY con densidad de plantación 2 (11 plantas/m²) obtuvo el mayor diámetro de inflorescencia alcanzando un valor de 14,7 cm seguido del tratamiento 3 correspondiente a la variedad LEGACY con densidad de plantación 3 (8 plantas/m²) con una media de 13,6 cm y el menor diámetro fue del tratamiento 1 con densidad de plantación 1 (17 plantas/m²) con una media de 11,6 cm, se asume que el comportamiento de la variedad LEGACY en el tratamiento 2 y 3 tienen el mayor desarrollo del diámetro de inflorescencia, se debió a las características de la variedad y al espacio que tenían entre ellos, puesto que contaban con mayor área de suelo y mayor disponibilidad de nutrientes y agua.

La variedad UG 2111 sin duda alguna fue la que presentó diámetros muy bajos en comparación con la variedad LEGACY, donde los tres tratamientos con las

respectivas densidades de plantación siguen este orden: tratamiento 6 correspondiente a la densidad 3 (8 plantas/m²) con 11,7 cm, tratamiento 5 correspondiente a la densidad 2 (11 plantas/m²) con 9,7 cm y el tratamiento 4 de densidad 1 (17 plantas/m²) con 9,1 cm de diámetro de inflorescencia.

Mamani (2014), indica que la variedad Pirata a una densidad de 30x40 (8 plantas/m²) obtuvo el mayor diámetro de inflorescencia llegando a alcanzar una media de 12,93 cm, que se relaciona con la densidad de plantación ya que este factor tuvo efecto directo en el desarrollo del diámetro de la inflorescencia, además de las características genéticas de la variedad, para el presente trabajo se asevera que la densidad de plantación tuvo efecto en el desarrollo de la inflorescencia.

6.8 Peso de la inflorescencia.

Para el análisis estadístico, del peso de la inflorescencia por planta se consideró, el análisis de varianza (cuadro 19), donde se advierte que no existen diferencias altamente significativas entre los dos niveles del factor A (variedades LEGACY y UG2111) Vale decir que la variedad LEGACY estadísticamente tiene el mismo peso de inflorescencia de la variedad UG2111.

Cuadro 19. Análisis de la varianza para peso de la inflorescencia

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Modelo	0,1021	9	0,0113	1,9862	0,1734
Bloque	0,0203	2	0,0102	0,3081	0,7645
Variedades	0,0072	1	0,0072	0,2181	0,6864 N.S.
Error Variedad	0,0660	2	0,0330	5,7811	0,0280
Densidades	0,0071	2	0,0035	0,6196	0,5621 N.S.
Densidades*Variedades	0,0014	2	0,0007	0,1255	0,8838 N.S.
Error Densidades	0,0457	8	0,0057		
Total	0,1478	17			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de inflorescencia	18	0,69	0,34	<u>11,66</u>

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

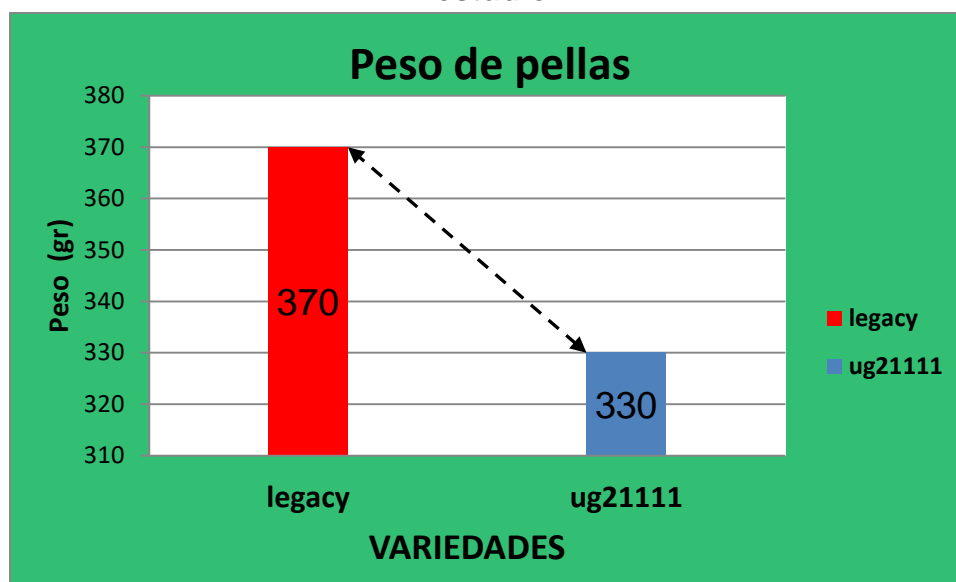
Cuadro 20. Prueba Duncan Alfa=0,05, para el peso de la inflorescencia (Kg)

FACTOR A				
Variedad	Peso (kg)	n	Error Exp.	Duncan a (5%)
Legacy	0,37	9	0,06	A
UG2111	0,33	9	0,06	A

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

El resultado obtenido a través de la prueba de Duncan (cuadro 20), muestra los valores registrados del peso de inflorescencia por planta, demostrando así la superioridad de la variedad LEGACY, con un promedio igual a 0,37 kg distinguiéndose por la letra “A”, en la interpretación de letras, frente a la variedad UG2111, cuyo promedio fue de 0,33 kg, identificando la mencionada variedad con la “A” dándole el mismo lugar, con esta prueba se corrobora lo visto en campo ya que efectivamente las dos variedades tenían diferencia mínima en los pesos esto debido a las condiciones del ambiente atemperado que influye de gran manera en las variedades de la misma empresa (SEMINIS).

Figura 16. Peso promedio de inflorescencia de las dos variedades en estudio

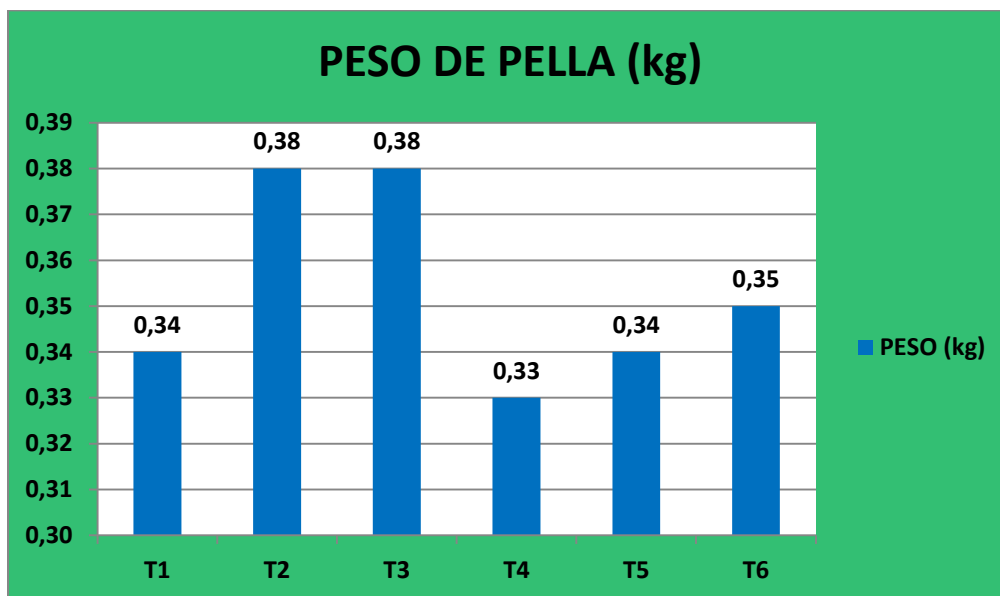


Fuente: Elaboración propia 2016

Tal como la figura 16, muestra que la variedad LEGACY en promedio obtuvo mayor peso en inflorescencia con 370 gramos, y la variedad UG2111 con un promedio igual a 330 gr se asume que esta diferencia no tan significativa se debe

a las características genéticas similares que demostraron durante la evaluación estas dos variedades ya que el manejo de las unidades experimentales fueron las adecuadas tal como lo indica el coeficiente de variación.

Figura 17. Promedio de peso de inflorescencia por tratamiento



Fuente: Elaboración propia 2016

Según la figura 17, los tratamientos con mejores pesos corresponden a T3, T2 y T6 con 0,38, 0,38 y 0,35 kilogramos respectivamente, en cambio los pesos más bajos registrados corresponden a T5, T1 y T4 con 0,34, 0,34 y 0,33 kilogramos o su equivalencia en gramos.

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 quedo en segundo lugar, atribuyendo dicho comportamiento a las características genéticas de ambas variedades. En el presente caso, la variedad LEGACY obtuvo una media de 370 gr y la variedad UG2111 con 330 gr, estadísticamente comparando con los resultados de Limachi (2011), se asevera que las dos variedades LEGACY y UG2111 tienen un buen desarrollo similar, puesto que en ambos casos dio mejores resultados en ambiente atemperado. Estadísticamente no existen diferencias significativas en peso de inflorescencia entre las tres diferentes

densidades de siembra de una misma variedad LEGACY o UG2111, lo que indica que en las tres densidades de siembra, estadísticamente obtuvieron los mismos pesos de inflorescencia en una misma variedad.

