

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN VARIEDADES DE BRÓCOLI
(*Brassica oleracea* L.) BAJO ABONOS ORGÁNICOS Y DENSIDADES
DE TRANSPLANTE

Presentada por:

ROLANDO JAHNSEN TOLEDO YUPANQUI

LA PAZ - BOLIVIA
2006

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN VARIEDADES DE BRÓCOLI
(*Brassica oleracea* L.) BAJO ABONOS ORGÁNICOS Y DENSIDADES
DE TRANSPLANTE**

Tesis de grado para optar el título de:

LICENCIATURA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Presentado por:

ROLANDO JAHNSEN TOLEDO YUPANQUI

ASESORES:

Ing. Jorge Pascuali Cabrera (Tutor)

Ing. René Calatayud Valdez (Asesor)

TRIBUNALES:

Ing. Teresa Ruiz Díaz L.P.

Ing. Celia Fernández Chávez

Ing. Freddy Porco Chiri

Vo Bo

Ing. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera
DECANO

LA PAZ - BOLIVIA
2006

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre: German Toledo.

A mi familia: Dominga Yupanqui Condori mi esposa, por su sacrificio entregado y paciencia durante el tiempo de mis estudios, Daysi, Carla Lorena y Juan Pablo mis hijos que brillan en mi destino.

Con gratitud a mi madre: Melchora Yupanqui que supo brindarme todo su apoyo, a mis hermanos: Jorge, Benjamín, Manuel, Juana, Jaime, Alicia, Víctor y sobrinos.

A la señora: Juana Condori Mamani, mi madre política quien con cariño me acogió en la familia.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme y conservarme la vida para culminar las diferentes metas personales propuestas.

A la Universidad mayor de San Andrés (UMSA), por presentar las condiciones para cursar mis estudios superiores.

A la Facultad de Agronomía que con un buen plantel académico y administrativo, me formaron profesionalmente.

A mis asesores:

Ing. Jorge Pascuali Cabrera
Ing. Rene Calatayud Valdez

Por la predisposición y apoyo constante en la realización del presente trabajo.

A los miembros del tribunal revisor:

Ing. Teresa Ruiz Díaz L.P.
Ing. Celia Fernández Chávez
Ing. Freddy Porco Chiri

Por las observaciones precisas y sugerencias para la mejora de la presente edición.

Al Ingeniero: José Luis Quispe por su apoyo intelectual y colaboración desinteresada en la conclusión del presente trabajo.

CONTENIDO		Pag.
Carátula		i
Portada		ii
Dedicatoria		iii
Agradecimiento		iv
Índice de contenidos		v
Cuadros		ix
Gráficos y figuras		x
Anexos		xi
Resumen		xii
I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo general	2
1.2	Objetivos específicos	2
1.3	Hipótesis	2
II.	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Origen del brócoli	3
2.2	Importancia del brócoli	3
2.3	Valor nutritivo	3
2.4	Descripción morfológica del brócoli	4
2.5	Clasificación taxonómica de brócoli	5
2.6	Tipos y cultivares de brócoli	5
2.7	Agro ecología del brócoli	6
2.8	Características agronómicas del brócoli	6
2.8.1	Requerimiento del cultivo	6
2.9	Abono orgánico	7
2.9.1	Importancia de abono orgánico	7
2.9.2	Descomposición de la materia orgánica	7
2.9.3	Estiércol de porcino	8
2.9.4	Algas oreadas río lacustre	8
2.10	Siembra	9
2.11	Transplante	9
2.12	Densidad de plantación	9
2.13	Labores culturales	10
2.13.1	Control de malezas	10
2.13.2	Control fitosanitario	10
2.13.3	Riego	11

2.13.4	Aporque y escarda	11
2.13.5	Cosecha	11
2.14.	Rendimiento	11
2.15	Almacenamiento y comercialización	12
2.16	Plagas	12
2.17	Enfermedades	13
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1	Ubicación del área de estudio	14
3.1.1	Localización geográfica	14
3.1.2	Agro ecología de la zona	14
3.1.3	Características agrícolas	14
3.1.4	Características climáticas	15
3.1.5	Características fisiográficas	15
3.1.6	Vegetación	16
3.2	Materiales	16
3.2.1	Material biológico	17
3.2.2	Material de campo	17
3.2.3	Equipo e instrumentos	17
3.2.4	Material de gabinete	18
3.3	Metodología	18
3.3.1	Registro de temperaturas	18
3.3.2	Diseño experimental	18
3.3.3	Modelo lineal aditivo	19
3.3.4	Características de los tratamientos	19
3.3.5	Preparación del terreno y muestreo de suelos	20
3.3.6	Análisis físico y químico de suelos	21
3.3.7	Análisis de abonos orgánicos	22
3.3.8	Siembra en la almaciguera	22
3.3.9	Trazado de parcelas experimentales	23
3.3.10	Transplante de plántulas	23
3.3.11	Aplicación del abono orgánico	23
3.3.12	Riego	23
3.3.13	Refalle	24
3.3.14	Aporque, deshierbe y escarda	24
3.3.15	Control fitosanitario	24
3.3.16	Cosecha y rendimiento	24
3.4	Variables de respuesta	25

3.4.1	Días a la emergencia	25
3.4.2	Días al trasplante	25
3.4.3	Altura de la planta	25
3.4.4	Diámetro de tallo	25
3.4.5	Diámetro de la cabeza	26
3.4.6	Peso promedio de la inflorescencia principal	26
3.4.7	Rendimiento del cultivo en cabeza comercial	26
3.4.8	Análisis económico	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	27
4.1	Interpretación fertilidad del suelo en base al análisis de laboratorio	27
4.2	Efecto de materia orgánica sobre las propiedades físico-químicas	28
4.3	Temperatura de la zona	29
4.4	Humedad relativa durante el ensayo	31
4.5	Variables agronómicas del cultivo de brócoli	33
4.5.1	Fase I. Desarrollo en almaciguera	33
4.5.2	Fase II. Desarrollo en lugar definitivo	34
4.6	Variables agronómicas durante el crecimiento y desarrollo	35
4.6.1	Crecimiento en altura de planta	35
4.6.2	Desarrollo diametral de tallo	36
4.6.3	Desarrollo en diámetro de inflorescencia	37
4.7	Variables agronómicas de la cosecha	39
4.7.1	Diámetro de tallo en el cultivo	39
4.7.2	Diámetro de tallo en la cosecha del cultivo	45
4.7.3	Diámetro de la cabeza en la cosecha cultivo	49
4.8	Rendimiento de inflorescencia principal	52
4.8.1	Rendimiento inflorescencia principal para densidades de plantación	53
4.8.2	Rendimiento inflorescencia principal para variedades de plantación	54
4.9	Rendimiento del cultivo en cabeza comercial	55
4.9.1	Rendimiento promedio de los bloques en cabeza comercial	57
4.9.2	Rendimiento cabeza comercial para densidad de plantación	58
4.9.3	Rendimiento en cabeza comercial para variedades de plantación	59
4.9.4	Interacción abono orgánico por variedad	61
4.9.5	Interacción densidad por variedad	62
4.10	Análisis económico	64
4.10.1	Rendimiento ajustado	64
4.10.2	Beneficio bruto	65
4.10.3	Costos variables	65

4.10.4	Total costos de producción	66
4.10.5	Beneficios netos	66
4.10.6	Curva de beneficios netos	67
V.	CONCLUSIONES	68
5.1	Desde el punto de vista agronómico	68
5.1.1	Altura de tallo	68
5.1.2	Diámetro de tallo	69
5.1.3	Formación y calidad de las inflorescencias	69
5.2	Desde el punto de vista económico	70
VI	RECOMENDACIONES	71
VII	BIBLIOGRAFÍA	72
VIII	ANEXOS	75

CUADROS

1	Composición química del repollo, brócoli y coliflor en crudo	4
2	Composición química del repollo, brócoli y coliflor cocidos	4
3	Composición de materia orgánica, estiércol de porcino y algas oreadas	8
4	Conformación de la vegetación nativa	16
5	Características de las variedades de brócoli	17
6	Características de los tratamientos	20
7	Análisis físico y químico de suelos del experimento	21
8	Análisis de materia orgánica, estiércol de porcino y algas oreadas	22
9	Análisis de varianza de la altura de planta en la cosecha	39
10	Prueba de Duncan para abonos orgánicos en altura de planta	40
11	Prueba de Duncan para densidad de transplante en altura de planta	41
12	Prueba de Duncan para la interacción variedad por abono orgánico	42
13	Prueba de duncan para la interacción variedad por densidad	43
14	Prueba de duncan para la interacción abono orgánico por densidad	44
15	Análisis de varianza del diámetro de tallo en el cultivo de brócoli	46
16	Prueba de Duncan para variedades en diámetro de tallo	46
17	Prueba de Duncan para abonos orgánicos en diámetro de tallo	47
18	Prueba de Duncan para densidades en diámetro de tallo	48
19	Análisis de varianza del diámetro de la cabeza en el cultivo	50
20	Prueba de Duncan para abonos orgánicos en diámetro de la cabeza	50
21	Análisis de varianza del rendimiento en inflorescencia principal	52
22	Prueba de Duncan del rendimiento para densidades en inflorescencia	53
23	Prueba de Duncan del rendimiento para variedades en inflorescencia	54
24	Análisis de varianza del rendimiento promedio en cabeza comercial	56
25	Prueba de Duncan del rendimiento para bloques en cabeza comercial	57
26	Prueba de Duncan del rendimiento para densidad en cabeza comercial	58
27	Prueba de Duncan del rendimiento para variedad en cabeza comercial	60
28	Prueba de Duncan para la interacción abono orgánico por variedad	61
29	Prueba de Duncan para la interacción densidad por variedad	63
30	Calculo del rendimiento ajustado del producto comercial	64
31	Calculo de beneficios brutos	65
32	Calculo de costos variables	65
33	Calculo de los costos de producción	66
34	Calculo de beneficios netos	66

GRÁFICOS Y FIGURAS

1	Temperaturas promedio durante el ensayo	30
2	Humedad relativa durante el ensayo	31
3	Desarrollo fisiológico del cultivo	34
4	Altura de la planta del cultivo durante la fase de crecimiento	35
5	Diámetro de tallo del cultivo durante la fase de crecimiento	37
6	Desarrollo diametral de inflorescencia de los tratamientos	38
7	Efecto de los abonos orgánicos en la altura de planta	41
8	Efecto de las densidades de trasplante en altura de planta	42
9	Altura de la planta para la interacción variedad por abono orgánico	43
10	Altura de planta para la interacción variedad por densidad	44
11	Altura de planta para la interacción abono orgánico por densidad	45
12	Diámetro de tallo para variedades de la planta	47
13	Diámetro de tallo para abonos orgánicos de la planta	48
14	Diámetro de tallo para densidades de la planta	49
15	Diámetro de la cabeza para abonos orgánicos de la planta	51
16	Rendimiento de inflorescencia principal con dos densidades	54
17	Rendimiento en inflorescencia principal con dos variedades	55
18	Rendimiento en cabeza comercial con dos densidades	59
19	Rendimiento en cabeza comercial con dos variedades	61
20	Rendimiento en cabeza comercial con interacción abono por variedad	62
21	Rendimiento cabeza comercial con interacción densidad por variedad	63
22	Curva de beneficios netos por tratamiento	67

ANEXOS

1	Ubicación geográfica del área de estudio	76
2	Croquis y dimensiones del área experimental	77
3	Análisis físico – químico de suelos	78
4	Análisis químico de abonos orgánicos	79
5	Tabla de niveles críticos para la interpretación de fertilidad de suelos	80
	(pH, C.E., CIC, M.O.)	81
6	Base de datos de la variable micro climática (T °C, HR %, PP mm)	82
7	Base de datos de las variables agronómicas (Altura, Diámetro, Rendim.)	83
8	Figuras ilustrativas durante el estudio experimental	85
	Figura 1. Muestra de abonos orgánicos	85
	Figura 2. Era de almácigos de las variedades de brócoli	85
	Figura 3. Establecimiento del cultivo en el área experimental	86
	Figura 4. Muestra de la variedad híbrida pirate	86
	Figura 5. Muestra de la variedad Waltham - 29	86

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en la comunidad de Villa Futani provincia Camacho del departamento de La Paz, Bolivia.

La investigación consistió en la evaluación agronómica en variedades de brócoli bajo abonos orgánicos y densidades de transplante, para ello se considero el diseño bloques al azar con arreglo trifactorial en parcelas subsubdivididas, donde el factor A represento a dos abonos orgánicos (estiércol de porcino y algas oreadas río lacustre), el factor B a dos densidades de transplante (73.333 y 45.870 pltas/ha) y el factor C a dos variedades de brócoli (Híbrido pirate y Waltham 29) conformando 8 tratamientos con 4 repeticiones y un total de 32 unidades experimentales.

La parte experimental fue efectuada a campo abierto de 188.16 m², utilizando material vegetal a la semilla de brócoli, siendo la misma almacenada al boleto a razón de 15 gr./m² por cada variedad en un área de 1.20 m², procediéndose previamente a la desinfección del suelo 48 horas antes de la siembra, a los 35 días de germinación previa selección de plántulas se procedió al transplante en densidades de 0.30 a 0.50 m entre plantas y 0.50 m entre líneas.

Las evaluaciones se registraron quincenalmente, tomándose al azar seis plantas por unidad experimental después del transplante marcándose para posteriores mediciones hasta la cosecha del cultivo, también se aplico el control fitosanitario con fumigaciones preventivas como oxiclóruto de cobre (fungicida) y dimetoato (insecticida) a los 30 y 60 días del transplante.

La información de las variables climatológicas fue registrada después del transplante de plántulas diariamente registrándose temperaturas máximas y mínimas con tres lecturas por día a horas 07:00 a.m., 12:00 p.m. y 18:00.

La cosecha se efectuó por bloques a los 80 y 85 días del transplante, cuando las plantas forman inflorescencias compactas, con 20 cm. de corte en el tallo de la cabeza comercial. Donde se registraron como variables agronómicas de evaluación la altura de planta, diámetro de tallo, diámetro de inflorescencia, peso promedio de inflorescencia principal y rendimiento en cabeza comercial, llegándose a las siguientes resultados:

La incorporación de abono orgánico mejoro las condiciones físicas y químicas del suelo, con una densidad aparente de 1.2 gr/cm³, con un pH de 6.30 y una Capacidad de intercambio cationico de 8 meq/100gr.

Se determino que el tratamiento T₈, con niveles de aplicación a₂b₂c₁ (Algas oreadas río lacustre con 280 kg/ha, densidad de plantación con 45.870 pltas/ha y variedad Híbrido pirate), es el mas adecuado para la producción de brócoli a campo abierto en condiciones de altiplano por ser superior en rendimiento a los otros tratamientos y económicamente mas rentable.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de las hortalizas en el mundo entero, aumenta día a día, por constituir vegetales de gran importancia en la dieta alimenticia humana, entre estos el brócoli.

Las hortalizas constituyen una rica fuente de minerales y vitaminas indispensables para el organismo humano (Monreal, 1984).

El brócoli es una especie de la familia de las brassicáceas y su importancia nutritiva radica en su alto contenido de vitaminas A y C principalmente proteínas y sales minerales.

Esta especie hortícola ha mostrado un alto grado de adaptación en los valles de Río Abajo y Cochabamba, entre otros factores como la combinación adecuada de densidad de plantación y abonamiento orgánico existiendo en el país escasa información al respecto.

La aplicación de los abonos orgánicos es una actividad importante en la producción agrícola, cuya finalidad es restaurar los nutrientes extraídos por cosechas anteriores, a la vez mantener el equilibrio ecológico del suelo.

La variación en la densidad de siembra o trasplante permite prácticas de fertilización de diferente intensidad, así serán mayores las dosis en altas densidades y menores en las bajas, expresadas en plantas por metro cuadrado (pltas/m²), (Rodríguez, 1982).

Con la presente investigación se pretende evaluar, el desarrollo y rendimiento de variedades introducidas de brócoli en interacción con abonos orgánicos y densidades de trasplante en condiciones de altiplano, bajo los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo general

- Ø Evaluar el comportamiento agronómico en variedades de brócoli bajo fuentes de abono orgánico y densidades de trasplante.

1.2 Objetivos específicos

- Ø Evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de brócoli: Híbrido pirate y Waltham 29 en condiciones de altiplano.
- Ø Determinar el efecto de dos abonos orgánicos: estiércol de porcino y algas oreadas río lacustre en el rendimiento de las variedades de brócoli.
- Ø Determinar el efecto de dos densidades de trasplante: $c_1 = 73.333$ y $c_2 = 45.870$ pltas/ha en el rendimiento del brócoli.
- Ø Realizar el análisis económico de la producción del brócoli.

1.3 Hipótesis

Las hipótesis formuladas para la evaluación son las siguientes:

- Ø El comportamiento agronómico de dos variedades de brócoli son similares.
- Ø El efecto de dos abonos orgánicos en el rendimiento del brócoli son similares.
- Ø El efecto de dos densidades de transplante en el rendimiento del brócoli son similares.
- Ø No existe viabilidad económica en la producción del brócoli.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 Origen del brócoli

Según Valadez (1993), indica que el brócoli es originario del Mediterráneo, principalmente de Italia, pero su aparición es más reciente que el repollo, col y la coliflor, fue introducido a los Estados Unidos en 1925 por emigrantes italianos.

2.2 Importancia del brócoli

Las características culinarias y nutricionales del brócoli hacen que su consumo sea cada vez más importante.

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

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

El consumo de brócoli y algunas brúcelas al tener elementos químicos llamado sulfurane, elimina a la bacteria Helicoidal pilori que causa úlceras estomacales (BBC de Londres, 2000).

2.3 Valor nutritivo

En el repollo se consume la cabeza de hojas, en la coliflor y el brócoli las inflorescencias modificadas.

En los Cuadros 1 y 2 se presentan los contenidos de elementos químicos en muestras de 100 g de brócoli crudo y cocido respectivamente.

Cuadro 1. Composición química del repollo, brócoli y coliflor en crudo (en 100 g de porción comestible)

Cultivos	Agua (%)	Calorías (KCal)	Proteínas (mg)	Ca (mg)	Vitaminas		Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)
					A (UI)	C (ácido ascórbico) (mg)			
Repollo	92.4	29	1.4	45	50	72	0.07	0.08	0.30
Brócoli	89.9	37	3.3	41	2.000	102	0.08	0.20	0.75
Coliflor	91.7	31	2.4	22	40	70	0.20	0.10	0.57

Fuente: Vigliola, (1992)

Cuadro 2. Composición química del repollo, brócoli y coliflor cocidos (en 100g de porción comestible)

Cultivos	Agua (%)	Calorías (%d)	Proteínas (%)	Grasas (%)	Hidratos (%)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Vit. A (UI)	Riboflavina (mg)	Tiamina (mg)	Niacina (mg)	Vit.C ascórbico (mg)
Brócoli	91.3	26	3.1	0.3	4.5	88	62	0.8	50	0.09	0.20	0.8	90
Coliflor	92.8	22	2.3	0.2	4.1	21	42	0.7	60	0.09	0.08	0.6	55
Repollo	93.9	30	1.1	0.2	4.3	44	20	0.3	130	0.04	0.04	0.3	33

Fuente: Vigliola, (1992)

2.4 Descripción morfológica del brócoli

Según Ospina (1995), esta hortaliza es muy similar a la coliflor. Sólo que esta es más alta y su inflorescencia es verde violeta, más pequeña y menos apretada, presenta mayor número de hojas, rígidas y estrechas: además es menos exigente en cuanto a suelos y clima. El brócoli se trasplanta después de tres o cuatro semanas de estar en semillero y en el periodo vegetativo es de 90 a 105 días después del trasplante hasta la primera cosecha.

Valadez (1993), describe que es una planta anual, raíces secundarias profuso y abundante, raíz principal pivotante, llegando hasta 1.20 m de profundidad. Planta erecta, de 60 a 90 cm de altura y termina en una masa de yemas funcionales. Tallos florales ramificados. Cabeza principal hasta 35 cm de diámetro, los rebrotes alcanzan los 10 cm Flores amarillo con cuatro pétalos en forma de cruz. Fruto silicua (pequeña vaina) de color verde oscuro cenizo de 3 a 4 cm con 6 a 8 semillas por silicua n y miden de 2 a 3 mm de diámetro.

2.5 Clasificación taxonómica del brócoli

Ospina (1995) clasifica sistemáticamente al brócoli de la siguiente manera:

Reino	:	Vegetal
Clase	:	Angiospermae
subclase	:	Dicotyledonae
Orden	:	Roedales
Familia	:	Cruciferae
Genero	:	Brassica
Especie	:	Oleracea
Nombre Común	:	Brócoli

2.6 Tipos y Cultivares de brócoli

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

- Tipo precoz o tempranos: ciclo de 50 - 75 día desde el trasplante a la cosecha tales como: De Cicco, Calabrés.
- Tipo intermedio o de ciclo medio: ciclo de 80 - 120 días desde el trasplante a la cosecha tales como: Waltham 29 (80 - 90 días) Atlantic (madura 10 días antes que Waltham 29).
- Tipo tardíos: ciclo de 150 días en otoño.
- Cultivares híbridos: son de madurez muy uniforme, haciendo posible la cosecha de todo el cultivo en pocos cortes: híbrido Green Duke.

