

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACION DE LA PRODUCCIÓN DE VARIEDADES DE
AJO (*Allium sativum* L.), BAJO EL EFECTO DE LA
FERTILIZACIÓN QUIMICA Y ORGANICA, EN LA PROVINCIA
INGAVI - LA PAZ**

BLAS ROLANDO GONZALES FERNANDEZ

LA PAZ – BOLIVIA
2006

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**“EVALUACION DE LA PRODUCCIÓN DE VARIEDADES DE AJO
(*Allium sativum L.*), BAJO EL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUIMICA Y
ORGANICA, EN LA PROVINCIA INGAVI - LA PAZ”**

Tesis de grado presentado como requisito
parcial para optar al título de
Ingeniero Agrónomo.

BLAS ROLANDO GONZALES FERNÁNDEZ

Tutor:

Ing. Walter Ramiro Sánchez Tola

Asesor:

Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera

Comité revisor:

Ing. Roberto Miranda Casas

Ing. Rene Calatayud Valdez

Dr. Vladimir Orsag Céspedes

A P R O B A D A

VICEDECANO

Ing. M. Sc. Félix Rojas Ponce

DEDICATORIA

A mis queridos padres, con mi más sincero y eterno agradecimiento por brindarme apoyo incondicional y dedicación, los cuales me permitieron culminar mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimientos:

A todas las personas que revisaron, sugirieron cambios, proporcionaron opiniones para la presentación del presente trabajo de investigación.

A la Universidad Mayor de San Andrés, en especial a la Facultad de Agronomía, a quién debo mi formación profesional.

A la Fundación Manos Solidarias Bolivia, por haber hecho posible la realización del presente trabajo de investigación.

A mi Tutor Ing. Walter Ramiro Sánchez Tola , a mi Asesor Ing. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera, por sus valiosas sugerencias y el apoyo desinteresado brindado en el desarrollo del presente trabajo.

Al tribunal revisor: Ing. Roberto Miranda Casas, Ing. René Calatayud Valdez e Ing. Phd. Vladimir Orsag Céspedes, por las correcciones y sugerencias pertinentes que ayudaron a enriquecer el trabajo.

A la asociación PADIM-TIERRA, por el apoyo y colaboración que realizaron en el presente trabajo de investigación.

A los docentes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, por haberme formado profesionalmente y transmitido sus experiencias.

A mis compañeros de la Facultad, por brindarme su apoyo desinteresado, por su amistad y la colaboración realizada al presente trabajo de investigación.

RESUMEN

El presente ensayo se realizó en condiciones de campo en la localidad de Titicani – Tucari, Jesús de Machaca, ubicada en la Provincia Ingavi del departamento de La Paz, distante a 115 km. de la misma. La zona donde se realizó el experimento se halla a una altitud de 3.600 metros sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 8.2 °C y precipitación anual de 600 mm.

El diseño experimental empleado fue Bloques al Azar con arreglo en parcelas divididas, con doce tratamientos, tres repeticiones, donde los factores de estudio fueron: las variedades de ajo Rosada, Morada y Rosada Tarijeña, todas ellas sembradas en surcos de 0.30 m. de distancia, 0.15 m. de distancia entre dientes, y los tratamientos de fertilización utilizados fueron el Triple 15 (aplicado en el momento de la siembra), Bayfolan, Té de Estiércol (aplicados en forma foliar un mes después de la emergencia) y Testigo (tratamiento de comparación). Durante el desarrollo del cultivo, se procedió a medir sobre las fases fenológicas del cultivo, se consideró los caracteres agronómicos designándolas en Brotación, Crecimiento vegetativo, Bulbificación y Maduración.

Las variedades de ajo bajo la aplicación de fertilizantes, tienen un buen comportamiento, adaptación y muestran buenas características agronómicas en las variedades Rosada y Morada, y no así en la variedad Rosada Tarijeña. El tratamiento de fertilización que sobresale en rendimiento de bulbos secos en Tn/ha. fue la combinación de Triple 15 (aplicado en el momento de la siembra) en las variedades Rosada y Morada. Los tratamientos de fertilización en la variedad Rosada Tarijeña mostraron poca diferencia resultando con rendimientos menores.