Mamani (2014) en su trabajo de investigación alcanzó a tomar una media de 273,87 gramos en la variedad Pirata y 105,78 gramos en la variedad Di Cicco, en el primer caso (variedad Pirata) lo asume a las características genéticas de la variedad y al buen manejo de las unidades experimentales. En el presente caso, la variedad LEGACY obtuvo un peso de 370 gramos y la variedad UG2111 330 gramos respectivamente, estadísticamente comparando con los resultados de Mamani (2014) y Limachi (2011), se asevera que la variedad LEGACY es la que mejor desarrollo tiene en ambiente atemperado, puesto que en ambos casos dio mejores resultados. Estadísticamente no existen diferencias significativas en peso de inflorescencia entre las tres diferentes densidades de plantación de una misma variedad LEGACY o UG2111 lo que indica que en las tres densidades de plantación, estadísticamente se obtuvieron los mismos pesos de inflorescencia en una misma variedad.

6.9 Rendimiento

El ANVA para la variable rendimiento se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Análisis de la varianza para el rendimiento

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F Cal.	Pr > F
Modelo	71,74	9	7,97	5,5976	0,0118
Bloque	3,68	2	1,84	0,1976	0,8350
Variedades	3,41	1	3,41	0,3671	0,6062 N.S.
Error Variedad	18,60	2	9,30	6,5324	0,0208
Densidades	45,21	2	22,60	15,8738	0,0016 **
Densidades*Variedades	0,83	2	0,42	0,2929	0,7538 N.S.
Error Densidades	11,39	8	1,42		
Total	83,13	17			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	18	0,76	0,49	<u>17,48</u>

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 21), en cuanto al rendimiento con un coeficiente de variación de 17,33% que indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales por lo tanto los datos son confiables y se considera aceptable para este tipo de investigación, en el mismo cuadro se indica que estadísticamente no existen diferencias significativas para bloques, Variedades, interacción Densidad por Variedades. Pero si existen diferencias altamente significativas para Densidades de plantación por metro cuadrado.

Lo que significa que existen rendimientos diferentes entre las densidades 1, densidad 2 y densidad 3 (número de plantas por metro cuadrado) y que al menos un tratamiento obtuvo mayor rendimiento en comparación con los demás tratamientos.

Dado que estadísticamente dio como resultado altamente significativo entre densidades, se realizó la prueba Duncan (Cuadro 22) al 5% de error, con el objeto de identificar la densidad de mayor rendimiento.

Cuadro 22. Prueba Duncan Alfa=0,05, para el rendimiento (tn/ha)

FACTOR B				
Variedad	Rendimiento tn/ha	n	Error Exp.	Duncan a (5%)
17 plantas/m ²	26,85	6	1,46	A
11 plantas/m ²	19,88	6	1,46	B
8 plantas/m ²	15,28	6	1,46	B

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

Según la prueba Duncan, el rendimiento de Brócoli refleja que existió diferencias significativas, donde la Densidad 1 (17 plantas/m²), diferenciada con la letra "A", presentó un promedio igual a 26,85 tn/ha con respecto a D2 (11 plantas/m²) que presento un promedio 19,88 tn/ha diferenciada con la letra "B" y 15,28 tn/ha para D3 (8 plantas/m²) diferenciado con la letra "B", se puede observar que esta diferencia es debido a las similares características genéticas de ambas variedades las dos obtienen el mismo rendimiento pero la densidad influye a mayor densidad de plantas se obtendrán mayor rendimiento.

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 ambas variedades se encuentran dentro de este rango e incluso con la densidad 1 (17 plantas/m²) está por encima del rendimiento reportado por los autores citados.

Limachi (2011), registro 17234 kg/ha de rendimiento en la variedad Pirata y en la variedad Centerario 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 de investigación con las variedades LEGACY y UG2111 y a una densidad de 17 plantas/m² y 11 plantas/m² se asevera la superioridad de las variedades estudiadas en el presente trabajo de investigación, este rendimiento se atribuye a las características genéticas de la variedad LEGACY y UG2111 manifestándose estas en el desarrollo y posterior rendimiento del producto y de la densidad.

Mamani (2014), en su trabajo de investigación reporta rendimientos en la variedad Pirata para la densidad 1 (17 plantas/m²) de 18213 kg/ha, densidad 2 (11 plantas/m²) 17780 kg/ha y para la densidad 3 (8 plantas/m²) de 16190 kg/ha en las mismas condiciones del presente trabajo, en comparación con el presente trabajo para la media de las variedades LEGACY y UG2111 se obtuvo para la densidad 1 (17 plantas/m²) 26,85 tn/ha (26850 kg/ha), densidad 2 (11 plantas/m²) 19,88 tn/ha (19880 kg/ha) y para la densidad 3 (8 plantas/m²) 15,28 tn/ha (15280 kg/ha), viendo una vez más la superioridad y calidad genética de las variedades del presente estudio en las densidad 1 y la densidad 2, superioridad atribuida al carácter genético y la influencia de la densidad.

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 23. Rendimiento ajustado del producto comercial (kg/m²)

Variedad	Densidad	Tratamiento	Rendimiento (kg/m ²)	Ajuste 10%	Rendimiento ajustado (kg/m ²)
Legacy	17 plantas/m ²	T1	5,86	0,59	5,27
Legacy	11 plantas/m ²	T2	4,27	0,43	3,84
Legacy	8 plantas/m ²	T3	3,01	0,30	2,71
UG2111	17 plantas/m ²	T4	5,10	0,51	4,59
UG2111	11 plantas/m ²	T5	3,61	0,36	3,25
UG2111	8 plantas/m ²	T6	2,86	0,29	2,57

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

Los resultados obtenidos en una parcela pequeña generalmente son sobre estimados, las parcelas pequeñas son más uniformes, que las grandes tanto en fertilidad como en preparación.

Según se observa en el cuadro 23, la variedad LEGACY fue la que obtuvo el mayor rendimiento ajustado en tres densidades de siembra con rendimientos superiores a 2,71 kg/m², seguido por la variedad UG2111 cuyo promedio del rendimiento no supera los 4.59 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 24. Beneficio bruto

Variedad	Densidad	Tratamiento	R. Ajustado (kg/m ²)	Precio Bs/kg	Beneficio Bruto (Bs/m ²)
Legacy	17 plantas/m ²	T1	5,27	2,20	11,59
Legacy	11 plantas/m ²	T2	3,84	2,20	8,45
Legacy	8 plantas/m ²	T3	2,71	2,20	5,96
UG2111	17 plantas/m ²	T4	4,59	2,20	10,10
UG2111	11 plantas/m ²	T5	3,25	2,20	7,14
UG2111	8 plantas/m ²	T6	2,57	2,20	5,66

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

En el caso de las variedades LEGACY y UG2111 con las distancias (17 plantas/m²) y (17 plantas/m²), son las que obtuvieron mayor beneficio bruto con 11,59 y 10,10 Bs/m Respectivamente, debido a que el tratamiento 3 y 4 produjeron 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 25).

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

Cuadro 25. Costos variables

Insumos	LEGACY			UG2111		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Semilla	1,19	0,77	0,56	1,19	0,77	0,56
Riego	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Mano de obra	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Comercialización	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Total CV (Bs/m ²)	2,69	2,27	2,06	2,69	2,27	2,06

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

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 26).

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

Cuadro 26. Total costos de producción

Insumos	LEGACY			UG2111		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6
TOTAL CF	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
TOTAL CV	2,69	2,27	2,06	2,69	2,27	2,06
TOTAL Bs/m ²	3,19	2,77	2,56	3,19	2,77	2,56

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

Se observa en el cuadro 26, la variedad LEGACY en sus tres densidades de siembra tiene un costo de producción relativamente igual en comparación de la variedad UG2111, esto se debe a que las semillas fueron adquiridas de la misma semillera ubicada en la ciudad de Cochabamba (AGROTECNIA) y al mismo costo.

e) Beneficio neto

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

$$\text{Beneficio neto (Bs.)} = \text{Beneficio bruto (Bs.)} - \text{Costos de produccion(Bs.)}$$

Cuadro 27. Beneficio neto

Insumos	LEGACY			UG2111		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Beneficio Bruto	11,59	8,45	5,96	10,10	7,14	5,66
Costos Producción	3,19	2,77	2,56	3,19	2,77	2,56
B. Neto Bs/m²	8,40	5,68	3,40	6,91	4,37	3,10

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

El Cuadro 27 de beneficios netos se puede apreciar, que la densidad de siembra 1 (17 plantas/m²) en la variedad LEGACY correspondiente al tratamiento T1, obtuvo un mayor beneficio neto de 8,40 Bs/m², en cambio la variedad UG2111 con la densidad de siembra 3 (8 plantas/m²) correspondiente al tratamiento T6, con un beneficio neto más bajo de 3,10 Bs/m²

f) Beneficio costo

En el cuadro 28, se observa los valores del índice beneficio/costo de los seis tratamientos en estudio.