2.7 Agro ecología del brócoli

Según Ospina (1995), indica que se siembran en altitudes entre 1.600 a 2.600 con temperaturas promedio de 15 a 20 ° C. Estas plantas no son exigentes en los suelos, pero requieren terrenos de textura media, francos, franco arcillosos o franco limosos, con buena capacidad de retención de humedad, profundos, con buen contenido de materia orgánica y el pH entre 5 a 6.8.

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

Optima: 16 - 18 °C

Máxima: 30 °C

Mínima: 4.4 °C

2.8 Características agronómicas del brócoli

2.8.1 Requerimiento del cultivo

Ramirez (1995), menciona que el cultivo del brócoli requiere de 60 - 20 - 50 N, P, K.

Por otro lado Vigliola (1986), sostiene que el brócoli necesita más nitrógeno al desarrollar las yemas laterales después de cortar la cabeza principal.

Ruiz (1993) reporta, los cultivos de mayor requerimiento en abonos con estiércol son: coles, cardos, alcachofas, patatas, berenjena, puerro, apio, espinaca y cucurbitáceas y de forma general aplicando en las cantidades siguientes:

20 tn/ha de estiércol animales mayores

50 tn/ha de estiércol animales menores

20 tn/ha de estiércol gallinaza

50 tn/ha de compost

2.9 Abono orgánico

Martínez (1975), afirma que el abono orgánico es cualquier sustancia de origen orgánico (animal o vegetal) que incorporado al suelo, sirven para mejorar su fertilidad. Estos adicionado al suelo experimentan los fenómenos de humificación y mineralización, los mismos son promotor de una serie de ventajas de orden físico, químico y biológico indispensables para conservar y aumentar el rendimiento de los suelos agrícolas.

Guerrero (1993), afirma que el contenido orgánica de los suelos es muy variable; un suelo típico de pradera puede contener de 5 – 6 % a 15 cm de profundidad, mientras que un suelo arenoso contiene alrededor de 1 %.

Así mismo Rodríguez (1982), menciona que el abono orgánico contiene una cantidad mínima de nitrógeno, fósforo y potasio. Presenta una densidad de 0.25 g/cm³ y un pH de 7,5.

2.9.1 Importancia de abono orgánico

Silguy (1994), afirma sobre la importancia del abonamiento orgánico que tiende a incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo y su capacidad de retención de agua, a mejorar su estabilidad estructural, a facilitar el trabajo del suelo, a estimular su actividad biológica y a suministrarle mayor parte de elementos nutritivos necesarios para los vegetales.

La materia orgánica procede en gran parte de la incorporación de los residuos de anteriores cosechas, como son las raíces, pajas de cereales, restos de prados, madera de poda, etc.

2.9.2 Descomposición de la materia orgánica

Fuentes (1983), manifiesta que el proceso de descomposición de la materia orgánica se lleva a cabo por microorganismos (con desprendimiento de calor) que toman su energía de ésta y la descomponen.

Estos microorganismos tienen la necesidad de nitrógeno para formar su propia proteína que utilizan del proceso de descomposición de la propia materia orgánica.

2.9.3 Estiércol de porcino

Según Rodale (1998), las deyecciones de cerdos son muy concentradas y conviene mezclarlas con las de otros animales convertirlos en compost ya que su estado fresco siempre es ácido.

Por otra parte Rodríguez (1982), afirma que la proporción de nutrientes en porcentajes es el siguiente: Nitrógeno (N) 0.5 %, Pentóxido de Fósforo (P_2O_5) 0.3 %, Óxido de Potasio (K_2O) 0.65 % y materia orgánica 60 %, tal como se muestra en el Cuadro 3.

2.9.4 Algas oreadas río lacustre

Rodríguez (1982), sostiene que las algas oreadas son materiales biológicos arrastrados por las aguas marinas o lacustre a las orillas de los mismos.

Al respecto el porcentaje de elementos nutritivos estos son las siguientes: Nitrógeno (N) 1.5, Pentóxido de fósforo (P_2O_5) 0.5 y Óxido de potasio: (K_2O) 2.00, tal como se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición de materia orgánica estiércol de porcino y algas oreadas

Abono	Elementos Nutritivos (%)			Materia orgánica
	N	P_2O_5	K_2O	
Estiércol de cerda	0.5	0.3	0.65	60
Algas oreadas	1.5	0.5	2.00	

Fuente: Rodríguez, (1982)

2.10 Siembra

Según Vigliola (1986), la siembra en almacigo pueda realizarse al voleo o en líneas, distanciadas cada 10 cm entre sí, se utiliza 350 a 400 g de semilla en 45 m²; considerando que 1 g da 100 plantas, tendríamos 35.000 a 40.000 plantas en el almácigo.

En las siembras directas, con las distancias utilizadas y las maquinas sembradoras comunes de hortalizas, la cantidad usada fue de 3 - 5 kg/ha, la profundidad óptima de siembra es de 1 a 1.5 cm.

2.11 Trasplante

Vigliola (1986), el momento está determinado por el tamaño de los plantines, lo ideal es una plantín de 15 a 20 cm de altura y 5 mm de diámetro; esta operación se puede llevar a cabo en forma manual o mecánica.

Es importante no trasplantar plantas grandes, pues aumenta el porcentaje de formación prematura de las inflorescencias, lo que dependerá también del cultivar.

2.12 Densidad de plantación

Rodríguez (1982), para regular el criterio de densidad de siembra se debe definir la población de plantas que se quiere cosechar de acuerdo a lo programado (calidad del suelo, fertilización, riego, variedad, etc.).

Esta población se estima aproximadamente en un 10 % menos que la sembrada, debido a las pérdidas de germinación, enfermedades, clima, etc. La fórmula a utilizar para calcular la población de un cultivo es la siguiente:

$$P = \frac{10.000 \text{ m}^2}{D \times d} \quad ; \quad D = \frac{10.000 \text{ m}^2}{d \times P} \quad ; \quad d = \frac{10.000 \text{ m}^2}{D \times P}$$

Donde:

P = Población

D = distancia entre hileras (m)

d = distancia entre semillas en la hilera (m)

Vigliola M. (1986), las distancias utilizadas pueden ser de 30 x 30, 40 x 40 ó 50 a 70 cm entre hileras y 20, 30 ó 40 cm entre plantas.

Para una producción de cabezas centrales solamente, se justifica disminuir el espaciamiento. En general a medida que disminuye la distancia, los rendimientos de una sola cosecha aumentan y el peso de inflorescencia se reduce.

El momento de trasplante esta determinando por el tamaño de los plantines, lo ideal es un plantin de 15 a 20 cm. de altura y 5 mm de diámetro, sea manual o mecánico.

Es importante no trasplantar plantas grandes, porque aumenta el porcentaje de formación prematura de las inflorescencias.

2.13 Labores culturales

2.13.1 Control de malezas

Según Vigliola (1986), afirma que el uso de herbicidas en el almácigo es una práctica común para algunos productores, no así en el cultivo definitivo.

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

2.13.2 Control fitosanitario

Herbas (1981), se llevan a cabo pulverizaciones con fungicidas no fito tóxicos preventivo, y no tengan poder residual prolongado, se recomienda practicar todas las labores culturales.

2.13.3 Riego

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

2.13.4 Aporque y escarda

Valadez (1993), afirma 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 (pesados), esta labor se realiza antes de cada riego, y/o fertilización nitrogenada, luego dejar pasar 1 o 2 días para que se oxigene el suelo y después fertilizar cuando sea necesario.

2.13.5 Cosecha

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

Por otra parte Vigliola (1986), menciona que esta operación se lleva a cabo manualmente, cortando con un cuchillo las cabezas, acompañadas por algunas hojas envolventes.

2.14 Rendimiento

Ospina (1995), sostiene que una producción de 36.000 kg/ha se considera normal. También Vigliola (1986), manifiesta el rendimiento total oscila entre 10 y 20 t/ha.

2.15 Almacenamiento y comercialización

Según Vigliola (1986), la operación de almacenamiento no se practica en la Argentina; en E.U.A. y Europa, el brócoli y la coliflor se almacena, pero no es común. Se comercializa en cajones de madera, llamados jaulas, con capacidad para 15 kg de brócoli, las cabezas y los tallos cortados se atan en manojos.

Respecto al consumo, Ospina (1995), menciona que las pellas o inflorescencias se consumen frescas o en curtidos para sopas, ensaladas, guisos o como decorativas, con sus hojas se hacen sopas, tortas y ensaladas, o bien se destinan para alimentación de animales domésticos herbívoros.

2.16 Plagas

Según Ospina (1995), describe que este cultivo es susceptible a las siguientes plagas.

Babosas (*Deroceras sp.*, *Limax sp.* y *Milax sp.*). Estos moluscos se alimentan de las hojas, perforan y ensucian el follaje. Se controla con cebos envenenados de metaldehídos o con espolvoraciones del mismo producto.

Defoliadores gusano anillado (*Loptophobia aripa*) . Las larvas recién eclosionadas se alimentan del follaje dejándolo translúcido. Cuando están bien desarrollados dejan perforaciones.

Falsos medidores (*Trichoplusia ni* Hubner y *Pseudoplusia includens* Walker). Las larvas abren orificios de forma irregular en los bordes, se controlan con los himenópteros (*Copidosoma truncatellum* Dalman, *Trichogramma sp.* y *brachimeria ovata* say), el hongo, *neumuroea rileyi* farlaw o por el virus de la poliedrosis nuclear (VPN).

Gusano santamaría (*Maenas sp.*). La larva puede llegar a esqueletizar el follaje; su presencia es ocasional.

Polilla de las coles (*Plutella xylostella L.*). El daño se caracteriza por perforaciones irregulares en el follaje, se controla biológicamente con la ayuda del *Apanteles sp.*

Cucarronctitos del follaje (*Diabrotica balteata, Ceratoma s., Colaspis spp. Epitrix sp., Systema sp.*). Las perforaciones en las hojas son semicirculares.

Los adultos son depredados por chinches y arañas. Para todos estos defoliadores se puede usar *Bacillus Thuringiensis* o insecticidas químicos. Como malathion, metamy, diazinon.

2.17 Enfermedades

Según Ospina (1995), describe que este cultivo es susceptible a las siguientes enfermedades.

Podredumbre negra o bacterial (*Xanthomonas Campestris Pam*) se observa manchas cloróticas en los bordes de las hojas y nervaduras ennegrecidas. Se recomienda desinfectar semilleros y semillas con agua caliente a 50 °C por 30 minutos.

Mildeo Velloso (*Peronospora parasítica Peerson*). En las hojas se observan vellos blanquecinos y se produce un amarillamiento en la parte superior de las hojas y posteriormente en la corola de las hojas; se controla con productos de cobre.

Pie negro (*Poma Lingam Tode*). Se observa una lesión de forma ovalada de color café claro, deprimido en la base del tallo, y sobre las hojas aparecen manchas de color café circulares, las plantas se marchitan y se vuelcan.

Se recomienda rotar cultivos con otras no crucíferas, desinfectar las herramientas y evaluar la semilla con agua caliente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El presente trabajo se realizó en la comunidad Villa Futani, microregión lacustre, ubicada aproximadamente a 5 km de Suroeste de la capital Puerto Acosta provincia Camacho del departamento de La Paz. Ver Anexo 1.

3.1.1 Localización geográfica

Geográficamente está localizada a 178 km de la capital de La Paz, a una altitud de 3.835 y se encuentra situado a 15 ° 31' de latitud Sur y 69 ° 15 ' de longitud Oeste.

Según Reynel (1988), el punto más bajo del ámbito correspondiente a la orilla de lago Titicaca, es a 3.812 msnm.

3.1.2 Agroecología de la zona

3.1.3 Característica agrícola

Carlo (1996), cita a Sotomayor (1992), indica que la localidad se halla comprendida en la zona sub altiplánica con suelo de origen aluvial y poco susceptible a erosión hídrica.

De acuerdo a las condiciones ecológicas y edáficas predominantes, esta región es la menos desarrollada, cultivándose en el periodo de la primavera-otoño en orden de prioridad: papa, cebada, quinua, haba, arveja, oca, papaliza, maíz, hortalizas y forrajes. En lo pecuario se cría ovinos, bovinos, porcinos, aves, pesca, etc.

3.1.4 Características climáticas

Según Unzueta (1975), la clasificación del mapa ecológico, el Altiplano Norte es de clima húmedo y frío con cambios bruscos de temperatura, los registros climáticos promedio de 10 años (1980 - 1990) indican temperatura media anual de 11 grados centígrados, temperatura máxima media anual de 21 grados centígrados y una temperatura mínima media de menos 5 grados centígrados, con precipitación media anual de 625 mm, distribuidos entre los meses de noviembre a marzo y con vientos predominantes de Nor-Oeste que son secos.

Por otra parte Reynel (1988), indica que la presencia del lago Titicaca (circunlacustre), tiene una influencia determinante en el microclima de las áreas adyacentes.

3.1.5 Características fisiográficas

Según Sotomayor (1992), la zona presenta planicies, terrazas y colinas donde el 60% son terrazas con pendiente en algunos casos mayores al 5 %, la formación de Los Suelos son variables y guardan estrecha relación con las unidades fisiográficas.

En las serranías, los suelos son poco profundos, con textura franco arenosa a franco arcillo arenosa, de color pardo oscuro a pardo rojizo, de reacción neutra.

Las terrazas y llanuras de deposición presentan suelos profundos a muy profundos, en sectores próximo al lago Titicaca presentan problemas de hidromorfismo.

La textura varía de franco arenoso a franco arcilloso y arcilloso limoso. Son de pH neutro a ligeramente alcalino y en muchos sectores son fuertemente alcalinos con pH 6.8 y con presencia de costras salinas en la superficie.

3.1.6 Vegetación

Carlo (1996), indica que la vegetación nativa predominantemente esta formada por varias especies, entre las cuales se pueden mencionar tal como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Conformación de la vegetación nativa

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Alnus acuminata</i> l	Aliso, Rambran (*)
<i>Parsthyrephya cuadran gularis</i>	Thola
<i>Festuca ortophylla</i>	Paja Braba
<i>Festuca dolichophy</i> lla	Chillihua
<i>Stipa ichu</i>	Ichu
<i>Trifolium amabile</i>	Layu layu
<i>Budleia coriácea</i>	Kishuara
<i>Bacharis Lanceslata</i>	Chillca
<i>Achyrocline alata</i>	Huiru huiru
<i>Cantuabicolor (buxifolia)</i>	Kantuta
<i>Lolylepis incana</i>	Kenhua
<i>Senna aymara</i>	Moto moto
<i>Cortaderia selloana</i>	Sewenka
<i>Viguiera tanceolata</i>	Sunchu
<i>Lupinus balianus</i>	Tarwi silvestre
<i>Colletia spinusissima</i>	Turulahua
<i>Azorella glabra</i>	Yareta

Fuente: Añezco (1996), Proyecto Desarrollo Forestal Campesino.
Rodríguez (1997), Especies vegetales, herbáceas, semileñosas y leñosas.

3.2 Materiales

3.2.1 Material biológico

Se utilizó dos variedades de semilla de brócoli, con las características que se describen a continuación, en el cuadro 5.

Cuadro 5 Características de las variedades de brócoli

Variedades	Características
Híbrido Pirate (HP) (15 g)	Cultivares híbridos: Ciclo 90 días, son de madurez muy uniforme, haciendo posible la cosecha de todo el cultivo en pocos cortes, semilla: categoría Fiscalizada, origen Holanda, Pureza 99%, Germinación 90% de fecha 23-07-01
Waltham 29 (W 29) (15 g)	De ciclo medio: ciclo de 80-90 días, desde el trasplante a la cosecha, semilla: Categoría Fiscalizada origen USA Pureza 99%, germinación 80% de fecha 03-06-99.

Fuente: Catalogo Petossed (1995)

3.2.2 Material de Campo

Los materiales utilizados para el experimento fueron: barreno, pala, picota, chontilla, rastrillo, flexometro, bolsas plásticas, cubeta metálica, tamiz, combo, estacas.

3.2.3 Equipo e instrumentos

Balanza de precisión, cámara fotográfica, mochila aspersor, termómetro de máxima y mínima, calibrador Vernier, lupa.

3.2.4 Material de gabinete

Libreta de registros, marcadores, regla, bolígrafo y lápiz, calculadora, computadora.

3.3 Metodología

3.3.1 Registro de temperaturas

Se registraron las temperaturas mínimas y máximas al establecerse el cultivo colocándose el termómetro en la parte central del área de trabajo a 0,50 m por encima del suelo, realizándose la lectura 3 veces por día; la primera en la mañana a horas 07:00 a.m., la segunda al medio día 12:00 p.m. y la tercera al atardecer 18:00.

3.3.2 Diseño experimental

El diseño experimental fue el trifactorial $2 * 2 * 2$ con arreglo en parcelas subsubdivididas bajo una distribución en bloques al azar con 4 bloques, haciendo un total de 32 unidades experimentales (Reyes, 1978).

La comparación del promedio de los tratamientos se efectuó con la prueba de Duncan (comparaciones múltiples) al 5 % de significación con el programa estadístico THE SAS System (versión 6.12).

Factores de Estudio	Niveles
1. Factor A: Variedades	a_1 = Híbrido pirate y a_2 = Waltham 29
2. Factor B: Abonos orgánicos	b_1 = Estiércol de porcino y b_2 = Algas oreadas
3. Factor C: Densidades	c_1 = 73.333 y c_2 = 45.870 pltas/ha

3.3.3 Modelo lineal aditivo

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_l + A_i + B_j + AB_{ij} + C_k + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} = Cualquier observación
- μ = Media poblacional
- β_l = Efecto del l-ésimo bloque
- A_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A
- B_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B
- C_k = Efecto del k-ésimo nivel del factor C
- AB_{ij} = Efecto de la interacción del factor A por el factor B
- BC_{jk} = Efecto de la interacción del factor B por el factor C
- ABC_{ijk} = Efecto de la interacción del factor A por el factor B y por el factor C
- ε_{ijkl} = Error experimental

3.3.4 Características de los tratamientos

De acuerdo a los factores en estudio, se formularon ocho tratamientos resultantes de las combinaciones siguientes:

- Ø Dos variedades de brócoli: a_1 = Híbrido pirate y a_2 = Waltham 29.
- Ø Dos abonos orgánicos: b_1 = estiércol de porcino y b_2 = algas oreadas río lacustre incorporadas en 280 kg/ha.
- Ø Dos densidades de transplante: c_1 = 73.333 y c_2 = 45.870 plantas por hectárea.

Cuadro 6. Características de los tratamientos

COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS	VARIEDADES DE BRÓCOLI	MATERIA ORGANICA kg/ha		DENSIDAD DE TRANSPLANTE	
		ESTIÉRCOL PORCINO	ALGAS OREADAS	pltas/ha	pltas/m ²
1. a ₁ b ₁ c ₁	Hibrido pirate	280		73.333	7.3
2. a ₁ b ₁ c ₂	Waltham 29	280		45.870	4.6
3. a ₁ b ₂ c ₁	Hibrido pirate	280		73.333	7.3
4. a ₁ b ₂ c ₂	Waltham 29	280		45.870	4.6
5. a ₂ b ₁ c ₁	Hibrido pirate		280	73.333	7.3
6. a ₂ b ₁ c ₂	Waltham 29		280	45.870	4.6
7. a ₂ b ₂ c ₁	Hibrido pirate		280	73.333	7.3
8. a ₂ b ₂ c ₂	Waltham 29		280	45.870	4.6

Fuente: Elaboración propia, para diseño estadístico.

Las distancias de trasplante fueron a 0.30 y 0.50 m entre plantas y 0.50 m entre líneas como recomienda Vigliola (1992).

3.3.5 Preparación del terreno y muestreo de suelos

Se procedió a preparar el terreno realizando la limpieza de rastrojos vegetales, con la ayuda de barreno, pala y picota se procedió a roturar el suelo a una profundidad de 0.40 m dos meses antes a la siembra, posteriormente con una picota se desterraron, con una chontilla se fue mulliendo y con la ayuda de un rastrillo se fueron nivelando el suelo y así efectuándose trazado y colocación de estacas en las parcelas del área experimental.

Se efectuaron análisis de fertilidad del suelo de N P K, textura de pH, conductividad eléctrica y porcentaje de materia orgánica al realizar el ensayo, según la metodología propuesta por Burguete y Rodríguez (1987), que es un método sistemático y semialineado zig-zag (MSS), se tomaron diez muestras a 0 - 20 cm de profundidad, debidamente mezclada y homogenizada, de la cual se tomó una sola muestra por cuarteo.

3.3.6 Análisis físico y químico de suelos

En el Cuadro 7, se puede ver el análisis físico y químico de suelos realizado en el laboratorio químico y procesos de la escuela industrial superior “Pedro Domingo Murillo” al establecimiento del cultivo, mas detalles ver Anexo 3.