Para el análisis de Beneficio Neto, se considera los rendimientos obtenidos con un ajuste del 15% y los Costos de Producción por hectárea; se ha identificado tratamientos de fertilización con los productos Triple 15 (aplicado en el momento de la siembra) y Bayfolan (aplicado en forma foliar) en las variedades Rosada y Morada con 3734.39, 3441.55, 3231.87 y 2803.29 \$us. respectivamente, seguidas por el tratamiento de fertilización con Té de Estiércol (aplicada en forma foliar) en la variedades Rosada y Morada con 2782.37 y 2551.45 \$us. En cuanto a la variedad Rosada Tarijeña bajo los diferentes tratamientos muestran beneficios bajos y negativos, lo cual nos muestra que los costos de producción son altos con respecto al Beneficio Bruto para cada tratamiento.

En cuanto a la relación Beneficio/Costo, se observa que el mayor beneficio/costo se presentó en las variedades Rosada y Morada bajo la aplicación de los fertilizantes Triple 15, Bayfolan y Té de Estiércol con 1.61, 1.54, 1.42, 1.28, 1.22 y 1.17 respectivamente, estos indicadores muestran que la relación B/C es mayor que uno, entonces los tratamientos en estudio son aceptables por presentar un Beneficio Neto mayor que el costo de producción. En cuanto a la variedad Rosada Tarijeña, presenta en los cuatro tratamientos de fertilización un beneficio/costo menor a uno, este nos indica que los tratamientos en estudio se rechazan al no existir beneficio.

CONTENIDO

Página

I. INTRODUCCIÓN.	1
1.1 Justificación.	2
II. OBJETIVOS.	5
2.1 Objetivo General.	5
2.2 Objetivos Específicos.	5
2.3 Hipótesis.	5
III. REVISION BIBLIOGRAFICA.	6
3.1 Composición nutritiva	6
3.2 Usos y aplicaciones.	6
3.3 Características del ajo.	8
3.3.1 Origen.	8
3.3.2 Clasificación sistemática.	8
3.3.3 Descripción botánica.	9
3.3.3.1 Raíz.	9
3.3.3.2 Tallo.	9
3.3.3.3 Hoja y falso tallo.	10
3.3.3.4 Bulbo.	10
3.3.3.5 Flor e inflorescencia.	11
3.3.3.6 Fruto.	11
3.3.3.7 Diente – semilla.	12
3.4 Variedades de ajo.	12
3.5 Ecofisiología de la planta de ajo.	13
3.5.1 Fisiología de brotación.	13
3.5.2 Fisiología de crecimiento.	14
3.5.3 Fisiología de bulbificación.	14
3.5.4 Fisiología de la dormición.	15
3.6 Agroecología del cultivo.	15
3.6.1 Clima.	15
3.6.2 Precipitación.	16
3.6.3 Humedad relativa ambiente.	16
3.6.4 Termo – fotoperiodo.	17
3.6.5 Frió.	17
3.6.6 Altitud.	18
3.6.7 Suelo.	18
3.7 Manejo del cultivo.	19
3.7.1 Características de la zona.	19
3.7.2 Época de siembra.	19
3.7.3 Selección de diente – semilla.	20
3.7.4 Densidad de siembra.	20
3.7.5 Siembra.	21
3.7.6 Riego.	21
3.7.7 Labores culturales.	22

3.7.7.1 Escardas	22
3.7.7.2 Control de malezas.	22
3.7.7.3 Eliminación de escapos florales.	23
3.7.8 Cosecha.	24
3.7.9 Post – cosecha.	24
3.7.9.1 Oreado.	24
3.7.9.2 Curado.	25
3.7.9.3 Desmoche.	25
3.7.9.4 Almacenamiento.	25
3.8 Plagas y enfermedades.	26
3.8.1 Plagas.....	26
3.8.2 Enfermedades.....	26
3.9 Métodos de tratamiento de semillas.	28
3.9.1 Físico.	28
3.9.2 Químico.	28
3.10 Fertilización.	29
3.10.1 Tipos de fertilizantes.	31
3.10.2 Fertilización química.	32
3.10.3 Fertilización orgánica.	32
3.10.4 Fertilización foliares.	32
3.10.5 Aplicación foliar.	33
3.10.6 Té estiércol.	33
3.11 Producción y rendimiento del cultivo de ajo.	33
3.11.1 Factores que afectan el rendimiento.	34
3.11.2. Producción y rendimiento mundial.	34
3.11.3 Producción Nacional.	34
3.12 Costos de producción.	35
3.12.1 Análisis de costos.	36
3.12.2 Análisis económico.	36
IV. LOCALIZACION.	37
4.1 Ubicación geográfica.	38
4.2 Características climáticas de la zona.	38
4.2.1 Clima.	38
4.2.2 Datos metereologicos en el ensayo.	38
4.2.3 Topografía.	40
4.2.4 Análisis físico - químico del suelo.	40
4.2.5 Actividad agrícola de la zona.	41
V. MATERIALES Y METODOS.	42
5.1 Materiales.	42
5.1.1 Materiales de campo.	42
5.1.2 Material de gabinete.	42
5.1.3 Materiales de laboratorio.	42
5.1.4 Material vegetal.	43
5.1.5 Material de fertilización.	43
5.1.6 Material de prevención.	43
5.2 Metodología.	43
5.2.1 Procedimiento experimental.	43