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

Cuadro 28. Beneficio/Costo de cada tratamiento

Insumos	LEGACY			UG2111		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Beneficio Bruto	11,59	8,45	5,96	10,10	7,14	5,66
Costos Producción	3,19	2,77	2,56	3,19	2,77	2,56
B/C (Bs)	3,63	3,05	2,33	3,17	2,58	2,21

Fuente: Datos de campo del experimento 2016

Los resultados que se presentan en el Cuadro 28, muestran que todos los tratamientos obtuvieron réditos económicos, puesto que la relación beneficio/costo de los tratamientos son mayores a Bs. 1,00 lo que se entiende que por cada

boliviano invertido habrá ganancias, se recuperará lo invertido, el tratamiento uno (T1) se presentó como el más rentable con un valor igual a 3,63 Bs/m².

Este resultado indica que por cada unidad monetaria invertida se recuperó la inversión más un beneficio de Bs. 2,63 seguido del tratamiento cuatro (T4) con relación de beneficio costo igual Bs. 3,77 teniendo como ganancia 2,77 Bolivianos.

En general, la ganancia fue de Bs. 2,05 en el tratamiento dos (T2), Bs. 1,33 para el tratamiento tres (T3), Bs. 1,21 para el tratamiento cuatro (T6), Bs. 1,58 del tratamiento cinco (T5).

Mamani (2014), registró en el análisis económico que realizó que en, el tratamiento cinco correspondiente a la variedad Pirata a densidad de siembra de 30x30 cm, tuvo una relación beneficio costo de 1,79 Bs/m² concluyendo que por cada unidad monetaria invertida se recuperó la inversión más un beneficio de 0,79 Bs. en el presente trabajo con la variedad LEGACY y con el tratamiento uno (T1) se obtuvo los mejores resultados llegando a una relación beneficio costo de 3.63 Bs/m² obteniendo así una ganancia de 2,63 Bs. observando una diferencia de 1,88 Bs. en comparación con el mencionado autor y se evidencia una vez más la rentabilidad de la variedad LEGACY junto al tratamiento uno.

7 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos para los objetivos planteados se llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ El comportamiento de la temperatura durante el proceso de investigación se verificó que se encontraba en el rango óptimo que Sonora (2016) menciona (15 y 25°C), registrándose una temperatura promedio de 18,6°C lo cual nos asegura que el ambiente fue adecuado para el desarrollo en todas sus fases del cultivo de brócoli.
- ✓ En la prueba de germinación la variedad LEGACY obtuvo alto valor de germinación 96%; mientras variedad UG2111 presentó 90% de germinación, obteniendo igual comportamiento en el proceso de la prueba de germinación, lo cual nos indica que ambas variedades pueden ser usadas para ser almacenadas o en siembra directa.
- ✓ En la investigación se determinó que en la etapa de Trasplante la variedad LEGACY en la variable Porcentaje de prendimiento fue la de más alto valor con 84.82% de prendimiento; mientras que para la variedad UG2111 presentó 71.68% de prendimiento, se concluye que las dos variedades tuvieron un buen comportamiento agronómico al trasplante a una temperatura promedio de 19.7°C.
- ✓ Las dos variedades de brócoli ensayadas en la etapa de desarrollo vegetativo existió diferencia significativa solo para el factor variedades en la variable altura de la planta a la cosecha (cm), donde la variedad LEGACY (V1) presentó una altura de 52,15 cm, con respecto a la variedad UG2111(V2), que registró una altura de 45,02 centímetros.
- ✓ El análisis de varianza indicó que el diámetro de tallo de las dos variedades fueron estadísticamente similares, también se evidenció en campo, siendo que

la variedad LEGACY presentó el mayor diámetro, con un promedio de 3,20 cm, siendo este superior por milímetros al promedio de diámetro de tallo de la variedad UG2111, con un promedio igual a 2,92 centímetros.

- ✓ En la investigación se determinó que en la variable días a la madurez comercial UG2111 con 97 días a la formación de la pella, es una variedad precoz mientras que, LEGACY forma la pella en un promedio de 109 días comportándose como variedad media.
- ✓ A través del análisis de varianza se evidencia que no hay diferencias significativas para la variable diámetro de inflorescencia, la variedad LEGACY, presentó el mayor diámetro de la inflorescencia con un promedio de 13,00 centímetros. Por otro lado la variedad UG2111 presentó menor diámetro, con un promedio de 10,00 cm.
- ✓ El análisis de varianza indicó que para la variable peso de la inflorescencia las dos variedades son estadísticamente similares, se evidencio en campo, siendo que la variedad LEGACY presentó el mayor peso, con un promedio de 0,37 kilogramos, siendo este superior por gramos al promedio del peso de la inflorescencia de la variedad UG2111, con un promedio igual a 0.33 kilogramos.
- ✓ En la variable rendimiento, muestra que estadísticamente existe diferencias significativas entre las densidades D1(17plantas/m²), D2(11plantas/m²) y D3(8 plantas/m²), correspondiente al factor B, donde la densidad 1 (17plantas/m²) presentó un rendimiento de 26,85 (tn/ha), con respecto a las otras dos densidades, D2(11plantas/m²) con un rendimiento de 19,88 (tn/ha) y D3 (8 plantas/m²) con un rendimiento de 15,28 (tn/ha).
- ✓ En la investigación se determinó que a través de la producción de brócoli se obtuvo una buena rentabilidad estableciendo que la mejor relación beneficio/costo está dado por el T1 (Variedad LEGACY a una densidad de 17plantas/m²) ya que por cada Boliviano invertido se obtiene una ganancia de

2,63 bolivianos, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

- ✓ En la parcela experimental durante la fase de desarrollo del cultivo se pudo evidenciar la presencia mínima de pulgones rojos y mosca blanca los cuales se eliminaron de manera manual, debido a la baja incidencia esto debido a que las temperaturas mínimas llegaron a alcanzar hasta 1,2°C y a la ausencia de cultivos susceptibles a estas plagas por lo cual no se realizó el control químico, se hizo control manual evitando así la elevación de los costos de producción.

8 RECOMENDACIONES

- ✓ Para obtener plantas de brócoli robustas y vigorosas, con pellas mejor desarrolladas en diámetro no muy grandes y peso promedio, pero bien formadas, Por los resultados obtenidos en la investigación de la variedad LEGACY y UG211 por su buen comportamiento agronómico y adaptación son una alternativa de producción, en carpa solar o a campo abierto, puesto que se tuvo buenos resultados en el rendimiento de producto comercial.
- ✓ Utilizar los distanciamientos de siembra de 0,30 x 0,20 metros solo con estas dos variedades porque genera mayor cantidad de plantas y número de pellas comerciales/ha. Lo cual generara buenos rendimientos y ganancias.
- ✓ Continuar con la investigación, utilizando una de estas variedades, con el distanciamiento de siembra recomendado y probando varios programas nutricionales de fertilizantes, cultivo hidropónico y bajo cultivo orgánico.
- ✓ Se recomienda continuar con investigaciones de aclimatación o adaptabilidad de los nuevos híbridos de brócoli.
- ✓ Realizar estudios concernientes a la evaluación de la eficiencia de sistemas de riego en el cultivo de brócoli.
- ✓ Seguir investigando otras variables que aporten mayor información al momento de cultivar el brócoli, permitiendo una mayor productividad y rentabilidad.
- ✓ 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 compacta, además de cosechar con la cantidad de hojas necesarias, para evitar lesiones del producto comercial.

9 BIBLIOGRAFIA

APROSAR, 2015. Manejo de una parcela agroecológica (en línea). Bolivia. Consultado el 9 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.aprosarbolivia.org.bo>.

Barahona, M. 1998. Manual Hortícola, Primera edición, Sangolqui, Ecuador, 24 p.

Blancard, D., 1996. Enfermedades del tomate. Observar, identificar, luchar Ed. Mundiprensa, Madrid.

Buena Salud, 2011. Enciclopedia coleccionable. Bolivia. No 34. 8-9 p.

Bussard, L., 2004. Cultivo Hortícola. 4ta. Edición. Barcelona, España. Ed. Salvat.

Callisaya Crespo, 2000. Evaluación de la roca fosfórica como fertilizante natural en el cultivo de Brócoli en ambientes atemperados. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 26 p.

Casseres, E., 1980. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura (IICA). San Jose – Costa Rica. 387 p.

Crop Protection Compendium (CABI), 2007. © CAB international, Wallingford, UK, (en línea). Consultado del 9 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.cabi.org/compendia/cpc/>.

Denisen, E., 1987. Principles of horticulture. Macmillan. New York.

Galeón, 2012. (en línea). Consultado 23 de septiembre de 2015. Disponible en <http://www.agriculturaurbana.galeon.com./productos1359686.html>

Goites, E., 2008. Manual de cultivos para la huerta orgánica familiar. 1ra Edición. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Buenos Aires Argentina. 44 – 45 p.

Gómez, L., 1986. Efecto del Nitrógeno, Fosforo, abono orgánico y densidad de siembra en trigo en Villa Madero, Mich. 5 p.

Gutiérrez, Zabaleta. 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. 34 – 66 p.

Guzmán, J. 1987. El banano y el plátano en Costa Rica. International Network for the Improvement of Banana and Platatin (INIBAP). San Jose, Costa Rica.