Cuadro 7. Análisis físico y químico de suelos del experimento

Código	Componentes	Elementos	Valores	Observaciones
1F1	Arena (%)		8	F = Franco
1F1	Arcilla (%)		27	L = Limoso
1F1	Limo (%)		65	A = Arenoso
1F1	Clase textural		FL.	Y = Arcilloso
1F2	Densidad aparente(g/cm ³)		1.18	F1 = Franco Limoso
1F3	Densidad Real (g/cm ³)		2.64	
1F4	PH (H2O)		6.98	
1F4	PH (K Cl, 1N)		6.70	
1F5	Conductividad eléctrica (CE = mmhos/cm)		0.195	
1Q1	Al + H	Al ⁺⁺ + H ⁺	0.418	
1Q2	Cationes intercambiables (CIC = meq/100g suelo)	Ca ⁺⁺	7.00	Extracción con
1Q3		Mg ⁺⁺	4.60	Acetato de Amonio
1Q4		Na ⁺	0.09	1 Normal
1Q5		K ⁺	0.33	Ca, Mg, K, Na
1Q	Total Bases Intercambiables (T.B.I.)		12.02	
1Q	Total Cationes Intercambiables (T.C.I.C.)		12.44	
1Q	Saturación de Bases (%)		96.60	
1Q6	Materia orgánica (% MO)		5.53	
1Q7	Fosfor disponible (p.p.m.)		48.51	
1Q8	Nitrógeno total (%)		0.62	
1Q9	Cloruros meq/lt		0.09	
1Q10	Sulfatos meq/lt		0.57	
1Q11	Bicarbonatos meq/lt		0.03	
1Q12	Carbonatos meq/lt		0.00	
1Q13	Boro (p.p.m.)		Tr.	
1Q14	Hierro (p.p.m)		Tr.	

Fuente: Elaboración propia, en base al análisis de laboratorio química textiles y procesos, de la escuela industrial superior “Pedro Domingo Murillo”.

3.3.7 Análisis de abonos orgánicos

Para el ensayo se utilizaron dos tipos de abonos estiércol de porcino y algas oreadas las características físicas y químicas de los abonos se detallan en el Cuadro 8 y Anexo 4.

Cuadro 8. Análisis del estiércol de porcino y algas oreadas

Muestra de Abonos	Códigos	DETERMINACIONES QUÍMICAS MATERIA SECA (%)								
		N	P	K	M.O.	C/N	HUMEDAD	Ca	Mg	Fe
Algas oreadas	LB1-LB7	2.890	0.51	1.62	81.01	17.4	12.0	0.02	Tr	0.05
Estiércol porcino	LB1-LB7	1.302	0.126	0.202	52.41	16.02	7.0	Tr	Tr	0.01

Fuente: Elaboración propia, en base al análisis de laboratorio química textiles y procesos, de la escuela industrial superior "Pedro Domingo Murillo".

3.3.8 Siembra en la almaciguera

Previamente a la siembra se realizó la desinfección del suelo a través de un tratamiento térmico con agua hervida a 85 °C 1 día antes de la siembra; luego se cubrió con polietileno.

La siembra se efectuó al voleo en una almaciguera de 1.20 m² con una profundidad de 0.15 m a razón de 10 g/variedad las mismas fueron cubiertas con substrato tamizado de tierra y estiércol tostada, posteriormente se cubrieron con paja para proteger la germinación y así evitar plagas de post emergencia.

El riego fue cada día al atardecer con una regadera de 10 lts por era¹ de almacigo, hasta lograr la germinación y crecimiento para posterior trasplante, ver Anexo 8 Figura 2.

1

1 Era: Comprende en el presente trabajo, como áreas reducidas o platabandas de almácigos.

3.3.9 Trazado de parcelas experimentales

En el terreno ya preparado se realizó el demarcado de las parcelas y pasillos estacándolas cada una, dividiendo el área en cuatro bloques, cada bloque subdividido en ocho subsubparcelas, mas detalles ver Anexo 2.

3.3.10 Trasplante de plántulas

El trasplante se efectuó en suelo húmedo, realizándose la apertura de surcos a la profundidad de 0.15 m de cada unidad experimental, para luego realizar el trasplante bajo dos densidades para todos los tratamientos.

3.3.11 Aplicación del abono orgánico

Para el ensayo se utilizaron dos tipos de abonos: estiércol de porcino y algas oreadas río lacustre (Anexo 8 Figura 1). La incorporación de abonos orgánicos se efectuó en base a las propiedades fisicoquímico y en función a los requerimientos del cultivo, aplicándose en los surcos una vez realizado el trasplante para finalmente cubrirlo con la tierra surcada.

3.3.12 Riego

En la etapa de prendimiento, se realizaron riegos de humedecimiento por aspersión utilizando una regadera de manguera, durante diez días, después del prendimiento total de las plántulas el riego fue por surcos, la frecuencia varió con la época del año y las condiciones climáticas imperantes en la zona.

3.3.13 Refalle

Se efectuó el refalle entre los días séptimo, octavo, noveno y décimo, que consistió en remplazar los plantines débiles y muertas por otras más vigorosas en un número de 35 plántulas en total.

3.3.14 Aporque, deshierbe y escardas

Los deshierbes fueron de forma permanente, para evitar competencia en nutrientes, luz solar, riego y otros factores. Se efectuaron dos escardas para evitar la compactación del suelo. El aporque se realizó cuando los plantines alcanzaron los 0.3 m de altura para evitar el acame del vástago.

3.3.15 Control fitosanitario

Se llevaron a cabo dos aplicaciones con insecticida Dimetoato a una dosis de producto comercial 0.5 g/l de agua para el control de pulgones, arañuelas, orugas y un fungicida preventivo Oxicloruro de Cobre 1g/l en el lugar definitivo del trasplante a los 30 y 60 días después del trasplante.

3.3.16 Cosecha y rendimiento

La cosecha se realizó por bloques y por variedad, una vez que el cultivo alcanzó la madurez fisiológica y parámetros de comercialización del producto, tales como su tamaño y consistencia de las pellas.

Las plantas cosechadas fueron aquellas formadas de la hilera central de las parcelas, la labor consistió en cortar con un cuchillo la parte apical del tallo mas cuatro hojas registrándose los datos para el análisis estadístico.

3.4 Variables de respuesta

Para evaluar la influencia de dos abonos orgánicos: estiércol de porcino y algas oreadas río lacustre, dos densidades de transplante: 73.333 y 45.870 pltas/ha y dos variedades de brócoli Híbrido pirate y Waltham 29, se consideraron las siguientes variables de respuesta.

3.4.1 Días a la emergencia

Comprende la primera fase del desarrollo fisiológico del cultivo para lo cual el control de la emergencia se realizó contando las plántulas con las primeras hojas cotiledones hasta la totalidad de la emergencia.

3.4.2 Días al trasplante

Es la segunda fase del desarrollo fisiológico del cultivo que consistió el momento cuando más del 50 % de las plántulas llegaron a tener dos a cuatro hojas verdaderas, seleccionándose plántulas de altura uniforme.

3.4.3 Altura de la planta

Se registraron cada quince días de la base del suelo hasta el ápice de la planta para lo cual fueron tomadas al azar seis plantas por unidad experimental después de trasplante hasta la cosecha, las mismas que fueron marcadas para posteriores mediciones.

3.4.4 Diámetro de tallo

Se procedió a medir a nivel de las primeras hojas de la planta desde el trasplante hasta la cosecha del cultivo, las mismas que fueron marbeteadas para la variable altura de planta, estas mediciones fueron tomadas a la altura de las primeras hojas de la planta.

3.4.5 Diámetro de la cabeza

Se procedió a tomar el promedio de seis cabezas cosechadas por cada unidad experimental, las mismas que fueron medidas en la sección central mas abultada de la cabeza del brócoli.

3.4.6 Peso promedio de la inflorescencia principal

Es la variable que involucra como la inflorescencia principal sin hojas, las mismas que fueron registradas al cosechar el cultivo, como resultado del promedio de peso de seis cabezas por unidad experimental, para lo cual se cosecharon las plantas de la parte central parcelaria.

3.4.7 Rendimiento del cultivo en cabeza comercial

El rendimiento de producto comercial involucra la inflorescencia principal y las hojas dejadas en esta, por lo que se registraron el peso promedio de los tratamientos en kg/ha tomándose en cuenta las distancias entre plantas.

3.4.8 Análisis económico

Se realizo el análisis de beneficios netos y el calculo de la tasa de retorno marginal de los tratamientos, para obtener los beneficios y costos marginales a partir de la formulación de recomendaciones de datos agronómicos (programa de economía CIMMYT, 1988).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Interpretación de fertilidad del suelo de origen en base a análisis de laboratorio

Según los resultados del análisis de suelos se tiene un pH de 6.70, el mismo que esta comprendido entre la escala de valores de 6.6 a 7.3 de pH, definiéndose como un suelo neutro tal como se observa en el Cuadro 7.

La conductividad eléctrica (C.E.) según el análisis, fue de 0.195 mmhos/cm³ el cual es menor a 2 mmhos/cm³ de acuerdo con la escala de valores muestra que no hay problemas de salinidad (Anexo 5).

La capacidad de intercambio cationico, donde el análisis de suelos muestra una C.I.C. medio de 12.44 meq/100g, el cual se encuentra entre los valores de 10 - 15 meq/100g.

El contenido de materia orgánica del suelo, alcanza 5.53 %, encontrándose entre valores mayor a 4 %, interpretándose que el suelo tiene un contenido alto de materia orgánica.

De la misma manera el nitrógeno total de 0.62 %, se halla entre los niveles mayores a 0.2 % N, mostrando un nivel alto de nitrógeno en el suelo (Anexo 5).

El contenido de fósforo fue de 48.51 p.p.m., y de acuerdo a la escala de valores se describe que mayor a 28 p.p.m., se tiene un contenido alto de fósforo en el suelo.

El contenido de potasio fue de 0.33 meq/100g (Cuadro 7) que según la escala de valores se encuentra entre 248 - 497 kg de K₂O/ha, interpretándose que existe un contenido medio de potasio en el suelo como se muestra en el Anexo 5.

4.2 Efecto de abonos orgánicos sobre las propiedades físicas y químicas

En el ensayo se utilizaron dos tipos de abonos: algas oreadas y estiércol de porcino; las características físicas y químicas de los abonos se detallan en el Cuadro 8, donde el suelo de origen mostró una densidad aparente de 1.8 g/cm^3 al incorporar materia orgánica en el suelo.

Por lo que se puede suponer que este tuvo efecto multiplicador sobre la formación de la estructura del suelo, movimiento del agua y el aire en el suelo, favoreciendo el desarrollo de las raíces, aumentando la capacidad de retención de humedad del suelo y de la temperatura, disminuyendo la compactación y reduciendo las pérdidas de suelo por erosión hídrica o eólica.

Se incrementa la fertilidad potencial del suelo, contribuye a estabilizar el pH del suelo evitando los cambios bruscos de este; mejora la capacidad de intercambio catiónico (CIC), aporta nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, existiendo una ganancia de en el contenido final del suelo después de la cosecha.

Al respecto Callisaya (2000), en su estudio Evaluación de la roca fosfórica como fertilizante natural en el cultivo de brócoli en ambientes controlados, manifiesta que un análisis del sustrato post-cosecha muestra que el contenido de anhídrido fosforito no disminuye en concentración, mas al contrario incrementa la disponibilidad del mismo cualidad que es atribuible a la lenta disolución del fertilizante, sugiriendo no repetir la fertilización para la siguiente gestión agrícola.

Por otro lado Álvarez (2001), en su estudio sobre Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento de tres variedades de repollo bajo condiciones de carpa solar, manifiesta en forma general que el contenido final de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo asimilable, fueron superiores a sus respectivos valores iniciales al realizar el análisis post cosecha.

Así mismo la variación del pH del suelo en un análisis específico de los tratamientos pudo determinarse las diferencias de pH del suelo antes y después de la cosecha con valores de 5.4 a 6.1 respectivamente.

Estas variaciones tanto en nutrientes como en pH, pueden depender de una serie de factores, entre otros por el contenido inicial de nutrientes en el suelo, dosis aplicadas de abono, densidad de plantación, cultivar, rendimiento, etc.

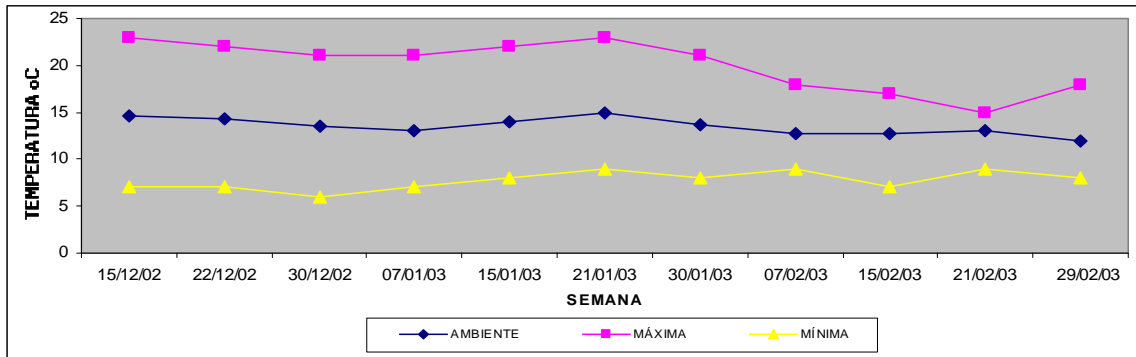
4.3 Temperaturas de la zona

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de la zona (Anexo 6), los valores promedios de temperatura durante los años 2002 y 2003 son las siguientes: media ambiente anual 9.42°C , máxima extrema 17.90°C , mínima extrema 1.3°C .

Los meses más cálidos son de noviembre a abril con 10.11°C , los meses más fríos de junio a septiembre con 8.48°C ; el mes más cálido es enero con 10.4°C y el mes más frío es julio con 7.8°C .

En relación con las lecturas de temperaturas promedio durante el ensayo con el cultivo en los meses de diciembre, enero y febrero muestran un similar comportamiento del microclima en el área de estudio, para mayores detalles ver Anexo 6.

Grafica 1. Temperaturas promedio durante el ensayo en los meses de diciembre, enero y febrero



En la grafica1, se puede apreciar que durante la segunda quincena de diciembre (semanas 15/12/02, 22/12/02 y 30/12/02) el comportamiento de temperatura fue casi homogéneo debido a que los días se presentaron parcialmente despejados llegando al promedio de 22 °C de máxima y 6.67 °C de mínima.

Durante las 4 semanas de enero fue de forma similar al mes anterior promediando 21.75 °C de máxima y 8 °C de mínima. El mes de febrero en las 4 semanas refleja como temperaturas máxima de 17 °C y como mínima de 8.25 °C por presentar días parcialmente nublados, en general la temperatura promedio ambiente fue de 13.52 °C, con una máxima de 20.09 °C y una mínima de 7.73 °C.

Al respecto Vigliuola (1992), indica para el crecimiento de la inflorescencia son ideales temperaturas de 15 °C, aunque es mucho más sensible al calor, los requerimientos climáticos se encuentran entre los valores: optimo 16 a 18 °C, máximo 30 °C, mínimo 4.4 °C.

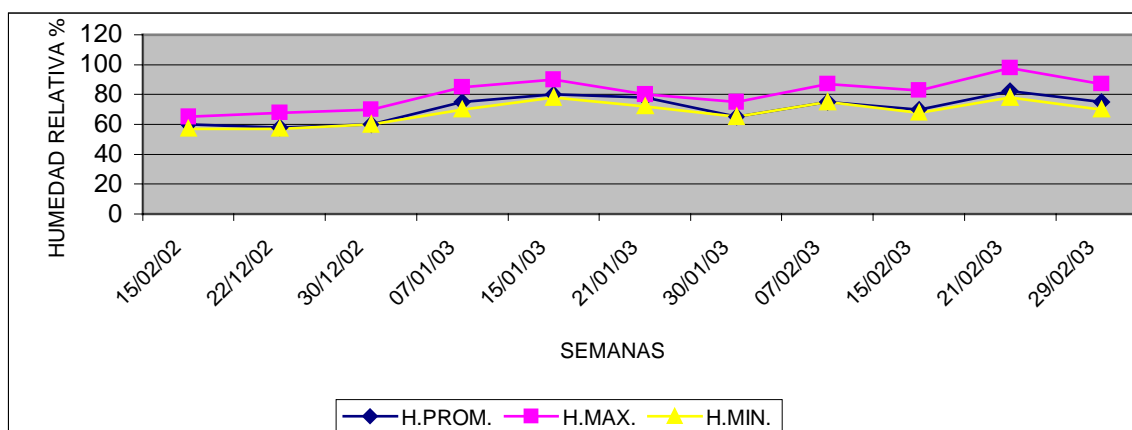
Los requerimientos climáticos descritos se encuentran dentro de los rangos que el cultivo de brócoli puede tolerar sin afectar la inflorescencia, ya que el registro máximo promedio de 23 °C se presento en la semana 21/01/03 cuando ya había la presencia de inflorescencias.

4.4 Humedad relativa durante el ensayo con el cultivo

Para la determinación de la humedad relativa del medio ambiente se empleo el método psicometrico, el mismo que tiene el principio de diferencia entre el bulbo húmedo y el bulbo seco, al encontrar la diferencia entre ambos se determina la humedad relativa con la utilización de tablas tabuladas conforme a la depresión existente, haciendo coincidir con la temperatura de bulbo húmedo.

La Grafica 2, muestra las fluctuaciones de humedad relativa del ambiente durante el ensayo con el cultivo, en los meses de diciembre, enero y febrero (Anexo 6), donde las semanas 15/12/02 al 30/12/02 se registraron humedades promedio similares mas bajas las cuales oscilan entre 58 y 60 %, entre las semanas 07/01/03 al 21/01/03 fueron elevando entre 75 y 80 %, en las últimas semanas del 07/02/3 al 21/02/03 aumentaron al 82 % de humedad promedio ambiente.

Grafica 2. Humedad relativa durante el ensayo en los meses de diciembre, enero y febrero



Como se aprecia en la Grafica 2, las fluctuaciones de humedad relativa del ambiente durante la fase de desarrollo del cultivo son variables de una semana a otra, pudiendo atribuirse este fenómeno a la radiación solar, ausencia o presencia de

lluvias de la época como referencia para el ciclo del cultivo se puede indicar que la precipitación pluvial en los meses diciembre de 2002, enero y febrero de 2003 alcanzaron 86.7, 190.6 y 119.4 mm respectivamente (Anexo 6) y la cantidad de biomasa en el follaje del cultivo pudo haber provocado un aumento o una disminución en la humedad relativa del medio ambiente.

En general la humedad relativa promedio del medio ambiente durante el ensayo con el cultivo fue de 70 %, con una máxima del 80.73 % y una mínima de 65 % (Anexo 5), observándose que entre las horas 11.00 a.m. a 16.00 se tiene la humedad mas baja, entre las 07:00 a 10:00 a.m. y 17:00 a 19:00 horas se tiene la humedad mas elevada, tal como confirma Álvarez (2001).

Al respecto Hartman (1990), indica que la radiación solar influye directamente con la humedad relativa de un ambiente, tomando en cuenta la cantidad de agua en el suelo y el volumen de biomasa, determinado por los procesos de evapotranspiracion y fotosíntesis de las plantas.

Así mismo Aviles (1992), determina que la variación horaria de la humedad relativa en cualquier ambiente esta directamente relacionada con la variación de la temperatura al constituir la cantidad de agua existente en una masa de aire a determinada temperatura.

4.5 Variables agronómicas del cultivo de brócoli

4.5.1 Fase I. Desarrollo en almaciguera

La Grafica 3 muestra el desarrollo fisiológico del cultivo en almaciguera determinado en días entre la siembra(S), germinación (G), primera y la quinta hoja verdadera (1ª H y 5ª H).

Por las características de semilla certificada, esta presentó buena emergencia, transcurriendo 6 días entre la siembra y la germinación de plántulas, emergiendo mayor al 50 %, de la germinación a la formación de las primeras hojas verdaderas fue de 12 días, de esta a la formación de quinta hoja verdadera fue en 22 días, haciendo un total de 40 días de la siembra al transplante.

Así mismo Mendoza (1999), en su estudio sobre Densidad de plantación y abonamiento orgánico en brócoli bajo carpa solar, menciona que desde el almacigado al transplante transcurrió un tiempo de 38 días, cuando las plántulas tienen una altura promedio de 15 a 16 cm con 5 a 6 hojas verdaderas.

Según Valadez (1993), indica que el trasplante puede efectuarse cuando las plántulas tienen cuatro hojas verdaderas, el mismo que esta comprendido entre 28 a 35 días, parámetro que nos indica que se trabajó dentro el marco referencial de los autores citados.