5.2.1.1 Preparación del terreno.	43
5.2.1.2 Preparación de parcelas experimentales.	44
5.2.2 Procedimiento de campo.	44
5.2.2.1 Selección de semilla.	44
5.2.2.2 Tratamiento de semilla.	44
5.2.2.3 Siembra.	45
5.2.2.4 Preparación y aplicación de fertilizantes.	45
a) Aplicación de fertilizante químico Triple 15.	45
b) Aplicación de fertilizante químico foliar Bayfolan.	45
c) Preparación y aplicación de fertilizante orgánico Té de Estiércol.	46
5.2.2.5 Labores culturales	46
a) Deshierbe.	46
b) Riego.	47
c) Aporque	47
d) Eliminación de escapos florales.	47
e) Control de enfermedades.	48
5.2.2.6 Cosecha.	49
5.2.2.7 Manejo Post-cosecha.....	49
a) Oreado.	49
b) Curado.	49
c) Desmoche.....	50
5.2.2.8 Almacenamiento.	50
5.2.3 Diseño experimental	50
5.2.3.1 Modelo lineal aditivo.	50
5.2.3.2 Factores.....	51
5.2.3.3 Características del campo experimental.....	52
5.2.4 Croquis del experimento.....	53
5.2.5 Variables de respuesta.....	54
5.2.5.1 Características del comportamiento fonológico del cultivo.	54
5.2.5.2 Características agronómicas.	54
a) Brotación (% B).	54
b) Altura de planta (AP).	54
c) Numero de hojas (NH).	54
d) Diámetro cuello de planta (DCP).....	55
e) Diámetro de bulbo (DB)	55
f) Peso de bulbo seco (PBS).....	55
g) Numero de dientes bulbo (NDB)	55
5.2.6 Determinación del rendimiento de bulbos (RB)...	55
5.2.7 Análisis económico	55
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES.	57
6.1 Comportamiento fonológico del cultivo.	57
a) Periodo de brotación.	57
b) Periodo vegetativo.	57
c) Periodo de bulbificación.	57
d) Periodo de maduración.	58

6.2 Características de las tres variedades.	58
6.3 Características agronómicas.	60
6.3.1 Brotación (% B).	60
6.3.2 Altura de planta (AP).	62
6.3.3 Numero de hojas (NH).	64
6.3.4 Diámetro de cuello de planta (DCP).	66
6.3.5 Diámetro de bulbo (DB).	68
6.3.6 Peso de bulbo seco (PBS).	70
6.3.7 Numero de dientes por bulbo (NDB).	72
6.4 Rendimiento de bulbos en Tn/Ha. (RB).....	73
6.5 Análisis económico.....	75
6.5.1 Beneficio neto (B.N.).....	75
6.5.2 Beneficio – costo (B/C).....	76
VII. CONCLUSIONES.....	77
VIII RECOMENDACIONES.....	80
IX BIBLIOGRAFIA.....	81
X ANEXOS.	85

FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de ubicación del ensayo	37
Figura 2. Temperatura y precipitación registradas durante el ensayo	39
Figura 3. Croquis de distribución de tratamiento	53
Figura 4. Prueba de Tukey al 5% brotación en variedades	61
Figura 5. Prueba de Tukey al 5% brotación en fertilizantes	62
Figura 6. Prueba de Tukey al 5% altura de plantas en variedades	63
Figura 7. Prueba de Tukey al 5% altura de planta en fertilizantes	64
Figura 8. Prueba de Tukey al 5% número hojas en variedades	65
Figura 9. Prueba de Tukey al 5% número de hojas en fertilizantes	66
Figura 10. Prueba de Tukey al 5% diámetro de cuello en variedades	67
Figura 11. Prueba de Tukey al 5% diámetro de cuello en fertilizantes	68
Figura 12. Prueba de Tukey al 5% diámetro de bulbo en variedades	69
Figura 13. Prueba de Tukey al 5% diámetro de bulbo en fertilizantes	70
Figura 14. Prueba de Tukey al 5% peso de bulbo en variedades	71
Figura 15. Prueba de Tukey al 5% peso de bulbo en fertilizantes	72
Figura 16. Prueba de Tukey al 5% número de dientes/bulbo en variedades	73
Figura 17. Prueba de Tukey al 5% rendimiento de bulbos en variedades	74
Figura 18. Prueba de Tukey al 5% rendimiento de bulbos en fertilizantes	75
Figura 19. Rendimientos de variedades Vs Fertilización	75

CUADROS

	Página
Cuadro 1 Valor nutritivo del ajo	6
Cuadro 2 Rendimiento promedio de ajo por departamento	35
Cuadro 3 Datos metereologicos durante la ejecución del ensayo	38
Cuadro 4 Análisis fisico – químico del suelo	40
Cuadro 5 Asignación de tratamientos	51
Cuadro 6 Características en las tres variedades de estudio	59
Cuadro 7 Análisis de varianza para el porcentaje de brotación (%B)	60
Cuadro 8 Análisis de varianza para altura de planta (AP)	62
Cuadro 9 Análisis de varianza para el numero de hojas (NH)	64
Cuadro 10 Análisis de varianza para diámetro de cuello de planta (DCP)	66
Cuadro 11 Análisis de varianza para diámetro de bulbo (DB)	68
Cuadro 12 Análisis de varianza para peso de bulbo seco (PBS)	70
Cuadro 13 Análisis de varianza para numero de dientes por bulbo (NDB)	72
Cuadro 14 Análisis de varianza para rendimiento de bulbos (RB)	73

ANEXOS

- Anexo 1 Producción de ajo en el mundo
- Anexo 2 Superficie cosechada de ajo en Sudamérica
- Anexo 3 Rendimiento del cultivo de ajo en Sudamérica
- Anexo 4 Producción de ajo en Sudamérica
- Anexo 5 Composición de las materias orgánicas de origen animal
- Anexo 6 Costos de producción por hectárea en el cultivo de ajo con fertilizantes
- Anexo 7 Producción de ajo de las variedades en estudio
- Anexo 8 Rendimiento promedio, costos é ingresos netos del cultivo de ajo
- Anexo 9 Beneficio – Costo en rendimiento de ajo
- Anexo 10 Siembra y aplicación del fertilizante triple 15
- Anexo 11 Aplicación de los fertilizantes Bayfolan y Té de estiércol.
- Anexo 12 Crecimiento y desarrollo del cultivo de ajo
- Anexo 13 Riego de las diferentes unidades experimentales
- Anexo 14 Toma de datos de características del cultivo de ajo
- Anexo 15 Cosecha de las diferentes unidades experimentales

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura en el altiplano boliviano se caracteriza por ser de subsistencia, para asegurar sus necesidades básicas, uno de los desafíos es satisfacer las necesidades alimenticias y mejorar la economía del agricultor. La introducción de cultivos alternativos en regiones del altiplano que cuentan con reservas importantes de agua, el cual es un elemento importante para realizar una agricultura sostenible, debe aprovecharse al máximo para diversificar la agricultura, con cultivos que económicamente sean rentables y mejoren el nivel de vida del productor.

Existen en el altiplano áreas de siembra con buenas condiciones agro climatológicas y edafológicas, para lograr introducir y ensayar variedades que logren dar buenos rendimientos una vez adaptados a la región.

En los últimos años la producción de (*Allium sativum L.*), ha tomado importancia debido al estímulo que ha tenido la exportación de Bolivia a los mercados extranjeros, y posiblemente por esta razón se esta ampliando con cierta rapidez en nuestro país. Los departamentos con mayor producción son: Tarija, Chuquisaca y Santa Cruz, en menor cantidad producen: Cochabamba Potosí y Oruro. El cultivo de ajo en el departamento de La Paz esta poco difundido, se produce principalmente en la provincia Larecaja.