Haro y Maldonado, L. (2009). “Guía Técnica para el cultivo del brócoli en la serranía ecuatoriana”. Editorial Freire, Riobamba. Ecuador. 11, 13 p.

Hartman, F. 1990. Invernaderos y Ambientes Controlados. Editorial Fades. 1ra Edición. La Paz, BO. 131 p.

Hartman, T. 1989. Propagación de plantas principios y prácticas. Ed. CECSA. México.

Herbas, R., 1981. Manual de Fitopatología, Oruro – Bolivia. Editorial Universitaria. 349 – 353 p.

Hidalgo, C. 2000. Manejo integrado de semilleros de Brassicaseaes. Primer seminario internacional de Brassicaceaes Quito. Ecuador. FEDETA. 35 p.

Hidalgo, L., 2006. El cultivo de brócoli. Datos sin publicar.

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.

Jaramillo N. J. E.; Diaz, D. C.A. 2006. El cultivo de las crucíferas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 20. 10 – 23 p.

Kher, E., y Diaz, P., 2012. PRODUCCION DE BRÓCOLI PARA LA INDUSTRIA. Boletín informativo N° 61. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Temuco – Chile. 3 p.

Kohl, 1991. Diagnostico a los Sistemas de Cultivos Protegidos en el Altiplano. Editorial Cetro de Información para el Desarrollo Rural. La Paz, BO. pp. 11-16.

Krarpup, C. 1992. Seminario sobre la producción de Brócoli. Quito, Ecuador. PROEXANT – AGRIDEC/CHEMONICS. 25 p.

Krarpup, Ch. 1992. Seminario sobre la producción de Brócoli. Promoción de Exportación No tradicionales. Quito, 26 p.

Krarpup, Ch. 1992. Seminario sobre la producción de Brócoli. Quito, Ecuador. PROEXANT – AGRIDEC/CHEMONICS. 25 p.

Limachi Choque. 2011. Evaluación de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación, en sustrato solido (HIDROPONICO), en ambiente atemperado en el municipio de El Alto. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 42-62 p.

Lorente, M. B. 1993. Biblioteca de la Agricultura. Editorial Emegs. ES. Barcelona.

Mamani Rojas. 2014. Evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el Centro Experimental Cota Cota. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 42 – 76 p.

Maroto, J. 1995. Horticultura Herbácea Especial. Editorial Mundi Prensa. 4ta Edición. Madrid, ES. 131 p.

Mendoza Loayza. 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. 48 – 83 p.

Mortensen, E y Bullard, E. 1986. Horticultura Tropical y Subtropical. Editorial Pax – México. 84 p.

Nuez, F.; Gómez, C.; Fernandez, P.; Solar, S. y Valcarcel, V. 1999. Colección de Semillas de Coliflor y Brócoli. Editorial Mundi Prensa. Madrid, ES. 13-15 p.

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. 306 – 307 p.

Perrín, et al., 1995. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT.DF México. 1 - 74 p.

Porco, F. y Terrazas, J. 2009. Horticultura Aplicaciones Prácticas. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz. Bolivia. 172 p.

Posada, *et al.*, 1976. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Ministerio de Agricultura, Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Subgerencia de Investigación, División de Agronomía, Programa de Entomología. Boletín Técnico N° 43. Bogotá, Colombia. 484 p.

Quintero, J. 1986. Cultivo de brócoli y de la Col de Bruselas. Hojas divulgativas. N° 10. 18 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. 5 – 78 p.

Rueda, D. 1996. Botánica Sistemática Curso Interactivo, Primera Edición, Quito – Ecuador, 140 p.

Ruiz, T. 1993. Manual de horticultura. Facultad de agronomía. UMSA. La Paz Bolivia. 12-41 p.

Ruiz, T. 2007. Texto guía Materia Terapéutica Vegetal. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz Bolivia. 177 p.

s/a, 2012. (en línea). Consultado 20 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.infoagro.html>

s/a, 2012. Cultivo de Brócoli (en línea). Consultado el 23 de septiembre de 2015. Disponible en <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/brocoli.htm>

Sánchez, C. 2004. Hidroponía, Colección Granja Negocios, Lima – Perú. Edición Ripalme. 134 p.

Santoyo, J. y Martínez, C. 2011. Tecnología de producción de brócoli. Fundación Produce. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sinaloa – México. 8 p.

SEMINIS VEGETABLE SEED, 2012. Registro. Semillas Arroyave S.A. (en línea). Consultado el 20 de octubre de 2015. Bogotá D.C., Colombia. Disponible en <http://www.semillasarroyave.com>

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, BO), 2012. Datos Climáticos. La Paz, Bolivia. s.p.

Sobrino, E., Sobrino, V.E. 1989. Tratado de Horticultura Herbácea, Barcelona – España. Editorial Aedos. 41 – 61 p.

Sobrino, I. E. y Sobrino V. F. 1989. Tratado horticultura herbácea. Editorial Aedos. Barcelona-España. 44-45 p.

Sonora, U. D. 2016. El cultivo de brócoli. Producción de hortalizas DAG/hort-010, 1-2 p.

Suquilanda, M. 1996. Agricultura Orgánica. Quito Ecuador. 32 p.

Terrazas, 1990. Manual para la educación agropecuaria, suelo y fertilización. Editorial Trillas. 51 – 60 p.

Valadez, A. 1997. Producción de Hortalizas, México, Editorial LIMUSA. 45 – 55 p.

Vallejos, L. 1995. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuario. *Boletín Técnico*, N° 3. Nuevas variedades de Brócoli para los valles de Cochabamba.

Vecchio, C. 1995. Manejo del Cultivo de Brócoli. *Boletín Hortícola*, Año 3, N° 8: 14-19 p.

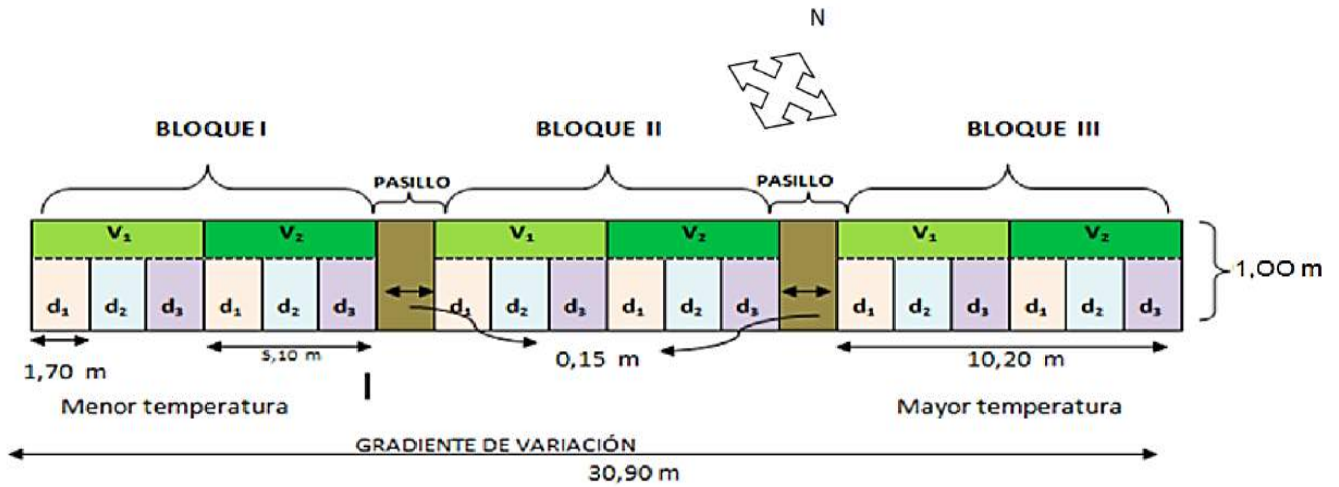
Vera, C. y Vilaña, I. 2004. Efecto de la aplicación alternada de fungicidas, fosfonatos y evergreen, en el control del pie negro (*Phoma lingam*) y otras enfermedades en brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica). Tesis Ing. Agrop. Santoquí – Ecuador. Escuela Politécnica del Ejercito Facultad de Ciencias Agropecuarias I.A.S.A. 229 p.

Vigliola, M. 1996. Manual de horticultura., S.A. Buenos Aires, Argentina. Editorial Hemisferio Sur. 19 – 72 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: 30,90 m²

Superficie de la parcela mayor : 5,10 m²

Superficie de la parcela menor : 1,70 m²

Superficie de pasillos : 0,15 m²

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 : **EDGAR LUNA QUISPE**
 PROCEDENCIA : **Departamento LA PAZ, Provincia MURILLO**
Lugar COTA COTA
FACULTAD DE AGRONOMIA - UMSA

NO SOLICITUD: **220 / 2014**
 FECHA DE RECEPCION : **17 / Abril / 2014**
 FECHA DE ENTREGA : **21 / Mayo / 2014**
 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 A T I O N E S	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	Nitrogeno 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: Arenosos Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
 FY: Franco Arcilloso FL : Franco limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CHUNGARA C.