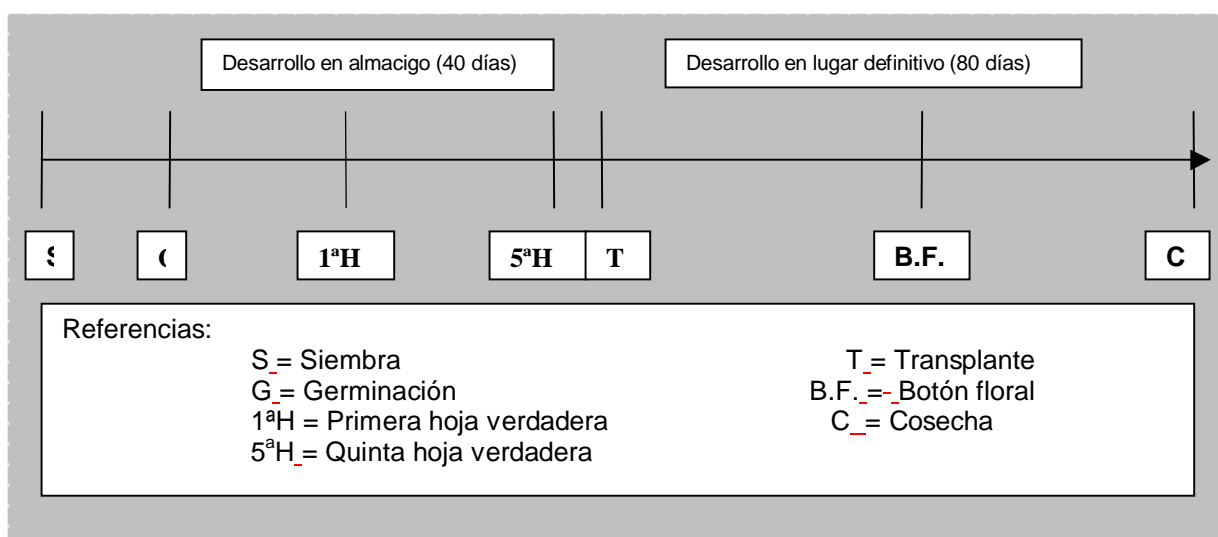
4.5.2 Fase II. Desarrollo en lugar definitivo

La Grafica 3, muestra el desarrollo fisiológico de plántulas en lugar definitivo desde el transplante (T), inicio del botón floral (BF) y cosecha (C). Se determino la presencia del botón floral en 45 días después del transplante conformados por mas del 50% de botones florales en el cultivo y 35 días al finalizar la cosecha a partir de la presencia de botones florales, totalizando los 80 días del marco referencial mencionado por Valadez (1993) como ciclo de 85 días del transplante a la cosecha.

Según Vigliola (1986), determina que dentro los tipos y cultivares de brócoli, el tipo intermedio comprende un ciclo de 80 a 120 días desde el transplante a la cosecha, tales como: Waltham, Atlantic. Los cultivares híbridos son de madurez muy uniforme, posibilitando la cosecha de todo el cultivo en pocos cortes.

Por consiguiente se puede afirmar que las variedades introducidas (Híbrido pirate y Waltham 29) al lugar de estudio están dentro el marco referencial mencionado por los autores citados. Ver (Anexo 8 Figura 3).

Grafica 3. Desarrollo fisiológico del cultivo

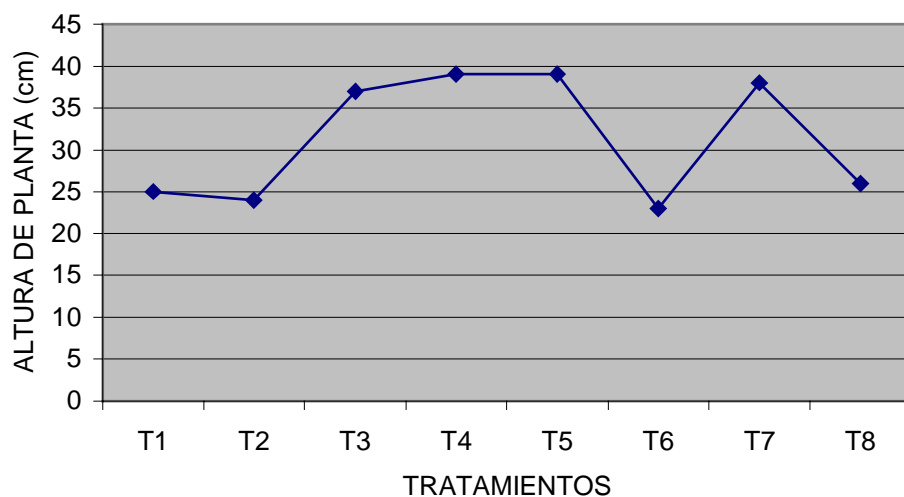


4.6 Variables agronómicas durante el crecimiento y desarrollo

4.6.1 Crecimiento en altura de la planta

La Grafica 4, muestra el crecimiento promedio en altura de planta en los diferentes tratamientos, donde los tratamientos T₁, T₂, T₆, T₈ presentaron casi similar comportamiento en relación con los otros tratamientos T₃, T₄, T₅, T₇ que alcanzaron mayor desarrollo.

Grafica 4. Altura de la planta del cultivo (cm) durante la fase de desarrollo



Como se advierte en la Grafica 4, el incremento en altura de planta es variable y progresivo con relación al tiempo, observándose que los tratamientos T₄, T₅ alcanzaron 39 cm, respecto al T₆ con 23 cm.

Este parámetro expresa el desarrollo promedio del cultivo en forma general, sin tomar en cuenta el efecto de las variedades, abonos orgánicos ni densidades de trasplante.

La altura de planta en las primeras etapas de desarrollo en lugar definitivo tuvo un crecimiento aproximadamente de 2 cm, esto pudo deberse a que las plantas en las primeras semanas después de ser transplantadas se encuentran en un proceso de adaptación.

Para luego adquirir el crecimiento más acelerado entre las semanas intermedias, el crecimiento más lento fue cuando las plantas llegaron a alcanzar su altura máxima, proceso que se inicia al desarrollar las otras partes florales como ser la formación de la pella y la conformación diametral de tallo.

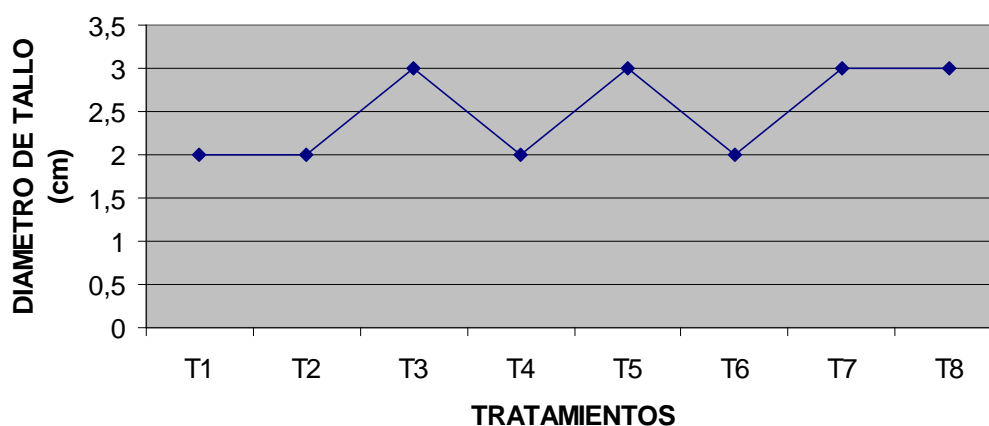
Casseres (1984), manifiesta que en forma general las hortalizas pueden presentar un desarrollo diametral en las primeras semanas de cultivo, para que posteriormente el desarrollo de la altura de planta sea más acelerado, este comportamiento se evidencia más cuando estas especies son cultivadas en ambientes casi artificiales.

Limongelli (1979), indica que en las hortalizas el crecimiento en longitud se detiene en un determinado estado, para comenzar a formar y desarrollar los restantes componentes morfológicos.

4.6.2 Desarrollo diametral de tallo

La Grafica 5 muestra el incremento diametral promedio de tallo en el cultivo en los diferentes tratamientos, donde T_1 , T_2 , T_4 , T_6 alcanzaron menor desarrollo mostrando similar comportamiento en relación con los otros tratamientos T_3 , T_5 , T_7 , T_8 que alcanzaron mayor desarrollo en diámetro.

Grafica 5. Diámetro de tallo del cultivo (cm) durante la fase de desarrollo



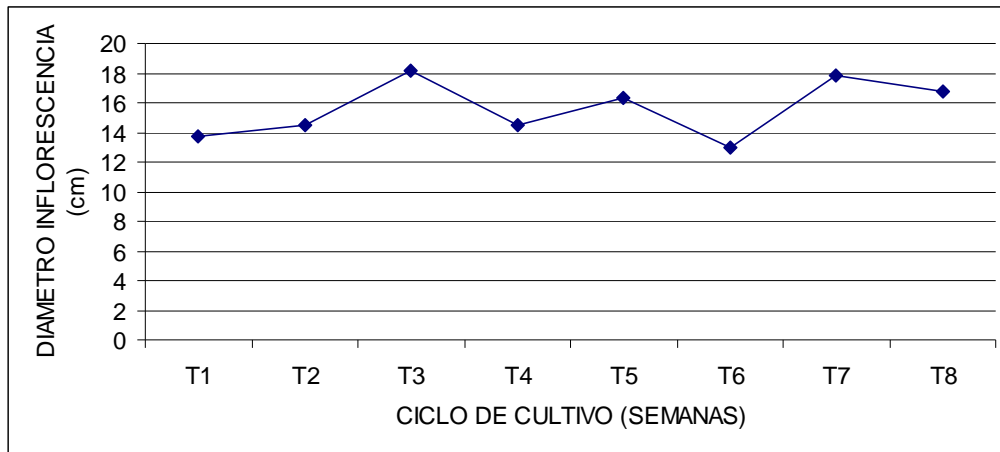
Al respecto se puede especular que el aumento del diámetro de tallo en las primeras etapas de desarrollo fue más rápido en relación a la altura de planta, para luego presentar un comportamiento proporcional a la altura de planta hasta llegar a su diámetro máximo, lo que de alguna manera indica Cáceres (1984).

Esta característica de desarrollo diametral de tallo puede deberse a que la planta al encontrarse en un periodo de adaptación crece mas diametralmente que longitudinalmente, para luego alcanzar un desarrollo proporcional en ambas direcciones de crecimiento, por tanto se infiere que el crecimiento de la altura de planta y el diámetro de tallo guardan alta relación de crecimiento simultaneo.

4.6.3 Desarrollo en diámetro de inflorescencia

En la Grafica 6, se puede advertir el desarrollo en diámetro de inflorescencia, donde los tratamientos T₃, T₇ con 18.12, 17.83 cm. obtuvieron el mayor diámetro de inflorescencia, seguido de los T₈, T₅ con 16.71, 16.32 cm. y con menores incrementos están los tratamientos T₄, T₂, T₁, T₆ con 14.47, 14.46, 13.75, 13 cm. de diámetro.

Grafica 6. Desarrollo diametral de inflorescencia de los tratamientos



Estas diferencias de incremento diametral de la inflorescencia se pueden atribuir a la posible interacción entre factores como: abonos orgánicos los mismos que pueden estar sujetos a efectos físicos y químicos.

Las densidades de plantación que pueden deberse a factores aledaños como suelo y el ambiente, y el factor variedad que presentan características morfológicas y hábito de crecimiento expresadas en la formación de la cabezuela, donde el tratamiento T₃ con 18.12 cm obtuvo el mayor diámetro de inflorescencia y por debajo con menor incremento esta el tratamiento T₆ con 13.00 cm.

Al respecto Callisaya (2000), en su estudio Evaluación de la roca fosfórica como fertilizante natural en el cultivo de brócoli, afirma que la aplicación del fertilizante es efectiva en la formación de las inflorescencias en densidad y diámetro de las cabezuelas.

Por otra parte Álvarez (2001), determina los resultados del diámetro de cabeza entre diferentes variedades de repollo, concluyendo que estos incrementos fueron proporcionales de acuerdo a cada variedad, lo que de alguna forma corroboran los resultados obtenidos del cultivo de esta especie.

4.7 Variables agronómicas de la cosecha

Para la evaluación final del trabajo, se tomaron a consideración las variables más importantes y representativas con fines agronómicos, tales como: altura de planta en la cosecha, diámetro de tallo, diámetro de cabeza, rendimiento de inflorescencia principal y rendimiento en cabeza comercial.

4.7.1 Altura de planta en la cosecha del cultivo

En el Cuadro 9, se presenta el análisis de varianza para la altura de planta (cm) de brócoli, donde las diferencias son estadísticamente altamente significativas entre los factores: abono, densidad, interacciones: variedad * abono, variedad * densidad y esta última es significativa abono * densidad, observándose también las no significativas entre los factores: bloque y variedad indicando que no existe dependencia entre estos factores, el coeficiente de variación para los factores medidos se mantiene dentro de rangos bajos del 10.53 % expresando confiabilidad en los datos.

Cuadro 9. Análisis de varianza de la altura de planta (cm) en la cosecha

FV	GL	SC	CM	F(Cal.)	F(Tab.) 0.05
Bloque	3	167.39	55.80	1.98	3.05 NS
A = Variedad	1	0.22	0.22	0.01	4.30 NS
B = Abono orgánico	1	1343.17	1343.17	47.61	4.30 **
C = Densidad	1	1039.00	1039.00	36.82	4.30 **
Interacción A*B	1	1489.76	1489.76	52.80	4.30 **
Interacción A*C	1	1730.48	1730.48	61.33	4.30 **
Interacción B*C	1	125.37	125.37	4.44	4.30 *
Error	22	620.72	28.21		

C.V. = 10.53 %

Según el análisis de varianza el factor variedad para la variable altura de planta la utilización de cualquiera de las dos variedades puede ser indistinta, al no existir diferencias estadísticas entre estos, por el contrario, la utilización de diferentes abonos orgánicos y densidades de trasplante afectan estadísticamente a estas variables, por lo cual en lo posterior se determinara cual puede ser la mejor opción entre los abonos y densidades en estas variables.

En el cuadro 10, se muestra los promedios por factores simples, con su respectiva prueba de discriminación de medias, para la fuente de variación abono orgánico se puede ver que existen amplias diferencias entre los promedios, lo cual es demostrado con la prueba Duncan al 5 %, el cual presentó índices con diferentes letras en los dos cocientes y numéricamente el abono algas oreadas fue el que mostró el promedio elevado de 56.90 cm, respecto de estiércol porcino con 43.95 cm en altura de planta.

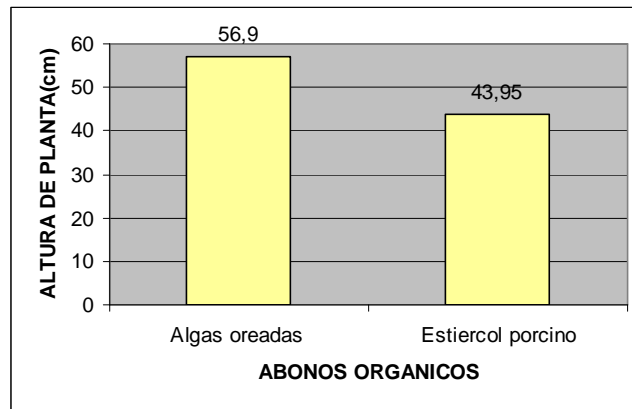
Cuadro 10. Prueba de Duncan para abonos orgánicos en altura de planta

Abono orgánico	Altura de planta (cm)	Prueba Duncan (5%)
Algas oreadas	56.90	A
Estiércol porcino	43.95	B

El efecto del abono algas oreadas probablemente influyó en la formación de biomasa, la cual esta estrechamente relacionada con la altura de planta; por las características de este abono al presentar mayor cantidad de nitrógeno, cuyo elemento es esencial en la formación de biomasa.

Las características físicas y químicas del abono algas oreadas (cuadro 8), pueden ser indicadores en cuanto al comportamiento de este y su interacción con el suelo, estas características muestran que el abono algas oreadas tuvo mejores condiciones para proporcionar nitrógeno, fósforo y potasio; tal como se muestra en la Grafica 7.

Grafica 7. Efecto de los abonos orgánicos en la altura de planta (cm)



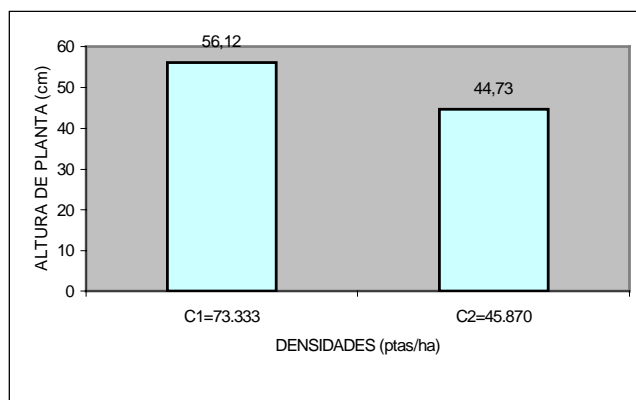
Al respecto Rodríguez (1982), indica que los elementos nitrógeno y fósforo pueden estar disponibles en mayor proporción en el suelo cuando el pH del medio fluctúa entre valores de 7 y 8, influyendo sobre estos la humedad y temperatura. A diferencia de las propiedades físicas y químicas del abono porcino (Cuadro 8), donde las deyecciones de cerdos son muy concentradas y conviene mezclarlas con las de otros animales convertirlos en compost ya que su estado fresco siempre es ácido, indicado por Rodale (1998).

Cuadro 11. Prueba Duncan para densidades de transplante en altura de planta

Densidad de transplante pltas/ha	Altura de planta (cm)	Significancia (5%)
$c_1 = 73.333$	56.12	A
$c_2 = 45.870$	44.73	B

En el Cuadro 11, se observa el efecto del factor en dos densidades de plantación, según la prueba Duncan ($p \leq 0.05$) presentaron valores estadísticamente diferentes entre sí, donde las plantas con densidad alta c_1 , muestra un incremento mayor en altura con índices de 56.12 cm, por efecto de un mayor número de plantas por superficie, lo que no ocurre con la densidad baja c_2 , la cual muestra un incremento menor en altura con 44.763 cm, por causa de una baja densidad de plantación y menor competencia entre plantas, tal como se aprecia en la Gráfica 8.

Grafica 8. Efecto de las densidades de transplante en la altura de planta



Según Ruiz (1993), señala que una alta población significa un efecto competitivo entre plantas por: luz, agua, nutrientes y espacio físico, concluyendo que esta competencia se refleja en el tamaño de la planta.

Por otro lado Mendoza (1999), refleja resultados diferenciados de altura de planta, por causa de las diferentes densidades de plantación, donde obtuvo la mayor altura por efecto de una dosis alta de estiércol y una densidad alta de plantación.

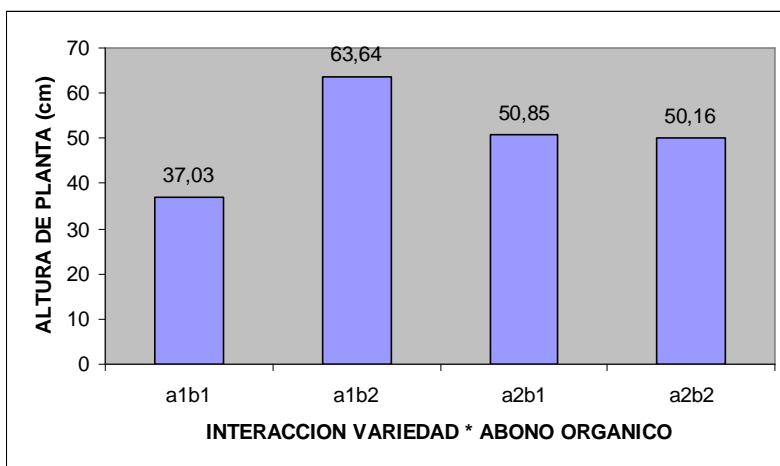
Por tanto, se puede decir que la densidad alta c_1 , permitió el establecimiento de una población de plantas adecuadas para el incremento en altura de la planta, frente a la densidad baja c_2 al obtener menor altura de planta.

Cuadro 12. Prueba Duncan para la interacción variedad por abono orgánico en la altura de planta

Interacción variedad * abono orgánico	Promedio altura de planta cm	Significancia 5%
a_1b_1 = híbrido pirate * estiércol porcino	37.03	A
a_1b_2 = híbrido pirate * algas oreadas	63.64	AB
a_2b_1 = waltham – 29 * estiércol porcino	50.85	C
a_2b_2 = waltham – 29 * algas oreadas	50.16	CD

Para la interacción variedad por abono orgánico en la altura de planta, muestra que los mejores resultados en los tratamientos son los que presentan niveles a_1b_2 (híbrido pirate * algas oreadas), a_2b_1 (waltham-29 * estiércol porcino) con índices de 63.64 y 50.85 cm respectivamente, seguida por el nivel a_2b_2 (waltham-29 * algas oreadas) con una mínima diferencia de 50.16 cm, tal como se observa en la Gráfica 9.

Grafica 9. Altura de planta para la interacción variedad por abono orgánico



Resultados que reflejan la interacción de ambos factores en el desarrollo altura de la planta, los mismos se pueden atribuirse a los comportamientos de crecimiento que son bien marcados dentro las variedades híbrido y waltham, como las condiciones de adaptabilidad al clima, a la vez muestran un efecto marcado entre los abonos algas oreadas y estiércol porcino, esto debido a las características físicas y químicas que muestran condiciones para proporcionar elementos como el nitrógeno y fósforo, pH y conductividad eléctrica elevados.