ANEXO 3. Datos correspondientes a las variables de respuesta

Variable PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO (%)

TRATAMIENTO		BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	Variedad/Densidad	Bloque	Prendimiento								
T1	88,24	82,35	88,24	81,82	Legacy 17 plant bloq I	bloque	88,24								
T2	81,82	90,91	81,82	81,82	Legacy 11 plant bloq I	densidad	81,82								
T3	87,50	75,00	87,50	87,50	Legacy 8 planta bloq I	variedad	87,50								
T4	76,47	70,59	76,47	76,47	UG 2111 17 plant bloq I	variedad *densidad	76,47								
T5	72,73	68,64	72,73	72,73	UG 2111 11 plant bloq I		72,73								
T6	75,00	62,50	75,00	75,00	UG 2111 8 planta bloq I		75,00								
LEGACY		UG 2111			Legacy 17 plant bloq II		82,35								
					Legacy 11 plant bloq II		90,91								
					Legacy 8 planta bloq II		75,00								
					UG 2111 17 plant bloq II		70,59								
					UG 2111 11 plant bloq II		63,64								
					UG 2111 8 planta bloq II		62,50								
					Legacy 17 plant bloq III		88,24								
					Legacy 11 plant bloq III		81,82								
					Legacy 8 planta bloq III		87,50								
					UG 2111 17 plant bloq III		76,47								
					UG 2111 11 plant bloq III		72,73								
					UG 2111 8 planta bloq III		75,00								
BLOQUE I		BLOQUE II		BLOQUE III		PROMEDIOS									
T1	88,24	T2	82,35	T1	88,24	T2	81,82	T3	87,50	T4	76,47	T5	72,73	T6	75,00
T2	81,82	T3	87,50	T4	76,47	T5	72,73	T6	75,00						
T3	87,50	T4	76,47	T5	72,73	T6	75,00								
T4	76,47	T5	72,73	T6	75,00										
T5	72,73	T6	75,00												
T6	75,00														
PROMEDIOS		PROMEDIOS		PROMEDIOS		PROMEDIOS		PROMEDIOS		PROMEDIOS		PROMEDIOS		PROMEDIOS	
88,24		82,35		88,24		81,82		87,50		76,47		72,73		75,00	

Tratamiento		Combinar		Descripción del tratamiento		Factor A*B		(cm)	
T1	2,00	T2	2,00	T3	1,00	T4	3,00	T5	2,00
BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		BLOQUE 4		BLOQUE 5	
T1	3,00	T2	1,00	T3	2,00	T4	4,00	T5	3,00
BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		BLOQUE 4		BLOQUE 5	
T1	2,00	T2	2,00	T3	1,00	T4	3,00	T5	2,00
BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		BLOQUE 4		BLOQUE 5	

3,00
17,64/70588
82,35/9412

Variable PRUEBA DE GERMINACION (%)

TRATAMIENTO	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1	100,00	100,00	94,12
T2	100,00	90,00	100,00
T3	100,00	100,00	87,50
T4	88,24	88,24	88,24
T5	81,82	81,82	90,91
T6	87,50	100,00	100,00

Variedad	Densidad	Bloque	% Germinacion
Legacy	17 plant	bloq I	100,00
Legacy	11 plant	bloq I	100,00
Legacy	8 planta	bloq I	100,00
UG 2111	17 plant	bloq I	88,24
UG 2111	11 plant	bloq I	81,82
UG 2111	8 planta	bloq I	87,50
Legacy	17 plant	bloq II	100,00
Legacy	11 plant	bloq II	90,00
Legacy	8 planta	bloq II	100,00
UG 2111	17 plant	bloq II	88,24
UG 2111	11 plant	bloq II	81,82
UG 2111	8 planta	bloq II	100,00
Legacy	17 plant	bloq III	94,12
Legacy	11 plant	bloq III	100,00
Legacy	8 planta	bloq III	87,50
UG 2111	17 plant	bloq III	88,24
UG 2111	11 plant	bloq III	90,91
UG 2111	8 planta	bloq III	100,00

Modelo de analisis
bloque densidad variedad
variedad *densidad

BLOQUE	No MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	(%)	100,00	100,00	100,00	88,24	81,82	87,50
	PROMEDIOS	100,00	100,00	100,00	88,24	81,82	87,50

BLOQUE	No MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
II	(%)	100,00	90,00	100,00	88,24	81,82	100,00
	PROMEDIOS	100,00	90,00	100,00	88,24	81,82	100,00

BLOQUE	No MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
III	(%)	94,12	100,00	87,50	88,24	90,91	100,00
	PROMEDIOS	94,12	100,00	87,50	88,24	90,91	100,00

BLOQUE 1						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	
1Semillas Germ	17,00	10,00	15,00	9,00	7,00	
2semillas Total	17,00	10,00	17,00	10,00	8,00	
BLOQUE 2						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	
1Semillas Germ	17,00	9,00	15,00	9,00	8,00	
2semillas Total	17,00	10,00	17,00	10,00	8,00	
BLOQUE 3						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	
1Semillas Germ	16,00	10,00	15,00	10,00	8,00	
2semillas Total	17,00	10,00	17,00	10,00	8,00	

Tratamiento	C Descripción del tratamiento	(cm)
T1	v Legacy+17 plantas/m ²	30*20
T2	v Legacy+11 plantas/m ²	30*30
T3	v Legacy+8 plantas/m ²	30*40
T4	v UG 2111+17 plantas/m ²	30*20
T5	v UG 2111+11 plantas/m ²	30*30
T6	v UG 2111+8 plantas/m ²	30*40

variable ALTURA DE PLANTA (m)

TRATAMIENTO	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	Variedad	Densidad	Bloque	Alt. de planta
T1	0,48	0,47	0,55	Legacy	17	bloq I	0,48
T2	0,49	0,53	0,57	Legacy	11	bloq I	0,49
T3	0,48	0,53	0,57	Legacy	8	plant bloq I	0,48
T4	0,40	0,42	0,51	UG 2111	17	plan bloq I	0,40
T5	0,37	0,45	0,46	UG 2111	11	plan bloq I	0,37
T6	0,46	0,46	0,48	UG 2111	8	plant bloq I	0,46
LEGACY							
UG 2111							
Legacy	UG2111	Legacy	UG 2111	Legacy	17	plan bloq II	0,47
07/04/2014	8,47	7,47	0,42	UG 2111	17	plan bloq II	0,42
07/04/2014	9,09	8,09	0,45	UG 2111	11	plan bloq II	0,45
07/04/2014	12,9	11,9	0,46	UG 2111	8	plant bloq II	0,46
12/05/2015	16,52	15,52	0,55	Legacy	17	plan bloq III	0,55
13/05/2015	20,91	19,91	0,57	Legacy	11	plan bloq III	0,57
14/05/2015	20,91	19,91	0,51	Legacy	8	plant bloq III	0,51
26/06/2014	32,53	20,53	0,46	UG 2111	17	plan bloq III	0,46
27/06/2014	37,15	27,15	0,48	UG 2111	11	plan bloq III	0,48
28/06/2014	41,95	31,95		UG 2111	8	plant bloq III	
10/07/2014	44,77	34,77					
11/07/2014	48,06	38,06					
12/07/2014	52,23	45,1					

BLOQUE TO MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
II	0,47	0,50	0,57	0,42	0,45	0,51
II	0,48	0,51	0,56	0,42	0,48	0,49
II	0,49	0,49	0,54	0,42	0,39	0,43
II	0,45	0,54	0,49	0,38	0,43	0,45
II	0,47	0,54	0,51	0,41	0,46	0,40
II	0,48	0,58	0,53	0,44	0,46	0,45
PROMEDIOS	0,47	0,53	0,53	0,42	0,45	0,46

BLOQUE TO MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
III	0,58	0,62	0,60	0,51	0,47	0,49
III	0,58	0,56	0,55	0,55	0,45	0,50
III	0,51	0,52	0,53	0,48	0,42	0,50
III	0,55	0,52	0,59	0,49	0,45	0,43
III	0,56	0,59	0,56	0,50	0,49	0,46
III	0,49	0,58	0,61	0,52	0,47	0,50
PROMEDIOS	0,55	0,57	0,57	0,51	0,46	0,48

variable DIAMETRO DE INFLORESCENCIA (m)

TRATAMIENTO	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	Variedad	Densidad	Bloque	Diámetro de infl.
T1	0,12	0,08	0,15	Legacy	17 plantas	bloq I	0,12
T2	0,15	0,14	0,16	Legacy	11 plantas	bloq I	0,15
T3	0,13	0,14	0,14	Legacy	8 plantas/	bloq I	0,13
T4	0,10	0,09	0,09	UG 21111	17 plantas	bloq I	0,10
T5	0,06	0,13	0,10	UG 21111	11 plantas	bloq I	0,06
T6	0,10	0,15	0,10	UG 21111	8 plantas/	bloq I	0,10
LEGACY							
UG 21111							
Legacy	17 plantas	bloq II	0,08	Legacy	17 plantas	bloq II	0,08
Legacy	11 plantas	bloq II	0,14	Legacy	11 plantas	bloq II	0,14
Legacy	8 plantas/	bloq II	0,14	Legacy	8 plantas/	bloq II	0,14
UG 21111	17 plantas	bloq II	0,09	UG 21111	17 plantas	bloq II	0,09
UG 21111	11 plantas	bloq II	0,13	UG 21111	11 plantas	bloq II	0,13
UG 21111	8 plantas/	bloq II	0,15	UG 21111	8 plantas/	bloq II	0,15
Legacy	17 plantas	bloq III	0,15	Legacy	17 plantas	bloq III	0,15
Legacy	11 plantas	bloq III	0,16	Legacy	11 plantas	bloq III	0,16
Legacy	8 plantas/	bloq III	0,14	Legacy	8 plantas/	bloq III	0,14
UG 21111	17 plantas	bloq III	0,09	UG 21111	17 plantas	bloq III	0,09
UG 21111	11 plantas	bloq III	0,10	UG 21111	11 plantas	bloq III	0,10
UG 21111	8 plantas/	bloq III	0,10	UG 21111	8 plantas/	bloq III	0,10

Modelo de analisis	Bloque	densidad	variedad	variedad *densidad
1	1	1	1	1
2	1	2	1	2
3	1	3	1	3
4	1	4	1	4
5	1	5	1	5
6	1	6	1	6

BLOQUE No MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	0,15	0,15	0,16	0,10	0,06	0,10
2	0,11	0,15	0,17	0,10	0,08	0,11
3	0,10	0,14	0,15	0,11	0,06	0,09
4	0,10	0,15	0,12	0,09	0,06	0,09
5	0,15	0,12	0,07	0,08	0,08	0,12
6	0,10	0,17	0,13	0,09	0,04	0,11
PROMEDIOS	0,12	0,15	0,13	0,10	0,06	0,10

BLOQUE No MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	0,09	0,14	0,11	0,09	0,15	0,16
2	0,08	0,14	0,16	0,08	0,13	0,16
3	0,07	0,15	0,15	0,08	0,15	0,16
4	0,08	0,11	0,10	0,09	0,11	0,14
5	0,08	0,12	0,13	0,09	0,12	0,13
6	0,09	0,15	0,16	0,10	0,12	0,13
PROMEDIOS	0,08	0,14	0,14	0,09	0,13	0,15

BLOQUE No MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	0,15	0,17	0,14	0,09	0,11	0,09
2	0,14	0,19	0,15	0,10	0,10	0,10
3	0,13	0,17	0,15	0,08	0,11	0,10
4	0,13	0,14	0,14	0,07	0,09	0,11
5	0,18	0,14	0,13	0,11	0,07	0,08
6	0,16	0,14	0,13	0,09	0,10	0,12
PROMEDIOS	0,15	0,16	0,14	0,09	0,10	0,10

variable DIAZ A LA MADUREZ (dias)

TRATAMIENTO	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1	97	99	98
T2	97	96	96
T3	96	96	95
T4	108	110	110
T5	110	108	110
T6	109	109	109

Varietal	Densidad	Bloque	Dias a la madurez
Legacy	17 plantas/ bloq I		97
Legacy	11 plantas/ bloq I		97
Legacy	8 plantas/ bloq I		96
UG 2111	17 plantas/ bloq I		108
UG 2111	11 plantas/ bloq I		110
UG 2111	8 plantas/ bloq I		109
Legacy	17 plantas/ bloq II		99
Legacy	11 plantas/ bloq II		96
Legacy	8 plantas/ bloq II		96
UG 2111	17 plantas/ bloq II		110
UG 2111	11 plantas/ bloq II		108
UG 2111	8 plantas/ bloq II		109
Legacy	17 plantas/ bloq III		98
Legacy	11 plantas/ bloq III		96
Legacy	8 plantas/ bloq III		95
UG 2111	17 plantas/ bloq III		110
UG 2111	11 plantas/ bloq III		110
UG 2111	8 plantas/ bloq III		109

Modelo de analisis
bloque densidad variedad variedad * densidad

BLOQUE No MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	96	96	96	109	110	109
I	98	95	96	105	109	109
I	98	94	96	105	109	109
I	98	100	98	110	110	110
I	98	101	95	109	110	109
I	96	98	94	109	109	110
PROMEDIOS	97	97	96	108	110	109

BLOQUE No MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
II	98	98	95	110	109	110
II	100	96	96	110	109	109
II	101	96	96	111	109	109
II	98	96	96	111	109	109
II	98	95	95	111	105	109
II	98	94	96	109	109	109
PROMEDIOS	99	96	96	110	108	109

BLOQUE No MUESTRA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
III	95	95	95	111	110	109
III	98	96	96	110	109	108
III	96	98	95	110	109	108
III	98	98	95	110	109	109
III	98	95	95	110	110	109
III	100	95	95	110	111	109
PROMEDIOS	97,50	96,17	95,17	110,17	109,67	108,67

siembra 09/03/2014
emergenc 14/03/2014 5 dias de germinacion
 trasplante 07/04/2014
 formacion (12/06/2014
 cosecha 12/07/2014 1ra
 17/07/2014 2da
 25/07/2014 3da

Tratamiento	Combinaci	Descripci3n del tratamiento	[cm]
T1	Vd1	Legacy+17 plantas/m ² 30*20	
T2	Vd2	Legacy+11 plantas/m ² 30*30	
T3	Vd3	Legacy+8 plantas/m ² 30*40	
T4	V2 4L	UG 2111+17 plantas/ 30*20	
T5	V2 4E	UG 2111+11 plantas/ 30*30	
T6	V2d3	UG 2111+8 plantas/ 30*40	

variable PESO DE PELLA (kg)

TRATAMIENTO BLOQUE I BLOQUE II BLOQUE III						
T1	0,39	0,31	0,33	0,33	0,33	0,35
T2	0,40	0,33	0,43	0,40	0,40	0,15
T3	0,41	0,36	0,36	0,41	0,41	0,15
T4	0,29	0,30	0,31	0,29	0,29	0,10
T5	0,18	0,45	0,35	0,18	0,18	0,20
T6	0,16	0,57	0,35	0,16	0,16	0,20
LEGACY						
UG 2111						
Variedad Densidad Bloque Peso de la Pella						
Legacy 17 plantas, bloq I	0,39	0,31	0,33	0,31	0,31	0,20
Legacy 11 plantas, bloq I	0,40	0,33	0,43	0,40	0,40	0,20
Legacy 8 plantas/I bloq I	0,41	0,36	0,36	0,41	0,41	0,15
UG 2111 17 plantas, bloq I	0,29	0,30	0,31	0,29	0,29	0,10
UG 2111 11 plantas, bloq I	0,18	0,45	0,35	0,18	0,18	0,20
UG 2111 8 plantas/I bloq I	0,16	0,57	0,35	0,16	0,16	0,20
Legacy 17 plantas, bloq II	0,31	0,31	0,33	0,31	0,31	0,20
Legacy 11 plantas, bloq II	0,33	0,33	0,43	0,33	0,33	0,20
Legacy 8 plantas/I bloq II	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,15
UG 2111 17 plantas, bloq II	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,15
UG 2111 11 plantas, bloq II	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,15
UG 2111 8 plantas/I bloq II	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,10
Legacy 17 plantas, bloq III	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,20
Legacy 11 plantas, bloq III	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,20
Legacy 8 plantas/I bloq III	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,15
UG 2111 17 plantas, bloq III	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,15
UG 2111 11 plantas, bloq III	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,15
UG 2111 8 plantas/I bloq III	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,10
Modelo de analisis						
	bloque					
	densidad					
	variedad					
	variedad *densidad					
BLOQUE No MUESTRA						
I	0,55	0,45	0,50	0,25	0,20	0,15
I	0,35	0,35	0,50	0,30	0,15	0,15
I	0,20	0,25	0,45	0,45	0,20	0,15
I	0,40	0,50	0,32	0,30	0,20	0,10
I	0,55	0,43	0,35	0,20	0,20	0,20
I	0,30	0,40	0,35	0,25	0,15	0,20
PROMEDIOS	0,39	0,40	0,41	0,29	0,18	0,16
BLOQUE No MUESTRA						
II	0,35	0,35	0,25	0,32	0,35	0,40
II	0,30	0,35	0,30	0,30	0,55	0,80
II	0,25	0,25	0,50	0,25	0,40	0,75
II	0,30	0,40	0,45	0,30	0,40	0,50
II	0,30	0,30	0,30	0,25	0,55	0,45
II	0,35	0,35	0,35	0,35	0,45	0,50
PROMEDIOS	0,31	0,33	0,36	0,30	0,45	0,57
BLOQUE No MUESTRA						
T1	0,40	0,50	0,30	0,33	0,35	0,40
T2	0,30	0,45	0,35	0,35	0,40	0,30
T3	0,30	0,55	0,40	0,30	0,43	0,30
T4	0,25	0,35	0,35	0,28	0,30	0,30
T5	0,40	0,35	0,40	0,32	0,30	0,40
T6	0,35	0,40	0,35	0,30	0,32	0,38
PROMEDIOS	0,33	0,43	0,36	0,31	0,35	0,35

Variable RENDIMIENTOS (Tm/ha)