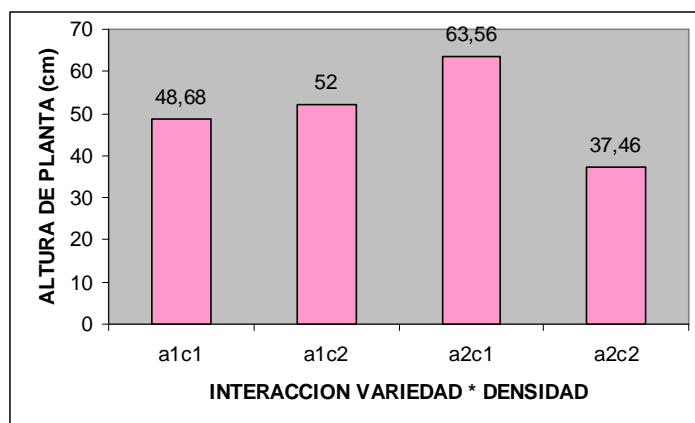
Cuadro 13. Prueba Duncan para la interacción variedad por densidad en la altura de planta

Interacción variedad * densidad	Promedio altura de planta cm	Significancia 5%
a ₁ c ₁ = híbrido pirate * 73.333 pltas/ha	48.68	A
a ₁ c ₂ = híbrido pirate * 45.870 pltas/ha	52.00	AB
a ₂ c ₁ = waltham – 29 * 73.333 pltas/ha	63.56	C
a ₂ c ₂ = waltham – 29 * 45.870 pltas/ha	37.46	CD

Fuente: Elaboración propia.

Las interacciones variedad por densidad en la altura de planta muestran resultados diferentes siendo el mejor rendimiento los tratamientos a₂c₁ (waltham-29 * 73.333 pltas/ha), a₁c₂ (híbrido pirate * 45.870 pltas/ha), cuyos índices son 63.56 y 52.00 cm respectivamente, siendo el nivel mas bajo a₂c₂ (waltham-29 * 45.870 pltas/ha) con 37.46 cm, relaciones de interacción que reflejan marcadas diferencias tal como se aprecia en la Gráfica 10.

Grafica 10. Altura de planta para la interacción variedad por densidad



Los resultados de estas interacciones anteriormente ya descritas pudo deberse en mayor porcentaje al efecto de las variedades waltham-29 e híbrido pirate que al efecto de las densidades 73.333 y 45.870 pltas/ha respectivamente.

En síntesis en la altura de planta se puede observar que el efecto mas notorio fue el de las variedades, al sobresalir sus cualidades morfológicas individuales en cuanto a desarrollo y crecimiento, la competencia por luz no pudo haber sido un factor determinante al incidir en un menor porcentaje la densidad de plantación.

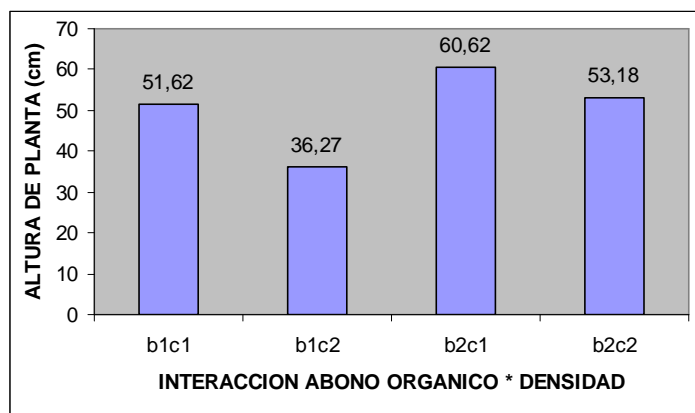
Cuadro 14. Prueba Duncan para la interacción abono orgánico por densidad en la altura de planta

Interacción abono orgánico * densidad	Promedio altura de planta cm	Significancia 5%
b ₁ c ₁ = estiércol porcino * 73.333 pltas/ha	51.62	A
b ₁ c ₂ = estiércol porcino * 45.870 pltas/ha	36.27	A B
b ₂ c ₁ = algas oreadas * 73.333 pltas/ha	60.62	C
b ₂ c ₂ = algas oreadas * 45.870 pltas/ha	53.18	C D

Fuente: Elaboración propia.

Para la interacción abono orgánico por densidad de plantación en la altura de planta, la prueba de Duncan indica que los tratamientos mas destacados son b₂c₁ (algas oreadas * 73.333 pltas/ha), b₂c₂ (algas oreadas * 45.870 pltas/ha) cuyos promedios son 60.62 y 53.18 cm respectivamente, en relación al nivel de tratamiento mas bajo b₁c₂ (estiércol porcino * 45.870 pltas/ha) con 36.27 cm, tal como se muestra en la Gráfica 11.

Grafica 11. Altura de planta para la interacción abono orgánico por densidad



Los resultados indican que existe una relativa influencia de interacción en los niveles de abonos orgánicos y densidades de plantación, estas diferencias se pueden atribuir al efecto de la materia orgánica (b_1 y b_2) en el proceso de humificación liberan elementos nutritivos en un mayor o menor grado a la cantidad incorporada.

El otro aspecto que influye es la densidad de plantación, pudiendo observarse que la densidad alta ($c_1=73.333$ pltas/ha) tiende a un mejor desarrollo, en comparación a la densidad baja ($c_2=45.870$ pltas/ha), concluyendo que densidades muy altas y bajas no son recomendables por presentar indistintamente bajos rendimientos.

4.7.2 Diámetro de tallo en la cosecha del cultivo

En el Cuadro 15, se presenta el análisis de varianza para del diámetro de tallo (cm) de brócoli, donde las diferencias estadísticamente son altamente significativas entre los factores: abono, densidad y es significativa el factor variedad.

También se observan las no significancias entre los factores: bloque, interacciones variedad * abono orgánico, variedad * densidad, abono * densidad; indicando que no existe dependencia entre estos factores, el coeficiente de variación para los factores medidos esta en el rangos del 13.78 % expresando confiabilidad en los datos.

Cuadro 15. Análisis de varianza del diámetro de tallo (cm) en el cultivo

FV	GL	SC	CM	F(Cal.)	F(Tab.) 0.05
Bloque	3	0.54	0.18	0.82	3.05 NS
A = Variedad	1	1.07	1.07	4.92	4.30 *
B = Abono orgánico	1	3.71	3.71	17.14	4.30 **
C = Densidad	1	1.78	1.78	8.20	4.30 **
Interacción A*B	1	0.25	0.25	1.13	4.30 NS
Interacción A*C	1	0.12	0.12	0.55	4.30 NS
Interacción B*C	1	0.26	0.26	1.18	4.30 NS
Error	22	4.76	0.22		

C.V. = 13.78 %

El análisis de varianza del diámetro de tallo, indica que la utilización de diferentes variedades afecta estadísticamente a esta variable.

El efecto de los abonos orgánicos sobre el desarrollo diametral del tallo es altamente significativo, este pudo influir directamente en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

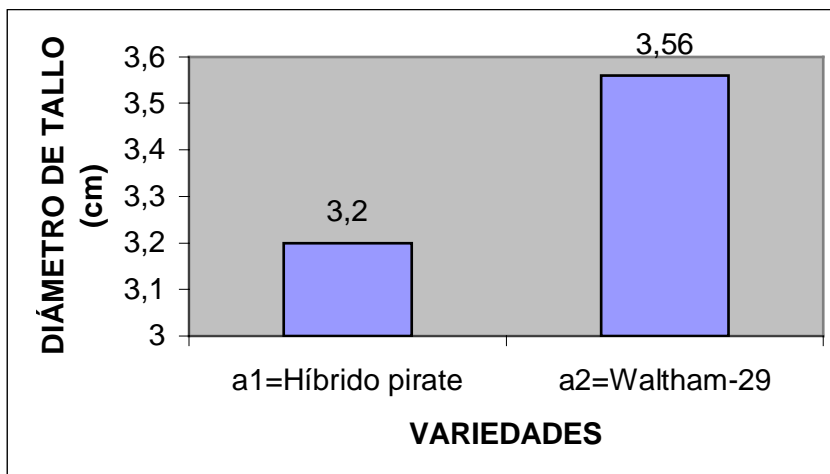
Con respecto a las densidades de plantación sobre el desarrollo de diametral del tallo es altamente significativo, advirtiendo la diferencias entre las densidades, mas adelante se determinará cual de los niveles es el mas recomendable entre estas variables de estudio.

Cuadro 16. Prueba Duncan para variedades en diámetro del tallo

Variedades	Diámetro de tallo (cm)	Prueba Duncan (5%)
a ₁ = Híbrido pirate (Hp)	3.20	A
a ₂ = Waltham-29 (W-29)	3.56	B

Para la interacción de variedades en diámetro de tallo, muestra que la mejor variedad es a₂ (waltham-29) con 3.56 cm, con una ligera diferencia numérica de 0.36 cm respecto de a₁ (híbrido pirate) con 3.20 cm, resultados que reflejan ciertas diferencias estadísticas entre ambas variedades, tal como se observa en la Gráfica 12.

Grafica 12. Diámetro de tallo para variedades de la planta



Se puede observar en forma gráfica que la variedad a_2 presentó una superioridad en relación a la variedad a_1 , estas diferencias de desarrollo diametral que hubo entre ambas variedades de brócoli.

Por lo que se puede asumir que estos resultados están sujetos a las características genéticas de cada variedad, pudiendo responder estas en forma diferente a las condiciones de clima.

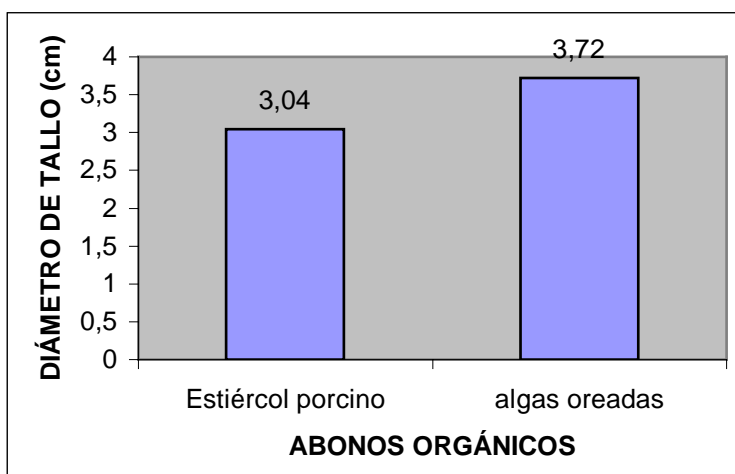
Cuadro 17. Prueba Duncan para abonos orgánicos en diámetro del tallo

Abonos orgánicos	Diámetro de tallo (cm)	Prueba Duncan (5%)
b_1 = Estiércol porcino	3.04	A
b_2 = Algas oreadas	3.72	B

Para la interacción abonos orgánicos en diámetro de tallo muestra que el mejor fuente de abono es b_2 (algas oreadas) con 3.72 cm, respecto de b_1 (estiércol porcino) con 3.04 cm.

Resultados que reflejan ciertas diferencias estadísticas entre ambas variedades, tal como se observa en la Gráfica 13.

Grafica 13. Diámetro de tallo para abonos orgánicos de la planta



Se puede observar en forma gráfica que el abono algas oreadas probablemente influyó en la formación diametral de tallo, la cual esta estrechamente relacionada con la altura de planta.

Por las características de este abono río lacustre al presentar relativa superioridad y la mayor cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles en relación al estiércol porcino, cuyos elementos son esenciales en el desarrollo y formación de la planta.

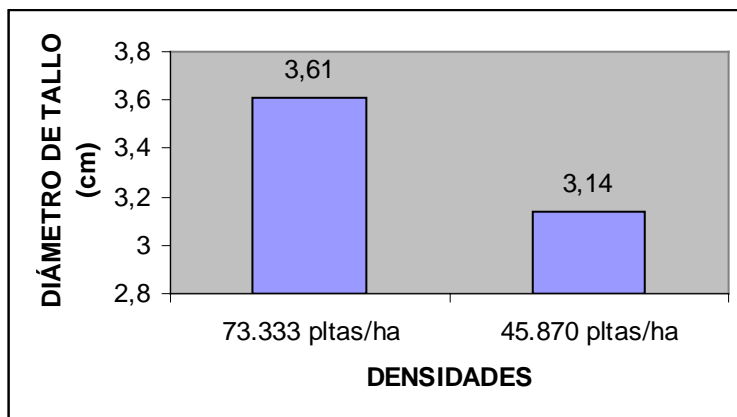
Cuadro 18. Prueba Duncan para densidades en diámetro del tallo

Densidades	Diámetro de tallo (cm)	Prueba Duncan (5%)
$c_1 = 73.333$ pltas/ha.	3.61	A
$c_2 = 45.870$ pltas/ha.	3.14	B

Para la interacción densidades en diámetro de tallo, presentó mejor desarrollo el nivel c_1 (73.333 pltas/ha) con 3.61cm, en comparación con un menor desarrollo al nivel c_2 (45.870 pltas/ha) con 3.14 cm.

Los resultados reflejan el establecimiento de una población de plantas adecuados y se deduce que densidades menores al c_1 no son recomendables por presentar bajo desarrollo y formación diametral de tallo.

Grafica 14. Diámetro de tallo para densidades de la planta



La Gráfica 14 y la prueba Duncan (Cuadro 18) muestran que la densidad de transplante a 73.333 pldas/ha presentó un desarrollo relativamente superior que corresponde a 3.61 cm de diámetro.

Tal como lo reporta Mendoza (1999) que menciona el incremento diametral de tallo en el cultivo de brócoli a nivel experimental alcanzó 3.90 y 3.70 cm, a densidades de plantación de 72.100 y 57.700 pldas/ha en condiciones atemperadas.

4.7.3 Diámetro de la cabeza en la cosecha del cultivo

En el Cuadro 19, se presenta el análisis de varianza para el incremento del diámetro de la cabeza (cm) de brócoli, donde la diferencia estadísticamente es significativa del factor: abono orgánico en relación a la insignificancia con las otras variables; indicando que no existe dependencia entre estos factores, el coeficiente de variación para los factores medidos esta en el rangos del 18.03 % expresando confiabilidad en los datos.

Cuadro 19. Análisis de varianza del diámetro de la cabeza (cm) en el cultivo

FV	GL	SC	CM	F(Cal.)	F(Tab.) 0.05
Bloque	3	17.60	5.87	0.74	3.05 NS
A = Variedad	1	4.34	4.34	0.55	4.30 NS
B = Abono orgánico	1	47.21	47.21	5.99	4.30 *
C = Densidad	1	26.52	26.52	3.37	4.30 NS
Interacción A*B	1	0.45	0.45	0.06	4.30 NS
Interacción A*C	1	0.96	0.96	0.12	4.30 NS
Interacción B*C	1	2.60	2.60	0.33	4.30 NS
Error	22	173.27	7.88		

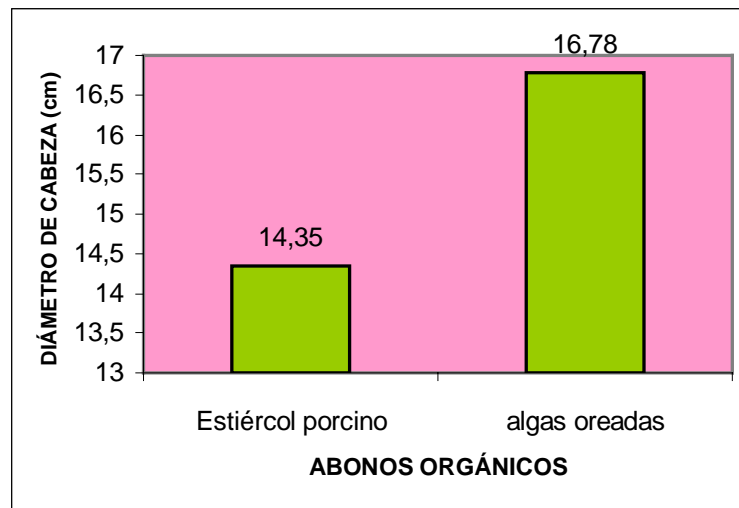
C.V. = 18.03 %

Cuadro 20. Prueba Duncan para abonos orgánicos en diámetro de la cabeza

Abonos orgánicos	Diámetro de la cabeza (cm)	Prueba Duncan (5%)
b ₁ = Estiércol porcino	14.35	A
b ₂ = Algas oreadas	16.78	B

De acuerdo a la información obtenida mediante la prueba Duncan en el Cuadro 20, la interacción para el incremento del diámetro de la cabeza presentó una relativa superioridad el abono orgánico b₂ (algas oreadas) con 16.78 cm en relación al b₁ (estiércol porcino) con 14.35 cm, indicando que estadísticamente son diferentes tal como se puede apreciar en la Gráfica 15.

Grafica 15. Diámetro de la cabeza para abonos orgánicos de la planta



En la Gráfica15, se puede advertir el incremento de diámetro de la cabeza para la interacción abonos orgánicos, apreciándose que el abono algas oreadas presentó un mejor desarrollo diametral de la inflorescencia.

Por un lado atribuyéndose esta superioridad a las características físicas y químicas del abono tales como la conductividad eléctrica, pH, las condiciones para proporcionar elementos como el nitrógeno, fósforo y potasio, tal como señala Mendoza (1999) que la importancia de la fertilización orgánica radica en el manejo del cultivo, mejoramiento del suelo, rendimiento, tamaño y calidad del brócoli.

Por otro lado el efecto de la variedad pudo ser un factor intrínseco, que incidió en el desarrollo y crecimiento sujetas a las características genéticas de cada variedad tales como el hábito de crecimiento y condiciones de adaptabilidad al clima.

Al respecto Álvarez (2001) reporta sobre el efecto de las variedades en repollo del diámetro de cabeza encontró amplias diferencias, si bien estos resultados no son en el brócoli, pero que de alguna forma corroboran los resultados obtenidos en esta especie, al no existir estudios con algas oreadas y/o estiércol de porcino en variedades de brócoli.

4.8 Rendimiento de inflorescencia principal

El análisis de varianza para el rendimiento promedio de inflorescencia principal² de brócoli (Cuadro 21) muestra que las diferencias son estadísticamente altamente significativas entre las densidades de plantación (factor B) y las variedades de brócoli (factor C), observándose que no hubo diferencias significativas entre los factores A * B, A * C, B * C y A * B * C, significando que no hay interacción o dependencia entre estos factores.

Cuadro 21. Análisis de varianza del rendimiento promedio de brócoli en inflorescencia principal

FV	GL	SC	CM	F(Cal.)	F(Tab.)0,05
Bloque	3	0.12	0.04	0.05	3.07 NS
A = Abono orgánico	1	0.15	0.15	0.18	4.32 NS
B = Densidad	1	94.53	94.53	12.74	4.32 **
C = Variedad	1	17.70	17.70	2 1.11	4.32 **
Interacción A x B	1	1.20	1.20	1.43	4.32 NS
Interacción A x C	1	1.53	1.53	1.83	4.32 NS
Interacción B x C	1	1.05	1.05	1.25	4.32 NS
Interacción A x B x C	1	0.78	0.78	0.93	4.32 NS
Error	21	17.61	0.84		

Fuente: Elaboración propia

C.V. 6.05%

El coeficiente de variación de 6.05 % expresa que hubo un buen manejo de las unidades experimentales y que los datos estadísticos son confiables. Si bien el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas al factor densidad y variedad.

Por el contrario son no significativos los otros factores e interacciones, debido a que los promedios de estas variables (densidad y variedad) fueron demasiado elevados en comparación con los promedios de los otros factores (abono orgánico e interacciones), lo cual incidió sobre el valor de la suma de cuadrados al presentar el mismo número de grados de libertad para todos los factores.

2

² Rendimiento de inflorescencia principal, involucra la inflorescencia sin hojas.

4.8.1 Rendimiento en inflorescencia principal para densidades de plantación

En el cuadro 22, se observa la comparación de rendimientos promedios de los niveles de densidad de plantación para inflorescencia principal, observándose que existen diferencias estadísticas altamente significativas de acuerdo a la prueba de Duncan, entre las densidades de 73,333 pltas/ha y 45870 pltas/ha.

Cuadro 22. Prueba Duncan en rendimiento promedio de inflorescencia principal para densidad de plantación

Densidad de plantación pltas/ha	Rendimiento promedio tn/ha	Significancia 5 %
$b_2 = 45.870$	16.86	A
$b_1 = 73.333$	13.30	B

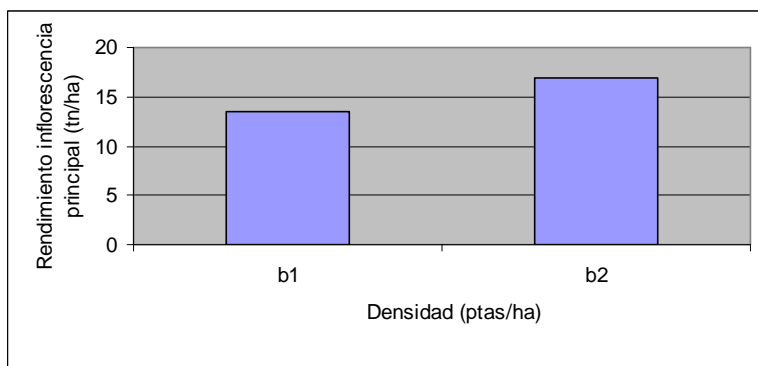
Fuente: Elaboración propia

En la grafica 16, se puede apreciar objetivamente donde la densidad de plantación media (b_2) para inflorescencia principal es mayor en rendimiento, respecto a la densidad (b_1), pudiendo determinarse este incremento al efecto de la densidad de plantación b_2 con 0.50 m. entre surcos y 0.50 m. entre plantas.

Entonces se puede atribuir el desarrollo optimo de la inflorescencia principal, debido a la menor competencia principalmente por la escasa disponibilidad de elementos nutritivos en el suelo.

En la densidad alta b_1 el desarrollo de la inflorescencia principal se puede restringe por efecto de una alta competencia por espacio, luz y elementos nutritivos. Por lo tanto se puede decir, a medida que disminuye la distancia entre plantas los rendimientos aumentan por unidad de superficie, y el peso de la inflorescencia se reduce.

Grafica 16. Rendimiento en inflorescencia principal de brócoli (tn/ha) con dos densidades de plantación



Mendoza (1999), señala que una densidad baja sea probablemente la óptima para el desarrollo de la inflorescencia, contrariamente en la densidad alta el desarrollo de la inflorescencia se restringe debido a una alta competencia entre plantas.

4.8.2 Rendimiento en inflorescencia principal para variedades de plantación

La prueba de Duncan (Cuadro 23) muestra que la variedad Híbrido pirate (c_1), presenta un rendimiento promedio de 15,89 tn/ha., y es estadísticamente diferente a la variedad Waltham–29 (c_2). Esta diferencia se atribuye al habito de crecimiento y arquitectura morfológica de las variedades indicadas.

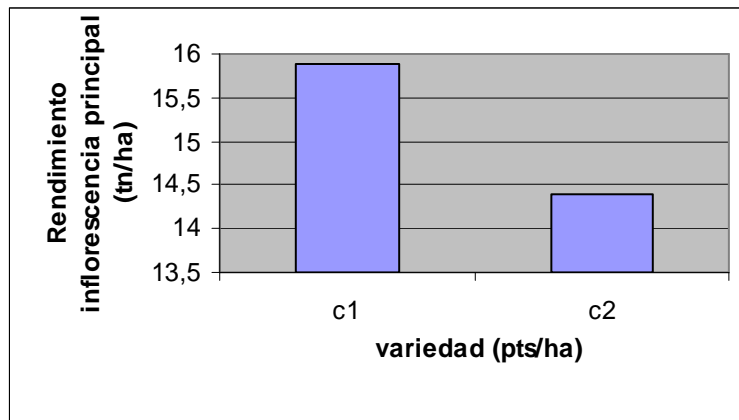
Cuadro 23. Prueba Duncan en rendimiento promedio de inflorescencia principal para variedades de brócoli

Variedades de brócoli pldas/ha	Rendimiento promedio tn/ha	Significancia 5 %
C_1 = Híbrido pirate (Hp)	15.89	A
C_2 = Waltham - 29 (W-29)	14.40	B

Fuente: Elaboración propia.

En la grafica 17, se puede apreciar un mayor incremento en rendimiento promedio de inflorescencia principal para variedades de brócoli, donde la variedad c_1 alcanzo un promedio de 15.89 tn/ha en producto comercial, no obstante la variedad c_2 obtuvo el 14.40 tn/ha de rendimiento promedio en producto comercial.

Grafica 17. Rendimiento en inflorescencia principal de brócoli (tn/ha) con dos variedades de plantación



Estos resultados obtenidos fueron correlativos en el diámetro de cabeza, donde la variedad Híbrido también tuvo un mejor comportamiento con relación a la variedad Waltham.

Álvarez (2001), en su estudio Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento de tres variedades de repollo bajo carpa solar; señala en forma general que en todas las variables medidas, los valores registrados como los mas elevados fueron siempre por efecto de la variedad, si bien no se evidencian diferencias entre los abonos orgánicos.

4.9 Rendimiento del cultivo de brócoli en cabeza comercial

El análisis de varianza para el rendimiento promedio en cabeza comercial³ de brócoli se aprecian (Cuadro 24), que las diferencias son estadísticamente altamente significativas entre los bloques, densidad de plantación (factor B), variedades del cultivo (factor C), la interacción de densidad por variedad (factor B * C) y estadísticamente significativa la interacción abono orgánico por variedad (factor A* C), advirtiéndose que no hubo diferencias estadísticas significativas de interacción entre los factores A * B ; A * B * C y el factor A no significativo.

Cuadro 24. Análisis de varianza del rendimiento promedio en cabeza comercial

FV	GL	SC	CM	F(Cal.)	F(Tab.)0,05
Bloque	3	8.10	2.70	5.29	3.07 **
Abono orgánico	1	1.28	1.28	2.51	4.32 NS
Densidad	1	94.53	94.53	185.39	4.32 **
Variedad	1	42.78	42.78	83.90	4.32 **
Abono org. * den.	1	0.08	0.08	0.16	4.32 NS
Abono org. * var.	1	2.21	2.21	4.32	4.32 *
Densidad * Variedad	1	5.95	5.95	11.67	4.32 **
Abono.org.*den.*var.	1	1.81	1.81	3.54	4.32 NS
Error experimental	21	10.71	0.51		

Fuente: Elaboración propia

C.V. 3.88%.

El coeficiente de variación de 3.88 % expresa que hubo un buen manejo de las unidades experimentales y que los datos estadísticos son confiables.

3

³ Rendimiento promedio en cabeza comercial involucra la inflorescencia principal y las hojas dejadas en esta.

4.9.1 Rendimiento promedio de los bloques en cabeza comercial

En el cuadro 25, se aprecia que el bloque 4 representa el rendimiento comercial mas alto con 19.09 tn/ha, tiene diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Duncan, con respecto al bloque 1, con el rendimiento mas bajo de 17.67 tn/ha, los bloques 3 y 4 presentan un resultado similar en rendimiento con índices de 18.44 tn/ha y 18.33 tn/ha respectivamente.

Cuadro 25. Prueba Duncan en rendimiento promedio de bloques en cabeza comercial

Bloques	Rendimiento promedio tn/ha	Significancia
Bloque 4	19.09	A
Bloque 3	18.44	A B
Bloque 2	18.33	A B
Bloque 1	17.67	B

Fuente: Elaboración propia

Estas diferencias se pueden atribuir a la influencia por efectos ambientales como la heterogeneidad de suelo, las diferencias de humedad, incidencia de luz solar, aireación, también el rol que cumple la materia orgánica en el proceso de humificación que libera elementos nutritivos en un mayor o menor grado a la cantidad incorporada.

Otro de los factores influyentes es la densidad de plantación, donde las densidades altas tienden a presentar rendimientos altos en relación a las densidades bajas y finalmente la variedad que es otro de los factores determinantes en el rendimiento de acuerdo con las características fenotípicas y genotípicas presentes en el cultivo.

4.9.2 Rendimiento promedio en cabeza comercial para densidad de plantación

El cuadro 26 , muestra los rendimientos promedios de los niveles de densidad de plantación, observándose que existe diferencias de acuerdo a la prueba de Duncan, entre las densidades de 73.333 pltas/ha frente a 45.870 pltas/ha.

Estadísticamente son diferentes las densidades b_1 y b_2 , existiendo una diferencia de 3.44 tn/ha como efecto principal de la densidad por unidad de superficie.

Cuadro 26 . Prueba de Duncan en rendimiento promedio para densidad de plantación en cabeza comercial

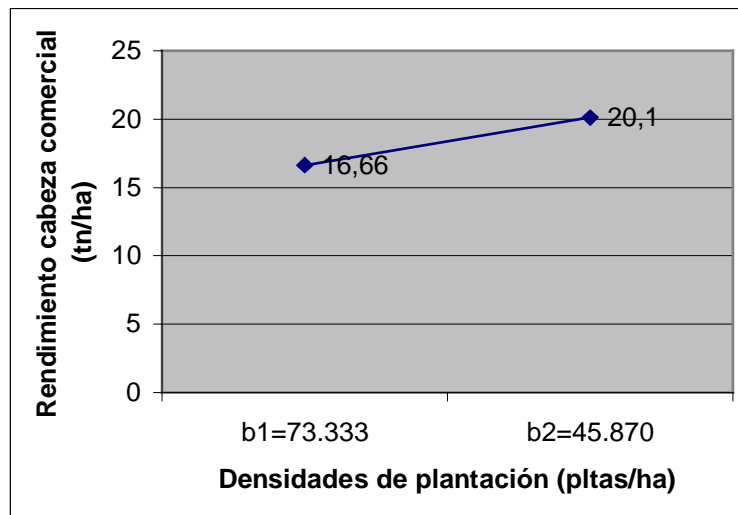
Densidad de plantación pltas/ha	Rendimiento promedio tn/ha	Significancia 5 %
$b_2 = 45.870$	20.10	A
$b_1 = 73.333$	16.66	B

Fuente: Elaboración propia.

En la grafica 18, se puede observar donde la densidad de plantación b_2 en cabeza comercial es mayor en rendimiento, respecto a la densidad b_1 , por tanto se puede decir que la baja cantidad de semilla permitió el establecimiento de una población de plantas adecuados para obtener rendimientos elevados.

Entonces se deduce que densidades menores no son recomendables por presentar bajos rendimientos debido a la competencia principalmente por nutrientes del suelo, tal como lo confirma Ruiz (1993), quien señala que una alta población significa un efecto competitivo entre plantas por: luz, agua, nutrientes y espacio físico, concluyendo que esta competencia se refleja en el tamaño de la planta.

Grafica 18. Rendimiento en cabeza comercial de brócoli (tn/ha) con dos densidades de plantación



4.9.3 Rendimiento en cabeza comercial para variedades de plantación

La variedad Waltham 29 presenta un hábito de crecimiento con ramas laterales decumbentes que alcanzan a la altura de las ramas centrales, no están diferenciadas por un tallo principal como en el caso de la variedad híbrido pirate.

Debido a esta forma de crecimiento y desarrollo morfológico, las plantas tienden a la mayor cobertura superficial causando competencia entre plantas aledañas y afectando su desarrollo vegetativo, estas características morfológicas pueden explicar el bajo rendimiento de 17.23 tn/ha en la variedad Waltham 29.

La variedad híbrido pirate presenta un hábito de crecimiento erecto con ramificaciones paralelas al tallo principal diferenciado, sus ramas son más delgadas, las hojas basales se mantienen en el tercio superior de la inflorescencia principal, las mismas cubiertas de grandes bracteas hasta la formación de la inflorescencia.

Probablemente estas características sean causales de haber presentado el mayor rendimiento de 19.54 tn/ha en la variedad híbrido pirate.

La prueba de Duncan (Cuadro 27) muestra que la variedad Waltham 29 presenta un rendimiento promedio de 17.23 tn/ha y son estadísticamente diferentes a la variedad híbrido pirate que muestra un rendimiento promedio de 19.54 tn/ha.

Esta diferencia puede atribuirse al hábito de crecimiento arquitectónico y morfológico de las variedades, ver (Anexo 8 Figuras 4 y 5).

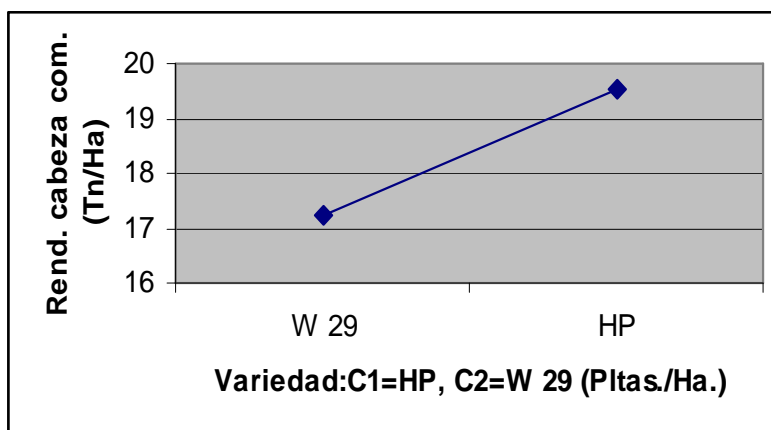
Cuadro 27. Prueba de Duncan en rendimiento promedio de cabeza comercial para variedades de brócoli

Variedades de brócoli	Rendimiento promedio tn/ha	Significancia
c ₁ = Híbrido pirate (Hp)	19.54	A
c ₂ = Waltham – 29 (W-29)	17.23	B

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 19, se puede apreciar que el rendimiento promedio en cabeza comercial para variedades de brócoli fue ligeramente mejor el híbrido pirate, respecto al Waltham 29, con 19.54 y 17.23 tn/ha respectivamente.

Grafica 19. Rendimiento en cabeza comercial para dos variedades de brócoli (tn/ha)



4.9.4 Interacción abono orgánico por variedad

Elaborado la prueba de rango múltiple Duncan al 5% de probabilidad estadística para la interacción abono orgánico y variedad en el rendimiento cabeza comercial, se puede contemplar en el cuadro 28, no existe diferencias significativas de interacción entre tratamientos a_1c_1 (estiércol de porcino y variedad híbrido pirate) y a_2c_2 (algas oreadas variedad Waltham 29) con rendimientos de 19.08 y 17.16 tn/ha.

En cambio existe diferencias significativas de interacción entre los tratamientos a_1c_2 (estiércol de porcino y variedad Waltham 29) y a_2c_1 (algas oreadas y variedad híbrido pirate) con 17.29 y 20.00 tn/ha respectivamente.

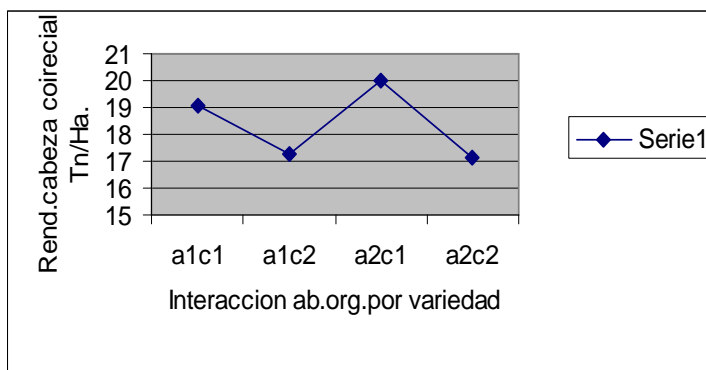
Cuadro 28. Prueba de Duncan para la interacción abono orgánico por variedad en el rendimiento cabeza comercial de brócoli

Interacción abono org.*variedad	Rendimiento promedio tn/ha.	Significancia 5 %
a_1c_1 = Est. Porcino * híbrido pirate	19.08	A A
a_1c_2 = Est. Porcino * Waltham 29	17.29	A B
a_2c_1 = Algas oreadas * híbrido pirate	20.00	B A
a_2c_2 = Algas oreadas * Waltham 29	17.16	B B

En la grafica 20, se observan las diferencias significativas de los tratamientos a_1c_1 , a_1c_2 , a_2c_1 , a_2c_2 , de rendimientos en cabeza comercial para la interacción abono comercial y variedad, donde se destaca mejor el tratamiento a_2c_1 (algas oreadas por híbrido pirate), seguido de a_1c_1 (estiércol de porcino por híbrido pirate), los otros tratamientos a_2c_2 (algas oreadas por waltham 29) y a_1c_2 (estiércol de porcino por waltham 29) presentan un rendimiento mucho menor.

Por lo que se asume el tratamiento a_2c_1 (algas oreadas por variedad híbrido pirate) tiene la eficacia interactiva entre el abono orgánico y la variedad como adecuadas para la producción.

Grafica 20. Rendimiento en cabeza comercial de brócoli para la Interacción abono orgánico por variedad



4.9.5 Interacción densidad por variedad

En el cuadro 29, se puede apreciar la prueba de rango múltiple Duncan al 5% de probabilidad estadística para la interacción densidad por variedad en el rendimiento cabeza comercial, donde no existe diferencias significativas de interacción entre tratamientos b_1c_1 (73.333 pltas/ha por variedad híbrido pirate) y b_2c_2 (45.870 pltas/ha por variedad Waltham 29) con rendimientos de 18.25 y 19.38 tn/ha. En cambio existe diferencias significativas de interacción entre los tratamientos b_1c_2 (73.333 pltas/ha por variedad Waltham 29) y b_2c_1 (45.870 pltas/ha por variedad híbrido pirate) con 15.08 y 20.83 tn/ha respectivamente.

Cuadro 29. Prueba Duncan para la interacción densidad por variedad en el rendimiento cabeza comercial de brócoli

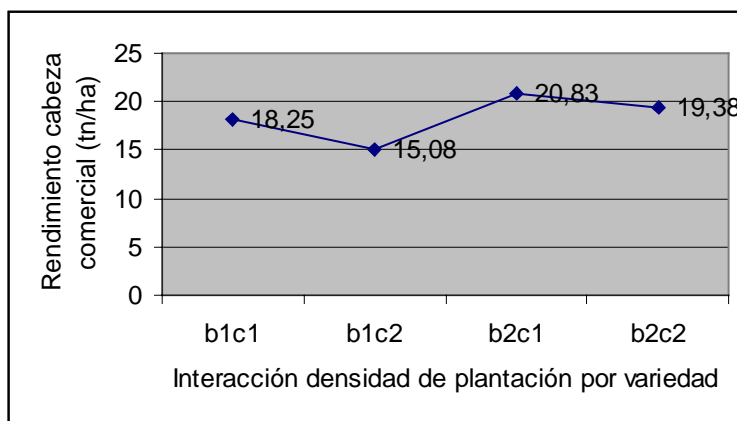
Interacción densidad por variedad	Rendimiento promedio tn/ha	Significancia
$b_1c_1 = 73.333$ pltas/ha * Híbrido pirate	18.25	A A
$b_1c_2 = 73.333$ pltas/ha * Waltham 29	15.08	A B
$b_2c_1 = 45.870$ pltas/ha * Híbrido pírate	20.83	B A
$b_2c_2 = 45.870$ pltas/ha * Waltham 29	19.38	B B

En la grafica 21, se observan las diferencias significativas de los tratamientos en rendimientos cabeza comercial para la interacción densidad por variedad, donde se destaca mejor el tratamiento b_2c_1 (densidad 45.870 pltas/ha por variedad híbrido pirate), seguido de b_2c_2 (densidad 45.870 pltas/ha por variedad Waltham 29).

Los tratamientos que presentan un rendimiento mucho menor son b_1c_1 (densidad 73.333 pltas/ha por variedad híbrido pirate) y b_1c_2 (densidad 73.333 pltas/ha por variedad waltham 29).

Por estas diferencias en las variedades se deduce que los niveles de densidad de transplante han influido en el crecimiento y desarrollo de las variedades, entonces se asume que el tratamiento b_2c_1 (densidad 45.870 pltas/ha por variedad híbrido pirate) pueden ser adecuadas para la producción.

Grafica 21. Rendimiento en cabeza comercial de brócoli para la interacción densidad por variedad



4.10 Análisis económico

Las recomendaciones emanadas de la realización de una investigación deberán efectuarse una evaluación económica de los resultados a través del análisis de costos y beneficios, tomando en cuenta la utilización de las alternativas tecnológicas como medios de producción, en el caso del presente trabajo se consideraran los datos siguientes: rendimiento ajustado, beneficio bruto, costos variables y beneficios netos.

4.10.1 Rendimiento ajustado

Se considera como el promedio de cada tratamiento menos el 10%, ajustable a la diferencia entre el rendimiento experimental y el rendimiento obtenido en condiciones del productor.

Este ajuste toma en consideración la diferencia de tamaño entre las parcelas experimentales y de producción, tanto el manejo mismo del cultivo, ya que los resultados obtenidos en una parcela pequeña por lo general son sobrestimados por el mismo manejo técnico de las variables en prueba.

Cuadro 30. Calculo del rendimiento ajustado de producto comercial por tratamiento

RENDIMIENTOS kg/ha	T R A T A M I E N T O S							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Rendimiento	17.500	15.300	20.700	19.700	19.00	14.800	21.00	19.500
Ajuste al 10%	1.750	1.530	2.070	1.920	1.900	1.480	2.100	1.950
Rendimiento ajustado	15.750	13.770	18.630	17.280	17.100	13.320	18.900	17.550

Fuente: Elaboración propia, base de datos para el análisis económico

4.10.2 Beneficio bruto

Es el beneficio total obtenido como resultado de multiplicar el rendimiento ajustado por el precio del producto. En el cuadro 31 se observa que el tratamiento T₇, obtuvo el mayor beneficio bruto con 37.800 Bs/ha como indicación de la mayor cantidad de producto comercial, por el contrario el tratamiento T₆ obtuvo menor rendimiento con 26,640 Bs/ha.