Tm/ha

TRATAMIENTO	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	K
T1	10,88	8,56	9,26	9,57
T2	7,35	6,17	8,02	7,18
T3	5,72	4,98	4,58	5,22
T4	8,10	8,19	8,70	8,33
T5	3,40	8,33	6,48	6,07
T6	2,20	7,87	4,81	4,56

Tratamiento	Combinación	Descripción del tratamiento	(cm)
T1	V1d1	Legacy+17 plantas/m ²	30*20
T2	V1d2	Legacy+11 plantas/m ²	30*30
T3	V1d3	Legacy+8 plantas/m ²	30*40
T4	V2d1	UG 2111+17 plantas/m ²	30*20
T5	V2d2	UG 2111+11 plantas/m ²	30*30
T6	V2d3	UG 2111+8 plantas/m ²	30*40

Variedad	Densidad	Bloque	Rendimientos
Legacy	17 plantas/ bloq I	bloq I	6,17
Legacy	11 plantas/ bloq I	bloq I	4,98
Legacy	8 plantas/ bloq I	bloq I	5,72
UG 2111	17 plantas/ bloq I	bloq I	8,10
UG 2111	11 plantas/ bloq I	bloq I	3,40
UG 2111	8 plantas/ bloq I	bloq I	2,20
Legacy	17 plantas/ bloq II	bloq II	8,56
Legacy	11 plantas/ bloq II	bloq II	6,17
Legacy	8 plantas/ bloq II	bloq II	4,98
UG 2111	17 plantas/ bloq II	bloq II	8,19
UG 2111	11 plantas/ bloq II	bloq II	8,33
UG 2111	8 plantas/ bloq II	bloq II	7,87
Legacy	17 plantas/ bloq III	bloq III	9,26
Legacy	11 plantas/ bloq III	bloq III	8,02
Legacy	8 plantas/ bloq III	bloq III	4,98
UG 2111	17 plantas/ bloq III	bloq III	8,70
UG 2111	11 plantas/ bloq III	bloq III	6,48
UG 2111	8 plantas/ bloq III	bloq III	4,81

Modelo de análisis
bloque
densidad
variedad
variedad * densidad

KG

BLOQUE o MUESTRA		T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	1	0,55	0,45	0,50	0,25	0,20	0,15
	2	0,35	0,35	0,50	0,30	0,15	0,15
	3	0,20	0,25	0,45	0,45	0,20	0,15
	4	0,40	0,30	0,32	0,30	0,20	0,10
	5	0,55	0,43	0,35	0,20	0,20	0,20
	6	0,30	0,40	0,35	0,25	0,15	0,20
PROMEDIOS		0,36	0,36	0,43	0,30	0,20	0,15

KG

BLOQUE o MUESTRA		T1	T2	T3	T4	T5	T6
II	1	0,35	0,35	0,25	0,32	0,35	0,40
	2	0,30	0,35	0,30	0,30	0,55	0,80
	3	0,25	0,25	0,50	0,25	0,40	0,75
	4	0,30	0,40	0,45	0,30	0,40	0,50
	5	0,30	0,30	0,30	0,25	0,55	0,45
	6	0,35	0,35	0,35	0,35	0,45	0,50
PROMEDIOS		0,31	0,34	0,37	0,32	0,45	0,50

KG

BLOQUE o MUESTRA		T1	T2	T3	T4	T5	T6
III	1	0,40	0,30	0,30	0,33	0,35	0,40
	2	0,30	0,45	0,35	0,35	0,40	0,30
	3	0,30	0,55	0,40	0,30	0,43	0,30
	4	0,25	0,35	0,35	0,28	0,30	0,30
	5	0,40	0,35	0,40	0,32	0,30	0,40
	6	0,35	0,40	0,35	0,30	0,32	0,38
PROMEDIOS		0,33	0,40	0,36	0,33	0,35	0,36

ANEXO 4. Análisis estadísticos de las variables
Infostat [Versión: 02/08/2016]

1. Análisis de la varianza % de germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
prueba de germinacion	18	0,72	0,41	5,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	565,66	9	62,85	2,30	0,1271	
bloque	0,95	2	0,47	0,01	0,9930	
variedad	233,64	1	233,64	3,49	0,2026	
variedad*bloque	133,84	2	66,92	2,45	0,1477	
densidad	77,36	2	38,68	1,42	0,2973	
densidad*variedad	119,87	2	59,94	2,20	0,1737	
Error	218,35	8	27,29			
Total	784,01	17				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 66,9181 gl: 2

variedad Medias n E.E.

Legacy 96,85 9 2,73 A

UG2111 89,64 9 2,73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 27,2939 gl: 8

densidad Medias n E.E.

8 plantas/m² 95,83 6 2,13 A

17 plantas/m² 93,14 6 2,13 A

11 plantas/m² 90,76 6 2,13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

2. Análisis de la varianza % de prendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de prendimiento	18	0,85	0,68	6,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	1014,68	9	112,74	5,07	0,0160	
bloque	150,23	2	75,11	4,10	0,1963	(variedad*bloque)
variedad	776,84	1	776,84	42,35	0,0228	(variedad*bloque)
variedad*bloque	36,68	2	18,34	0,83	0,4722	
densidad	41,43	2	20,72	0,93	0,4326	
densidad*variedad	9,50	2	4,75	0,21	0,8119	
Error	177,77	8	22,22			
Total	1192,46	17				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 18,3416 gl: 2

variedad Medias n E.E.

Legacy 84,82 9 1,43 A

UG2111 71,68 9 1,43 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 22,2216 gl: 8

densidad Medias n E.E.

17 plantas/m² 80,39 6 1,92 A

11 plantas/m² 77,28 6 1,92 A

8 plantas/m² 77,08 6 1,92 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

3. Análisis de la varianza altura de planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta	18	0,90	0,79	5,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	0,05	9	0,01	8,19	0,0035	
bloque	0,02	2	0,01	134,33	0,0074	(variedad*bloque)
variedad	0,02	1	0,02	363,00	0,0027	(variedad*bloque)
variedad*bloque	1,3E-04	2	6,7E-05	0,11	0,9005	
densidad	2,0E-03	2	1,0E-03	1,60	0,2600	
densidad*variedad	2,0E-03	2	1,0E-03	1,62	0,2567	
Error	0,01	8	6,3E-04			
Total	0,05	17				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0001 gl: 2

variedad Medias n E.E.

Legacy 0,52 9 2,7E-03 A

UG2111 0,45 9 2,7E-03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0006 gl: 8

<u>densidad</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
8 plantas/m ²	0,50	6	0,01 A
11 plantas/m ²	0,48	6	0,01 A
17 plantas/m ²	0,47	6	0,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4. Análisis de la varianza diámetro de tallo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
diámetro de tallo	18	0,57	0,08	12,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	1,45	9	0,16	1,16	0,4218	
bloque	0,10	2	0,05	0,13	0,8832	(variedad*bloque)
variedad	0,34	1	0,34	0,92	0,4394	(variedad*bloque)
variedad*bloque	0,75	2	0,37	2,68	0,1282	
densidad	0,22	2	0,11	0,80	0,4804	
densidad*variedad	0,04	2	0,02	0,15	0,8618	
Error	1,11	8	0,14			
Total	2,56	17				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,3727 gl: 2

<u>variedad</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Legacy	3,20	9	0,20 A
UG2111	2,92	9	0,20 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1388 gl: 8

<u>densidad</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
8 plantas/m ²	3,16	6	0,15 A
11 plantas/m ²	3,12	6	0,15 A
17 plantas/m ²	2,91	6	0,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

5. Análisis de la varianza días a la madurez

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
días a la madurez	18	0,99	0,98	0,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	719,83	9	79,98	89,98	<0,0001	
bloque	0,11	2	0,06	0,08	0,9286	(variedad*bloque)
variedad	709,39	1	709,39	982,23	0,0010	(variedad*bloque)
variedad*bloque	1,44	2	0,72	0,81	0,4773	
densidad	5,44	2	2,72	3,06	0,1029	
densidad*variedad	3,44	2	1,72	1,94	0,2060	
Error	7,11	8	0,89			
Total	726,94	17				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,7222 gl: 2

variedad Medias n E.E.

UG2111 109,22 9 0,28 A

Legacy 96,67 9 0,28 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,8889 gl: 8

densidad Medias n E.E.

17 plantas/m² 103,67 6 0,38 A

11 plantas/m² 102,83 6 0,38 A B

8 plantas/m² 102,33 6 0,38 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

6. Análisis de la varianza diámetro de la inflorescencia

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
diámetro de inflorescencia	18	0,76	0,49	17,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	0,01	9	1,2E-03	2,81	0,0801	
bloque	6,3E-04	2	3,2E-04	0,22	0,8196	(variedad*bloque)
variedad	4,7E-03	1	4,7E-03	3,25	0,2133	(variedad*bloque)
variedad*bloque	2,9E-03	2	1,4E-03	3,36	0,0871	
densidad	1,6E-03	2	8,2E-04	1,91	0,2100	
densidad*variedad	1,0E-03	2	5,1E-04	1,18	0,3551	
Error	3,4E-03	8	4,3E-04			
Total	0,01	17				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0014 gl: 2

variedad Medias n E.E.