Cuadro 31. Cálculo de beneficios brutos

RENDIMIENTOS kg/ha	T R A T A M I E N T O S							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Rendimiento ajustado	15.750	13.770	18.630	17.280	17.100	13.320	18.900	17.550
Precio por kg (Bs)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Beneficio bruto (Bs/ha)	31.500	27.540	37.260	34.560	34.200	26.640	37.800	35.100

4.10.3 Costos variables

Los costos variables están relacionados con insumos, mano de obra y maquinaria utilizados en cada tratamiento sujetos a variación, todos los gastos adicionales serán considerados como costos fijos y son constantes para todos los tratamientos.

Cuadro 32. Cálculo de costos variables

INSUMOS	T R A T A M I E N T O S							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Semilla	3.000	2.800	3.000	2.800	3.000	2.800	3.000	2.800
Abono orgánico	4.000	4.000	4.000	4.000	3.500	3.500	3.500	3.500
Control fitosanitario	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Riego	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mano de obra	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Comercialización	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Total Costo (Bs/ha)	14.500	14.300	14.500	14.300	14.000	13.800	14.000	13.800

Fuente: Elaboración propia.

4.10.4 Total costos de producción

El costo de producción se define como la suma de los costos fijos referentes a infraestructura y herramientas, y los costos variables correspondientes a un proceso productivo.

Cuadro 33. Calculo de los costos de producción

	T R A T A M I E N T O S							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Total costos Fijos	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
Total costos variables	14.500	14.300	14.500	14.300	14.000	13.800	14.000	13.800
Total costos de prod.(Bs/Ha.)	20.000	19.800	20.000	19.800	19.500	19.300	19.500	19.300

4.10.5 Beneficios netos

Se define como el valor de todos los beneficios de la producción que se percibirá de los tratamientos, menos el total de los costos de producción, como se refleja en el cuadro 33, el tratamiento T₇ reporto los mayores beneficios netos.

Cuadro 34. Calculo de beneficios netos

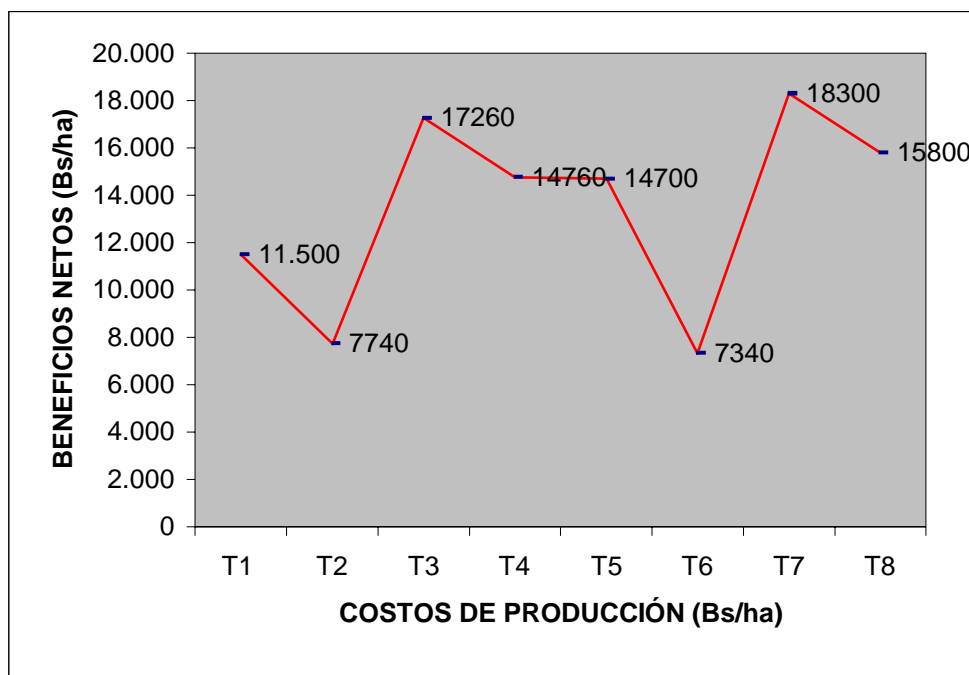
	T R A T A M I E N T O S							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Beneficio bruto	31.500	27.540	37.260	34.560	34.200	26.640	37.800	35.100
Total costos de producción	20.000	19.800	20.000	19.800	19.500	19.300	19.500	19.300
Beneficios netos (Bs/ha)	11.500	7.740	17.260	14.760	14.700	7.340	18.300	15.800

Fuente: Elaboración propia.

4.10.6 Curva de beneficios netos

En la grafica 22, se representa la curva de beneficios netos, donde cada tratamiento esta relacionado con los costos variables y los beneficios netos en Bs/ha.

Grafica 22. Curva de beneficios netos por tratamiento



En la curva de beneficios netos se puede apreciar, que el tratamiento T₇ es el mas rentable económicamente, como se advierte en el cuadro 34, esta rentabilidad se debe a que los costos de producción principalmente en abono son menores en comparación al T₃ (cuadro 32), que fue el segundo tratamiento en rentabilidad económica.

V. CONCLUSIONES

5.1 Desde el punto de vista agronómico

Las características genotípicas y fenotípicas de cada variedad, el aporte del abonamiento orgánico y la densidad de trasplante contribuyeron como factores importantes relacionados con el manejo del cultivo, favoreciendo el desarrollo, rendimiento, tamaño y calidad del brócoli.

5.1.1 Altura de tallo

En general, el incremento en altura de tallo de los tratamientos reflejaron distintos comportamientos atribuibles a un efecto competitivo entre plantas por: luz, agua, nutrientes y espacio físico, reflejados en el tamaño de la planta.

Las tres primeras quincenas el desarrollo fisiológico fue casi uniforme, a partir de la cuarta a la quinta quincena el incremento se diferencia para cada tratamiento.

Las mayores alturas de planta en la cosecha marcó los comportamientos siguientes:

- § Altura de planta para abonos orgánicos es algas oreadas alcanzando 56.90 cm.
- § Altura de planta para densidades de trasplante es 73.333 pltas/ha con 56.12 cm.
- § Altura de planta para la interacción variedad * abono orgánico es híbrido pirate por algas oreadas alcanzando 63.64 cm.
- § Altura de planta para la interacción variedad * densidad es waltham 29 por 73.333 pltas/ha alcanzando 63.56 cm.
- § Altura de planta para la interacción abono orgánico * densidad es algas oreadas por 73.333 pltas/ha alcanzando 60.62 cm.

5.1.2 Diámetro de tallo

El la primera y segunda quincena del desarrollo fisiológico es casi uniforme, a partir de la tercera, cuarta y quinta quincena se diferencian claramente el incremento en los tratamientos.

Los mayores diámetros de tallo en la cosecha marcó los comportamientos siguientes:

- Diámetro de tallo para variedades de la planta es waltham 29 alcanzó 3.56 cm.
- Diámetro de tallo para abonos orgánicos es algas oreadas alcanzando 3.72 cm.
- Diámetro de tallo para densidades de trasplante es 73.333 pltas/ha con 3.61 cm.

5.1.3 Formación y calidad de las inflorescencias

La formación de la inflorescencia es esencial, como parámetro de medida en el rendimiento de la producción, para ello se consideran los factores importantes como la incidencia solar, temperaturas ambiente, humedad relativa, nivel de abonamiento del suelo, densidad de plantación y variedades del cultivo, que son factores preponderantes en la formación de la cantidad y calidad del producto.

Los resultados reflejan que los mejores rendimientos en inflorescencia principal son:

- Ø Diámetro de inflorescencia para abonos orgánicos es algas oreadas con 16.78cm.
- Ø Rendimiento de inflorescencia principal para densidades es 45.870 pltas/ha alcanzando 16.86 tn/ha.
- Ø Rendimiento de inflorescencia principal para variedades es híbrido pirate alcanzando 15.89 tn/ha.
- Ø Rendimiento en cabeza comercial para bloques es el bloque 4 alcanzando 19.09tn/ha.
- Ø Rendimiento en cabeza comercial para densidades es 45.870 pltas/ha alcanzando 20.10 tn/ha.

- Ø Rendimiento en cabeza comercial para variedades es híbrido pirate alcanzando 19.54 tn/ha.
- Ø Rendimiento en cabeza comercial para la interacción abono orgánico * variedad es estiércol porcino por híbrido pirate alcanzando 19.08 tn/ha.
- Ø Rendimiento en cabeza comercial para la interacción densidad * variedad es 45.870 pltas/ha por híbrido pirate alcanzando 20.83 tn/ha.

5.2 Desde el punto de vista económico

Si bien los agricultores se interesan en los beneficios netos, las recomendaciones de la realización de un experimento deberán incluir el análisis de costos y beneficios, tomando en cuenta todos los aspectos involucrados en la producción desde el punto de vista netamente agrícola.

Los resultados económicos en el ensayo reflejan que el tratamiento mas rentable es T₇ (a₂b₂c₁) algas oreadas 280 kg/ha * densidad 45.870 pltas/ha * variedad híbrido pirate, con un promedio en rendimiento de 21.000 kg/ha.

Representando una tasa de retorno marginal de 130.71% y un beneficio neto de 18.300 Bs, este tratamiento resulta ser económicamente rentable a diferencia de los de más por el reducido costo variable y el buen rendimiento que presenta (Cuadro 33 y 34).

Llegando a la conclusión de todos los resultados observados anteriormente de crecimiento de tallo, incremento de diámetro, formación de inflorescencia y rendimiento de cabeza comercial son los mismos tratamientos y niveles que presentan un mejor y/o peor rendimiento.

De lo cual se puede argumentar que la formación de inflorescencia y el rendimiento se encuentran muy ligadas entre si con cada una de las etapas de desarrollo, es así que cumplimos con cada uno de nuestros objetivos formulados, rechazando la hipótesis nula (H₀) y aceptando la hipótesis alterna (H_a).

VI RECOMENDACIONES

En función a los resultados obtenidos se plantean las siguientes recomendaciones:

- Ø En el presente trabajo de tesis se utilizó dos abonos orgánicos: estiércol de porcino y algas oreadas río lacustre, ambas incorporadas en la cantidad de 280 kg/ha, obteniéndose buenos rendimientos con el segundo abono, se recomienda investigar otras fuentes orgánicas con el objeto de estudiar rendimientos de brócoli.
- Ø Un estudio con diferentes dosis de abonamiento orgánico podría dar mayor información acerca de la dosis óptima en algas oreadas río lacustre circundante a la cuenca altiplanica del lago Titicaca.
- Ø Se recomienda un mayor estudio sobre las densidades de plantación especialmente de la densidad b_2 con 45.870 pltas/ha con niveles de distanciamiento entre líneas y plantas 0.50 m en un arreglo en hilera, ya que a esta población se produjo mayor rendimiento en inflorescencia principal como en cabeza comercial, a efecto de corroborar si la densidad es optima para la formación de la inflorescencia.
- Ø En el trabajo de tesis se utilizo los cultivares Híbrido pirate y Waltham 29, ambas tuvieron una buena adaptabilidad al medio, pero el que obtuvo mejores rendimientos en inflorescencia fue la variedad Híbrido pirate, por lo que se recomienda cultivar a campo abierto.
- Ø No se tiene reportes de otras variedades de brócoli aparte de las ya mencionadas, en condiciones a campo abierto, por lo tanto se recomienda estudiar distintas variedades en condiciones de Altiplano.
- Ø Es muy importante que la cosecha sea realizada en el momento oportuno, cuando las cabezas se encuentren bien compactas, para evitar que estas sufran lesiones y afecten en la calidad del producto al momento de la comercialización.
- Ø Se recomienda realizar un estricto seguimiento en el control fitosanitario, sobre aquellas plagas como: arañuela roja, gusano medidor y pulgón que se presento en la zona.

VII BIBLIOGRAFÍA

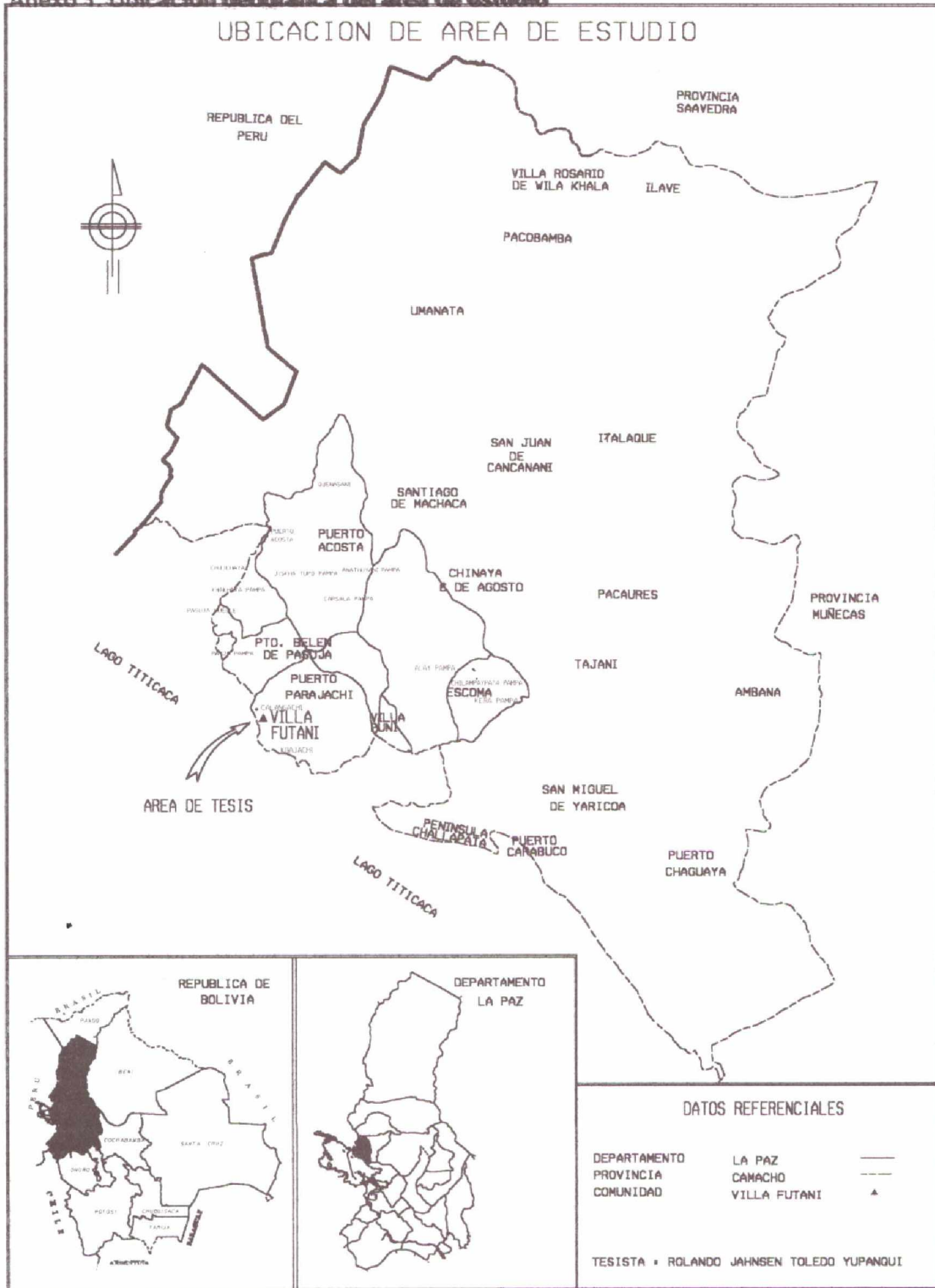
- Alvarez A, M. 2001.** Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento de tres variedades de repollo (*Brassica oleracea*) bajo condiciones de carpa solar. Tesis de grado. Fac. Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 8–84
- Añezco, R. 1996.** Proyecto desarrollo forestal campesino en Los Andes de Ecuador. Editorial (DFG). Quito, Ecuador. pp. 1 - 6
- Aviles, D. 1992.** Producción de hortalizas bajo diferentes condiciones microclimáticas en el Altiplano. Tesis de grado. Fac. Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 7 -151
- Callisaya C, R. 2000.** Evaluación de la roca fosfórica como fertilizante natural en el cultivo de Brócoli (*Bassica oleracea* L.), en ambiente controlado. Tesis de grado. Fac. Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp.19 – 92
- Carlo, Q. 1996.** Introducción de variedades de quinua dulce (*Chenopodium quinoa willd*) en la localidad de Escoma. Tesis de grado. La Paz, Bolivia. pp. 31-33
- Casseres, E. 1984.** Producción de Hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. San Jose, Costa Rica.170 p
- Chilon C, E. 1997.** Fertilidad de suelos y nutrición de las plantas. Ediciones CIDAT. La Paz, Bolivia 185p
- Fuentes, L.1983.** Los abonos. El Libro del alumno. Dirección General de Investigación y capacitación Agraria. Madrid, España. 105 p
- Guerrero, A. 1993.** El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. pp.1 - 44
- Guzman C, J. y otros. 2002.** Aplicación del programa estadístico THE SAS System en la experimentación agropecuaria. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp 33 -39 y 23 - 38
- Hartman, F. 1990.** Invernaderos y ambientes atemperados. Editorial Offed Boliviana Ltda. La Paz, Bolivia pp. 9, 50 y 90
- Herbas A, R. 1981.** Manual de Fitopatología. Editorial Universitaria. Oruro-Bolivia. pp 349 - 353

- Limongelli, J. 1979.** El repollo y otras crucíferas de importancia en la huerta comercial. Ediciones Hemisferio sur S.A. Buenos Aires Argentina pp 20
- Martínez, V. 1975.** Estudio de los abonos de la microflora de los abonos orgánicos. Publicación de Agricultora. La Habana, Cuba. Pp43-50.
- Mendoza L, J. 1999.** Densidad de plantación y abonamiento orgánico en brócoli (*Brassica oleracea var.italica*) bajo carpa solar. La Paz-Bolivia. Tesis de grado UMSA FAC. AGRONOMÍA.
- Monreal, J. 1984.** Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera. Práctica de los cultivos Tomo 2, Editorial EDAGRICOLE. Barcelona, España. pp 164-170.
- Ospina, M. 1995.** Enciclopedia Agropecuaria Terranova (Producción agrícola 2, tomo 3), Editorial Terranova, Ltda.. Soncafé de Bogotá, Colombia. pp 306-307.
- Perrin, R. 1988.** La formulacion de recomendaciones a partir de datos agronomicos. Un manual metodologico para la evaluacion economica CIMMYT, DF Mexico.pp.1-79
- Petoseed, (R.). 1991.** Semillas para el mundo. Editorial P y S. "Catálogo", Santiago de Chile.
- Quiroga, V. 1979.** Manual Práctico para el análisis de experimentos de campo Editorial CIDIA. San José, Costa Rica. pp 143-145.
- Ramirez C, J., 1995.** Incidencia de la densidad de siembra y fitorreguladores en la calidad y rendimiento del Brócoli (*Brassica oleracea var. Italica*) en el valle central de Cochabamba. Fac. Agronomia, Universidad Mayor de San Simon. Cochabamba, Bolivia. pp. 5 - 78
- Rodale, J. 1998.** Abono orgánicos. Editorial "Tres Emes", Buenos Aires pp 57-92.
- Reyes C, P. 1978.** Diseño de experimentos agrícolas. Editorial Trillas. México pp 78-81 y 257-284.
- Reynel, R. 1988.** Plantas para Leña en el Sur occidente de Puno. Editorial Proyecto Árbol Andino. Puno, Perú. pp 17-30.
- Rodríguez, S. 1982.** Fertilizantes y Nutrición vegetal. Editorial AGT, S.A. México pp 38-42 y 129-153.
- Rodríguez, P. 1997.** Especies vegetales, herbáceas, semileñosas y leñosas utilizadas en forestación y agroforestería. La Paz - Bolivia.

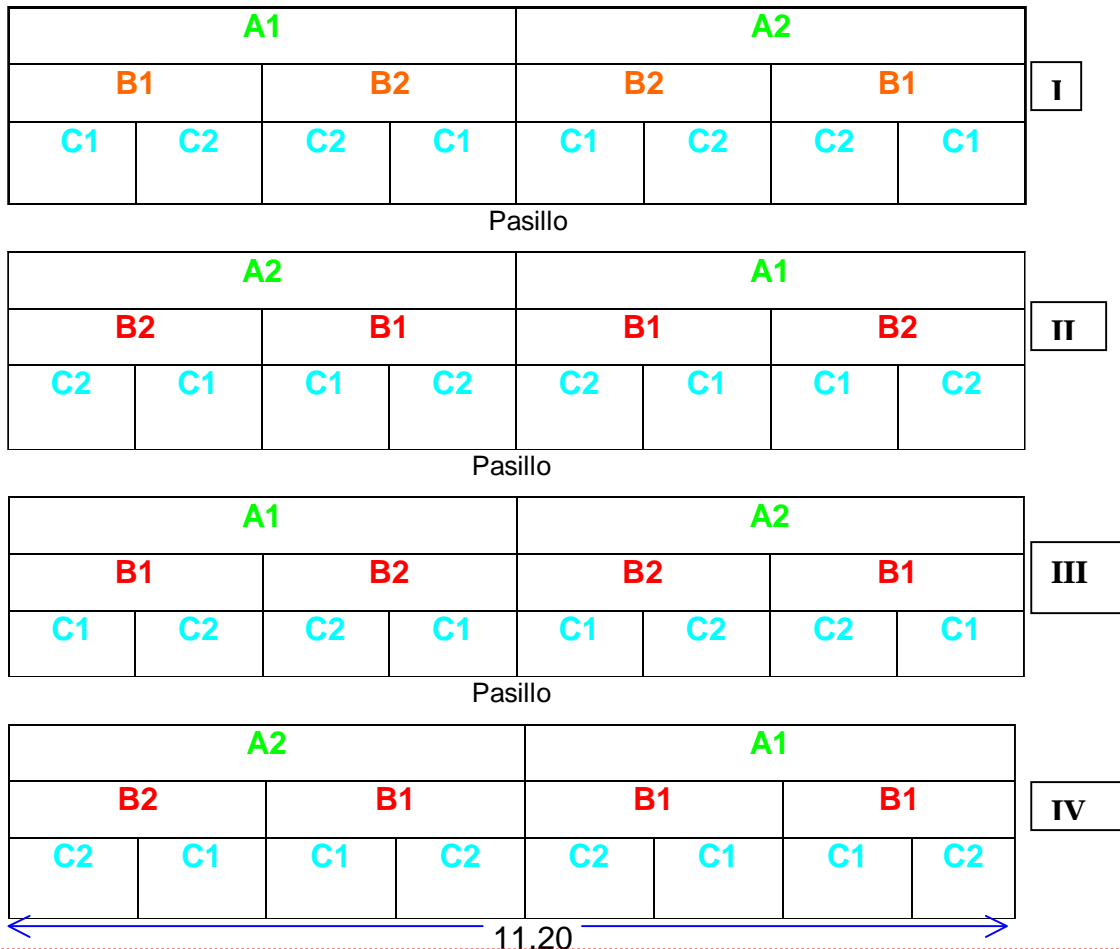
- Ruiz D, T. 1993.** Manual de Horticultura. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 12,35 y 41.
- SENAMHI, 2001.** Boletín meteorológico. La Paz, Bolivia.
- Silguy De, C. 1994.** La Agricultura Biológica. Técnicas eficaces y no contaminantes. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España pp. 2-26.
- Sotomayor Consultores, 1992.** Estudio de fomento y apoyo a la producción CORDEPAZ Vol. 1, La Paz – Bolivia pp 152.
- Tisdales, S. y Nelson, L. 1982.** Fertilidad de los suelos. Trad. Balanch, J. y Piña, C. Editorial UTEHA. D.F., México pp 300-340.
- Unzueta, Q. 1975.** Mapa ecológico de Bolivia, Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios MACA. División Suelos, Riegos e Ingeniería. La Paz-Bolivia pp 50-60.
- Vigliola, M. 1992.** Manual de Horticultura. Editorial Hemisferio sur. S.A. Buenos Aires, Argentina pp. 65-73.
- Valadez, A. 1993.** Producción de hortalizas. Editorial LIMUSA, S.A. D.F., México. pp 45-57.
- Vallejos C.L. 1995.** Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuario, Boletín Técnico No.3. Nuevas variedades de brócoli para los valles de Cochabamba.

VIII.
ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica del área de estudio



Anexo 2. Croquis y dimensiones del área experimental

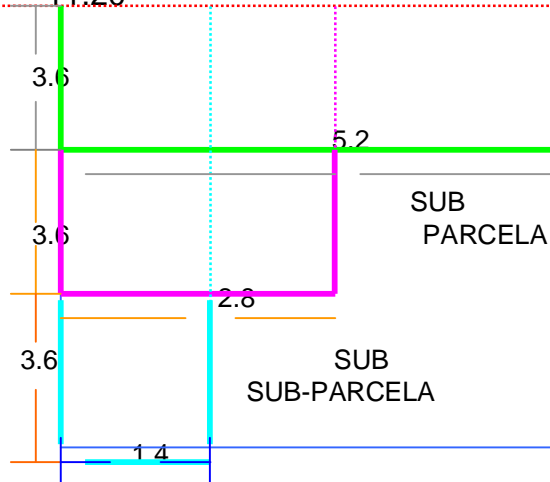


DATOS REFERENCIALES:

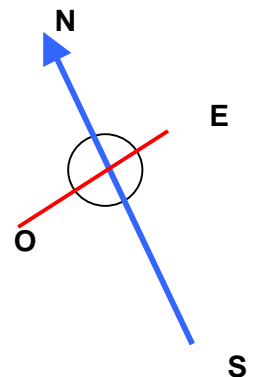
I, II, III, IV = Bloques
 A = Variedades de brócoli
 B = Abonos orgánicos
 C = Densidad de trasplante

Área total = 188.16m²
 Área efectiva = 161.28m²
 Área de bloque = 37.44m²
 Área parcela grande = 18.72m²
 Área sub parcela = 10.08m²
 Área sub sub parcela = 5.04 m²

Factores = 03
 Niveles = 02
 Tratamientos = 08
 Bloques = Repeticiones = 04
 Unidades Experimentales 32



PARCELA GRANDE



ESC.: 1: 250

Anexo 3. Análisis Físico – Químico de suelos

Cuadro de análisis físico y químico de suelos del experimento

Código	Componentes	Elementos	Valores	Observaciones
1F1	Arena (%)		8	F = Franco
1F1	Arcilla (%)		27	L = Limoso
1F1	Limo (%)		65	A = Arenoso
1F1	Clase textural		FL.	Y = Arcilloso
1F2	Densidad aparente(g/cm ³)		1.18	F1 = Franco Limoso
1F3	Densidad Real (g/cm ³)		2.64	
1F4	PH (H2O)		6.98	
1F4	PH (K Cl, 1N)		6.70	
1F5	Conductividad eléctrica (CE = mmhos/cm)		0.195	
1Q1	Al + H	Al ⁺⁺ + H ⁺	0.418	
1Q2	Cationes intercambiables (CIC = meq/100g suelo)	Ca ⁺⁺	7.00	Extracción con
1Q3		Mg ⁺⁺	4.60	Acetato de Amonio
1Q4		Na ⁺	0.09	1 Normal
1Q5		K ⁺	0.33	Ca, Mg, K, Na
1Q	Total Bases Intercambiables (T.B.I.)		12.02	
1Q	Total Cationes Intercambiables (T.C.I.C.)		12.44	
1Q	Saturación de Bases (%)		96.60	
1Q6	Materia orgánica (% MO)		5.53	
1Q7	Fosfor disponible (p.p.m.)		48.51	
1Q8	Nitrógeno total (%)		0.62	
1Q9	Cloruros meq/lt		0.09	
1Q10	Sulfatos meq/lt		0.57	
1Q11	Bicarbonatos meq/lt		0.03	
1Q12	Carbonatos meq/lt		0.00	
1Q13	Boro (p.p.m.)		Tr.	
1Q14	Hierro (p.p.m)		Tr.	

Fuente: Elaboración propia, en base al análisis de laboratorio química textiles y procesos, de la escuela industrial superior "Pedro Domingo Murillo".

Anexo 4. Análisis químico de abonos orgánicos

Cuadro de análisis del estiércol de porcino y algas oreadas río lacustre

Muestra de Abonos	Códigos	DETERMINACIONES QUÍMICAS MATERIA SECA (%)								
		N	P	K	M.O.	C/N	HUMEDAD	Ca	Mg	Fe
Algas oreadas	LB1-LB7	2.890	0.51	1.62	81.01	17.4	12.0	0.02	Tr	0.05
Estiércol porcino	LB1-LB7	1.302	0.126	0.202	52.41	16.02	7.0	Tr	Tr	0.01

Fuente: Elaboración propia, en base al análisis de laboratorio química textiles y procesos, de la escuela industrial superior "Pedro Domingo Murillo".

Anexo 5. Tablas de niveles críticos para interpretación de la fertilidad de suelo en base al análisis de laboratorio

Rango de Ph

ESCALA DE VALORES	DEFINICIÓN	pH < 5.5
Menor de 4.5	Extremadamente ácido	Deficiencia de pocas
4.6 – 5.0	Muy fuertemente ácido	bases, microelementos
5.1 – 5.5	Fuertemente ácido	mas disponibles.
5.6 – 6.0	Mediante ácido	
6.1 – 6.5	Ligeramente ácido	
6.6 – 7.3	Neutro	
7.4 - 7.8	Medianamente alcalino	
7.9 – 8.4	Moderadamente alcalino	
8.5 - 9.0	Fuertemente alcalino	
Mayor de 9.0	Muy fuertemente alcalino	

Rango de Conductividad eléctrica (C.E.)

ESCALA DE VALORES	UNIDADES	DEFINICIÓN
Menor 2	mMhos/cm ³	No hay problema de sales
2 – 4	mMhos/cm ³	Ligeros problemas de sales
4 - 8	mMhos/cm ³	Medio (problemas de sales)
8 – 16	mMhos/cm ³	Fuerte
Mayor 16	mMhos/cm ³	Muy fuerte (salinidad)

Rango de interpretación para la Capacidad de intercambio cationico (C.I.C)

ESCALA DE VALORES	UNIDADES	DEFINICIÓN
Escala (A) < 5	meq/100 gr	Muy bajo
5 - 10	meq/100 gr	Bajo
10 - 15	meq/100 gr	Medio
15 – 20	meq/100 gr	Alto
> 20	meq/100 gr	Muy alto
Escala (B) 6 - 12	meq/100 gr	Bajo
12 = 20	meq/100 gr	Medio
> 20	meq/100 gr	Alto

Rangos de interpretación para la materia orgánica

ESCALA DE VALORES	DEFINICION
< 2 %	Bajo
2 = 4 %	Medio
> 4 %	Alto

Materia orgánica	Niveles	Definición
Nitrógeno Total:	< 0.1 % N	Bajo
	0.1 - 0.2 % N	Medio
	> 0.2 % N	Alto
Fósforo Total:		
	0 - 6 ppm P	Bajo 0 - 12 P (kg/ha)
	7 - 14 ppm P	Medio 14 - 28 P (kg/ha)
	> 14 ppm P	Alto > 28 P (kg/ha)
Potasio Total:		
0 – 248 K (kg/ha)	0 - 124 ppm K	Bajo 0 – 300 kg
248 – 497 K (kg/ha)	124 – 248 ppm K	Medio 300 – 600 kg
> 497 K (kg/ha)	> 248 ppm K	Alto > 600 kg

Anexo 6. Base de datos de las variables micro climáticas

Temperaturas promedio mensuales de dos años en ° C

MESES	AMBIENTE	MAX.EXTREMA	MIN.EXTREMA
ENERO	10.40	18.50	3.00
FEBRERO	9.80	19.00	2.50
MARZO	10.05	18.15	2.50
ABRIL	10.10	18.25	1.00
MAYO	9.15	17.75	-0.05
JUNIO	8.40	17.75	-0.20
JULIO	7.80	16.75	-0.40
AGOSTO	8.95	17.50	-0.05
SEPTIEMBRE	8.70	16.75	-0.10
OCTUBRE	9.60	18.25	1.50
NOVIEMBRE	10.00	18.25	1.75
DICIEMBRE	10.30	18.00	3.00

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (años 2002 - 2003).

Temperaturas promedio durante el ensayo con el cultivo en ° C

FECHA	AMBIENTE	MÁXIMA	MÍNIMA
15 diciembre 2.002	14,70	23,00	7,00
22 diciembre 2.002	14,30	22,00	7,00
30 diciembre 2.002	13,50	21,00	6,00
07 enero 2.003	13,00	21,00	7,00
15 enero 2.003	14,00	22,00	8,00
21 enero 2.003	15,00	23,00	9,00
30 enero 2.003	13,70	21,00	8,00
07 febrero 2.003	12,70	18,00	9,00
15 febrero 2.003	12,80	17,00	7,00
21 febrero 2.003	13,00	15,00	9,00
29 febrero 2.003	12,00	18,00	8,00

Fuente: Elaboración propia del control y registro de temperaturas microregión lacustre de Villa Futani.

Humedad relativa en % durante el ensayo con el cultivo

Fecha	H.Prom.	H.Max.	H.Mim.
15/12/02	60	65.0	56.67
22/12/02	58	68.0	57
30/12/02	60	70.0	60
07/01/03	75	85.0	70
15/01/03	80	90.0	78
21/01/03	78	80.0	72
30/01/03	65	75.0	65
07/02/03	75	87.0	75
15/02/03	70	83.0	68
21/02/03	82	98.0	78
29/02/03	75	87.0	70

Fuente: Elaboración propia en el control y registro de la Humedad relativa.

Precipitación pluvial en (mm) de los periodos 2002-2003 Puerto Acosta-Camacho

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prom. Anual
2002	63.10	125.10	192.40	43.20	32.50	11.00	55.70	17.40	71.10	70.20	47.70	86.70	68.00
2003	190.60	119.40	98.40	41.10	14.40	4.50	0.00	3.80	38.70	58.00	10.10	101.10	56.67

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2004).

Anexo 7. Base de datos de las variables agronómicas

Incremento quincenal en altura de planta del transplante a los 60 días (cm)

Fecha de medición	T R A T A M I E N T O S							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
30/11/02	5.25	4.82	5.15	4.96	5.01	4.56	5.10	5.05
15/12/02	7.16	6.60	7.30	6.96	6.99	6.63	7.50	7.00
30/12/02	10.33	10.00	11.50	9.81	9.51	9.08	11.70	10.80
15/01/03	13.54	13.45	15.50	12.67	12.89	11.67	15.70	14.55
30/01/03	17.00	16.70	24.95	16.00	15.70	15.00	25.50	18.70

Incremento quincenal en diámetro de tallo del transplante a los 60 días (cm)

Fecha de medición	T R A T A M I E N T O S							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
30/11/02	0.35	0.38	0.47	0.38	0.32	0.34	0.41	0.45
15/12/02	0.52	0.59	0.69	0.60	0.50	0.53	0.60	0.65
30/12/02	1.16	1.23	1.50	1.28	1.8	1.35	1.45	1.47
15/01/03	1.60	1.85	2.33	1.97	1.66	1.78	2.25	2.5
30/01/03	2.40	2.75	3.20	2.86	2.50	2.52	3.17	2.98

Altura de la planta de los tratamientos a la cosecha (cm)

Altura Planta	T R A T A M I E N T O S							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
1	36.16	36.00	62.50	71.83	69.00	35.00	65.33	39.50
2	38.50	36.66	62.66	81.83	65.16	36.16	65.16	38.66
3	37.50	37.33	58.66	60.00	54.50	38.50	53.00	37.66
4	37.50	36.66	56.00	55.66	74.66	33.83	61.66	40.33
Promedio	37.30	36.67	59.95	67.33	65.83	35.87	61.30	39.04

Diámetro del tallo de la planta de los tratamientos a la cosecha (cm)

Diámetro tallo	T R A T A M I E N T O S							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
1	2.86	3.13	4.30	2.98	3.10	2.98	3.85	3.98
2	2.65	3.31	3.75	2.96	4.05	2.65	4.25	4.16
3	2.73	3.16	4.35	3.13	3.16	3.05	4.06	4.16
4	2.86	2.80	3.45	2.66	4.05	2.01	4.33	3.11
Promedio	2.77	3.10	3.96	3.18	3.59	2.67	4.12	3.85

Diámetro de la cabeza de los tratamientos (cm)

Diámetro cabeza	T R A T A M I E N T O S							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
1	16.33	11.33	15.50	19.83	18.50	13.33	19.66	15.00
2	13.50	16.66	20.16	10.71	19.16	14.83	16.83	17.33
3	14.33	14.00	18.33	16.16	11.00	12.50	19.00	19.33
4	10.83	15.83	18.50	11.16	16.16	11.33	15.83	15.16
Promedio	13.75	14.46	18.12	14.43	16.32	13.00	17.83	16.71

Rendimiento de inflorescencia principal del cultivo de brócoli (tn/ha)

VARIEDAD	ABONO	DENSIDAD	B L O Q U E S					TRATAMIENTOS
A	B	C	I	II	III	IV	Xijk	T
a ₁	b ₁	c ₁	13.40	14.00	14.00	15.00	14.10	1
a ₁	b ₁	c ₂	14.00	12.00	13.00	13.00	13.00	2
a ₁	b ₂	c ₁	16.40	18.00	17.00	17.00	17.10	3
a ₁	b ₂	c ₂	17.00	16.00	16.00	15.40	16.10	4
a ₂	b ₁	c ₁	15.00	15.40	14.00	14.00	14.60	5
a ₂	b ₁	c ₂	11.00	13.00	12.50	11.50	12.00	6
a ₂	b ₂	c ₁	17.00	18.00	17.00	19.00	17.85	7
a ₂	b ₂	c ₂	18.00	15.00	17.00	16.00	16.50	8

Rendimiento en cabeza comercial del cultivo de brócoli (tn/ha)

VARIEDAD	ABONO	DENSIDAD	B L O Q U E S					TRATAMIENTOS
A	B	C	I	II	III	IV	Xijk	T
A ₁	b ₁	c ₁	17.00	18.00	17.00	18.00	17.50	1
A ₁	b ₁	c ₂	15.00	15.65	15.00	15.65	15.30	2
A ₁	b ₂	c ₁	20.20	20.20	21.20	21.20	20.70	3
A ₁	b ₂	c ₂	18.50	19.00	19.50	20.00	19.20	4
A ₂	b ₁	c ₁	18.00	19.00	19.00	20.00	19.00	5
A ₂	b ₁	c ₂	13.85	15.80	14.80	14.85	14.80	6
A ₂	b ₂	c ₁	21.00	19.00	22.00	22.00	21.00	7
A ₂	b ₂	c ₂	18.00	20.00	19.00	21.00	19.50	8

Anexo 8. Figuras ilustrativas durante el estudio experimental

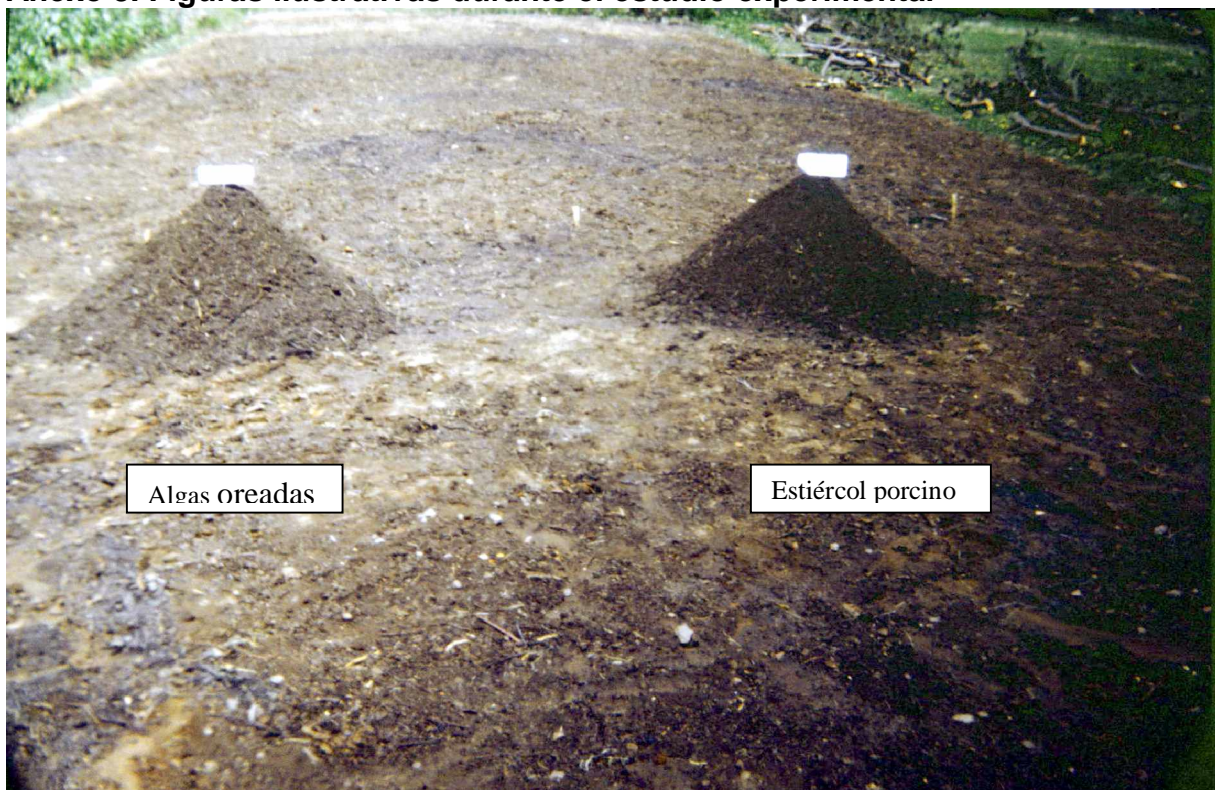


Figura 1. Muestra de abonos orgánicos (Algas oreadas y Estiércol porcino)



Figura 2. Eras de almácigo de las dos variedades (Híbrido pirate y Waltham-29)



Figura 3. Establecimiento del cultivo en el área experimental



Figura 4. Muestra de la variedad Híbrido



Figura 5. Muestra de la variedad Waltham