Legacy 0,13 9 0,01 A

UG2111 0,10 9 0,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

7. Análisis de la varianza peso de la pella

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
peso de la pella	18	0,69	0,34	21,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	0,10	9	0,01	1,99	0,1734	
bloque	0,02	2	0,01	0,31	0,7645	(variedad*bloque)
variedad	0,01	1	0,01	0,22	0,6864	(variedad*bloque)
variedad*bloque	0,07	2	0,03	5,78	0,0280	
densidad	0,01	2	3,5E-03	0,62	0,5621	
densidad*variedad	1,4E-03	2	7,2E-04	0,13	0,8838	
Error	0,05	8	0,01			
Total	0,15	17				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0330 gl: 2

variedad Medias n E.E.

Legacy 0,37 9 0,06 A

UG2111 0,33 9 0,06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0057 gl: 8

densidad Medias n E.E.

8 plantas/m² 0,37 6 0,03 A

11 plantas/m² 0,36 6 0,03 A

17 plantas/m² 0,32 6 0,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

8. Análisis de la varianza rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
rendimiento	18	0,86	0,71	17,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	646,39	9	71,82	5,60	0,0118	
bloque	33,27	2	16,63	0,20	0,8342	(variedad*bloque)
variedad	30,60	1	30,60	0,37	0,6068	(variedad*bloque)
variedad*bloque	167,37	2	83,69	6,52	0,0209	
densidad	407,58	2	203,79	15,88	0,0016	
densidad*variedad	7,56	2	3,78	0,29	0,7524	
Error	102,64	8	12,83			
Total	749,02	17				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 83,6855 gl: 2

variedad Medias n E.E.

Legacy 21,97 3 1,05 A

UG2111 19,36 3 1,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 12,8294 gl: 8

densidad Medias n E.E.

17 plantas/m² 26,85 6 1,46 A

11 plantas/m² 19,88 6 1,46 B

8 plantas/m² 15,28 6 1,46 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO 5. Costos de producción por hectárea.

CONCEPTO	UNID.	CANTID.	SIN RIEGO		CON RIEGO		Rendimientos					
			PRECIO UNIT (Bs)	TOTAL Bs	PRECIO UNIT (Bs)	TOTAL Bs	BIENES TRANS.	MATERIAL LOCAL	M.O. NO CAL. RURAL	BIENES TRANS.	MATERIAL LOCAL	M.O. NO CAL. RURAL
Riego pre-siembra	jornal	0,00	0,00	0,00	1,00	80,00	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80,00
Arada	jornal	0,00	0,00	0,00	0,00	120,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cruzada	jornal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Estercolado	jornal	2,00	80,00	160,00	2,00	80,00	160,00	0,00	160,00	0,00	0,00	160,00
Surcado y enterrado	jornal	4,00	80,00	320,00	4,00	80,00	320,00	0,00	320,00	0,00	0,00	320,00
Siembra	jornal	4,00	80,00	320,00	2,00	80,00	160,00	0,00	320,00	0,00	0,00	320,00
Fertilización	jornal	2,00	80,00	160,00	2,00	80,00	160,00	0,00	160,00	0,00	0,00	160,00
Rayado	jornal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Aporque	jornal	1,00	80,00	80,00	1,00	80,00	80,00	0,00	80,00	0,00	0,00	80,00
Deshierbe	jornal	3,00	80,00	240,00	3,00	80,00	240,00	0,00	240,00	0,00	0,00	240,00
Aplic. Insecticida (*) Fungic. (O)	jornal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Riegos (I)	jornal	0,00	0,00	0,00	5,00	80,00	400,00	0,00	0,00	0,00	0,00	400,00
Limpieza canales	jornal	0,00	0,00	0,00	1,00	80,00	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80,00
Cosecha manual	jornal	5,00	80,00	400,00	5,00	80,00	400,00	0,00	400,00	0,00	0,00	400,00
Manipuleo y traslado	jornal	3,00	80,00	240,00	3,00	80,00	240,00	0,00	240,00	0,00	0,00	240,00
Sub-total Mano de Obra				1920,00			2480,00			0,00		2480,00
Arada	hora	4,00	110,00	440,00	4,00	110,00	440,00	440,00	0,00	0,00	0,00	440,00
Doble rastra	hora	2,00	60,00	120,00	2,00	60,00	120,00	120,00	0,00	0,00	0,00	120,00
Siembra	hora	2,00	120,00	240,00	2,00	120,00	240,00	240,00	0,00	0,00	0,00	240,00
Rayado	hora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aporque	hora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros:(carpida c/cultivadora)	yurta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sub-total tracción				800,00			800,00			800,00		800,00
Semilla	qq	2,00	70,00	140,00	2,00	70,00	140,00	0,00	0,00	0,00	0,00	140,00
Estiercol	tn	2,00	400,00	800,00	2,00	400,00	800,00	0,00	800,00	0,00	0,00	800,00
Fertilizantes (Bio)	lts	2,00	150,00	300,00	2,00	150,00	300,00	300,00	0,00	0,00	0,00	300,00
Insecticidas (Karate)	lts	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fungicidas	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sub-total Insumos				1240,00			1240,00			300,00		940,00
Gastos generales (5%)	Bs			198,00			226,00					
Interés(50% de Gast.griles.)	Bs			99,00			113,00					
Sub-total Gastos Griles.				297,00			339,00					
TOTAL COSTO	Bs/ha			4257,00			4859,00			1.100,00		940,00
Rendimiento/precio	tn/ha	4,50	2193,56	9871,02	8,95	2193,56	19632,36					
Rendlo./precio otros subpro	tn/ha		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
TOTAL INGRESO	tn/ha			9871,02			19632,36					
UTILIDAD	Bs			5614,02			14773,36					

TIPO DE CAMBIO: \$US 1= Bs

6,96

Bc

2,32

4,04

ANEXO 6. Reporte fotográfico



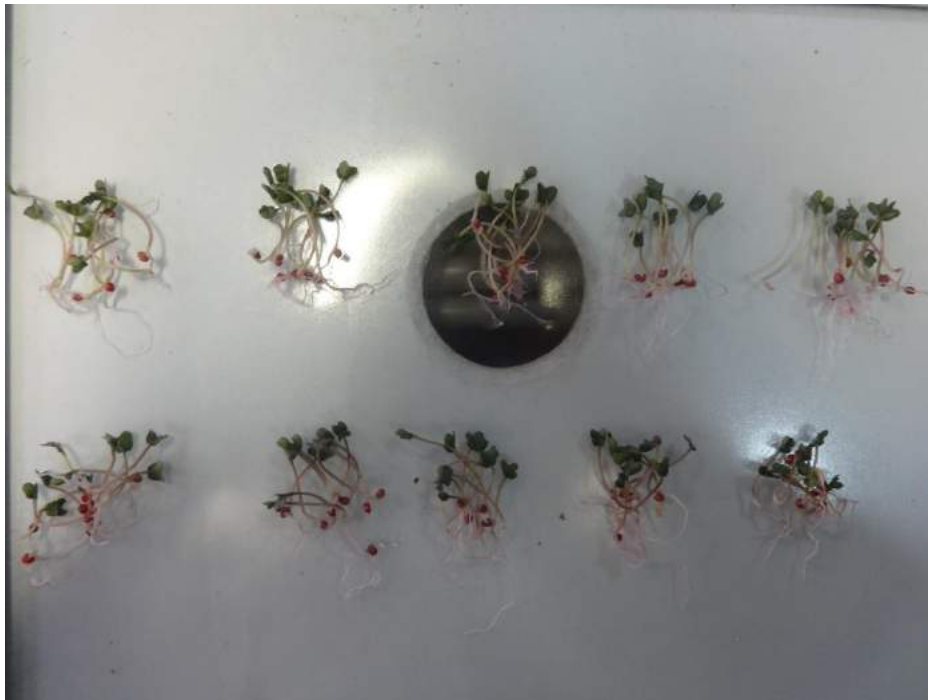
Fotografía 1. Siembra para la prueba de germinación



Fotografía 2. Siembra en la cámara de germinación (laboratorio INIAF – La Paz)



Fotografía 3. Plántulas para conteo y evaluación



Fotografía 4. Cuantificación y evaluación de la variedad Legacy



Fotografía 5. Cuantificación y evaluación la variedad UG 2111



Fotografía 6. 30 días después de la siembra (Legacy vs UG 2111)



Fotografía 7. Trasplante a terreno definitivo



Fotografía 8. Establecimiento de plantín en la parcela experimental



Fotografía 9. Escarda y desmalezado



Fotografía 10. Riego por cintas de goteo



Fotografía 11. Fase de crecimiento



Fotografía 12. Baja presencia de mosca blanca en la parcela experimental



Fotografía 13. Presencia de pulgón rojo en el envés de la hoja



Fotografía 14. Fase de formación de pella del brócoli



Fotografía 15. Toma de datos de la variable diámetro de pella



Fotografía 16. Cosecha manual de brócoli



Fotografía 17. Producto para la venta



Fotografía 18. Cosecha de brócoli de la parcela a nivel experimental