Por otra parte, el cultivo de ajo tiene dos etapas bien definidas: La primera corresponde al crecimiento de la planta; la segunda corresponde a la formación del bulbo. Es en este sentido, que la primera etapa desempeña un papel importante la fertilización ya que el buen desarrollo foliar de la planta influirá en el tamaño y peso del bulbo.

Se menciona que el cultivo de ajo es exigente en cuanto a la fertilidad de los suelos y por eso es considerado como un vegetal agotante de nutrientes por lo

que se debe tener cuidado con las practicas de nutrición del cultivo, a fin de mantener el equilibrio de las condiciones nutricionales del suelo.

Existen fertilizantes químicos que se encuentran en diferentes formas pueden ser líquidos, sólidos, polvos, foliares, etc. Entre los sólidos están los granulados que son de consistencia dura, se pueden aplicar mecánica y manualmente, la disolución a nivel del suelo es gradual. Los fertilizantes foliares tienen elementos nutritivos que sirven a la planta pero también sirven al suelo dando lugar a que el aprovechamiento de los elementos nutritivos por la planta sea mayor.

Los abonos líquidos orgánicos son producto de la fermentación aeróbica y anaeróbica de lo cuál resulta una solución biofertilizante que contiene diversos nutrientes disueltos y microorganismos, lo que no contienen los fertilizantes sintéticos. Esta solución de biofertilizante al ser aspersado sobre las plantas, son absorbidos a través de sus órganos aéreos.

1.1 Justificación.

El ajo (*Allium sativum L.*), es una especie que se puede emplear en la medicina y la farmacopea, por sus cualidades como vermífugo, sarnifugo, antirreumático, calmante de jaqueca, enteritis aguda, cólera é hipertensor. Es un buen insecticida, repelente, funguicida, bactericida, nematicida é inhibidor de la reproducción de insectos, cuyo ingrediente activo es la esencia de Sulfuro de Alilo Alicina y Disulfuro de dialilo, que coadyuvan en el control de insectos, nematodos, bacterias y hongos.

La planta de ajo (*Allium sativum L.*), no tiene un área de difusión tan amplia como la cebolla. El bulbo tiene gran consumo en el país constituyendose en un buen producto de exportación. Se deshidrata, para obtener ajo en polvo, también se elabora extracto de ajo.

Este cultivo tiene la característica de soportar temperaturas de -10 °C, lo que permite asegurar su producción.

FAO (1992), se refiere con respecto al cultivo de ajo, como una especie dependiente de las condiciones termo-foto inductoras, se encuentra distribuido desde el Ecuador hasta los 40 °C latitud Sur y desde el nivel del mar hasta los 3700 m.s.n.m. lo que confirma su capacidad de adaptación a las condiciones del altiplano.

Por sus cualidades altamente nutritivas, el ajo tiene una demanda internacional creciente y el incentivo a la producción, con fines de exportación, abre un rubro de producción sostenible. Tomando en cuenta que existen regiones en el departamento de La Paz que cuentan con suelos adecuados con riego lo que permitiría desarrollar una producción, comercialización inteligente y dinámica que permita un acceso adecuado en primera instancia al mercado local y luego internacional.

Los agricultores de la región andina en su mayoría buscan asegurar la productividad de sus suelos para cubrir la mayor demanda de alimentos que pueden ser obtenidas mediante la práctica de la agricultura convencional. Así se aplican abonos orgánicos para lo ecológico y fertilizantes químicos sintéticos en una agricultura convencional.

Las principales causas de la baja producción de los cultivos obedecen a la falta de restitución de los nutrientes extraídos del suelo y al mal manejo en la utilización de los mismos. Indudablemente el uso de fertilizantes químicos y fertilizantes orgánicos es indispensable en la producción moderna de los cultivos, particularmente en zonas agrícolas cuyos suelos poseen bajos contenidos de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio.

El incremento de los rendimientos mediante la fertilización química y orgánica, en cultivos bajo condiciones locales es una alternativa prioritaria para mejorar la producción.

El Té de estiércol es un abono líquido fermentado que es rápidamente absorbido, además balancea los diferentes nutrientes a las plantas lo que estimula el normal crecimiento, son biodegradables y no contamina el medio ambiente.

Resulta apropiado conocer é investigar la adaptación y establecer el comportamiento agronómico de variedades de ajo, aplicando diferentes tipos de fertilizantes como una alternativa complementaria en la producción agrícola, que permitan reducir los riesgos de la producción de la zona. Debido a los pocos trabajos existentes en la nutrición del cultivo de ajo, en el departamento de La Paz.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General.

Evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de ajo, aplicando fertilizantes químicos y orgánicos en la comunidad de Titicani – Tucari, Provincia Ingavi.

2.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar el comportamiento agronómico y adaptación de las diferentes variedades de ajo (*Allium sativum* L.), en la región.
- Determinar el rendimiento de las variedades de ajo, bajo la aplicación de fertilizantes químico y orgánico.
- Realizar un análisis económico de los costos de producción de las diferentes variedades de ajo, con la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos.

Hipótesis

- Ho. Las variedades de ajo no presentan diferencias en su comportamiento y adaptación desarrollados en la región.
- Ho. El rendimiento de las variedades de ajo no se ven afectados por los fertilizantes químico y orgánico.
- Ho. Los costos de producción de las variedades estudiadas, con la aplicación de fertilizantes químico y orgánico son económicamente iguales.

III. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFIA

3.1. Composición nutritiva.

García (1990), Señala que cien gramos de diente de ajo, contiene la siguiente composición (Cuadro 1).

Cuadro 1
Valor nutritivo del ajo

Componentes	Cantidad	Unidades
Agua	62.5	%
Proteínas	4	gr
Grasas	0.2	gr.
Hidratos de Carbono	20	gr.
Celulosa	1.2	gr.
Tiamina (vit. B1)	0.19	mgr.
Riboflavina (vit. B6)	0.07	mgr.
Ac. Ascórbico (vit. C)	13.00	mgr.
Ac. Nicotínico o Niacina	0.04	mgr.
Calcio	37.0	mgr.
Hierro	0.9	mgr.
Manganeso	--	mgr.
Fósforo	118	mgr.
Potasio	--	mgr.
Calorías	100-139	cal.

También menciona, que el aroma característico de la planta de ajo se debe a un aceite esencial (0,10 – 0,80 % de esencia en peso), que en su composición incluye el disulfuro de alilo, el trisulfuro de alilo y el disulfuro de propilo. El origen de este producto se debe a la oxidación, por calentamiento o al aire libre, del principio activo fundamental la alicina, que también es inestable en agua.

3.2. Usos y aplicaciones.

Terán (1997), afirma que el ajo es una de las plantas más antiguas que el hombre conoce y utiliza. Llego a Egipto hace 4.000 años, procedente de Asia Central, allá donde los hombres alcanzaban mayor longevidad. En la Biblia en el libro IV de los Números, se habla del ajo entre otros que Moisés y sus gentes comían en Egipto. También los faraones la incluían en la dieta de los esclavos que construían las pirámides para fortalecerlos. Los atletas Griegos, antes de participar

en los juegos olímpicos, comían un diente de ajo para soportar mejor el esfuerzo físico.

Actualmente se le reconoce al ajo funciones antibióticas generales, además que es considerado como un regulador de la flora intestinal, un antidiabético, un hipertensor, un regulador de la tasa del organismo humano. El ajo es para muchos sinónimos de vitalidad.

Es una hortaliza de excelentes cualidades alimenticias, medicinales y algunas aplicaciones industriales (deshidratado y liofilización), que contiene el 47% de proteína y un alto porcentaje de minerales.

Barragán (1996), manifiesta que las propiedades medicinales atribuidas al ajo son muchas, donde “El principal uso del ajo” es:

- ☞ Combatir los parásitos intestinales.
- ☞ Problemas de piel (sarna, mezquinos, granos y picaduras de insectos).
- ☞ Enfermedades respiratorias (anginas, asma, garganta irritada, ronquera y bronquitis).
- ☞ Dolores de espalda, cabeza, musculares y oídos.
- ☞ Contra varices, reumatismo, nervios, insomnio, anemia, antirreumático, caries, fiebre, presión arterial alta y afecciones del corazón.

Según Villarroel (1997), Menciona que el ajo es uno de los productos mas difundidos, el cual se lo emplea en la medicina y la farmacopea, también menciona que es un buen insecticida, repelente, fungicida, bactericida, nematocida e inhibidor de la reproducción de insectos, cuyo ingrediente activo es la esencia de sulfuro de alilo y disulfuro de dialilo, que coadyuvan en el control de insectos, nematodos, bacterias y hongos.

3.3. Características del ajo.

3.3.1. Origen.

Giaconi (1994), indica que es una planta originaria de Asia Central y del Mediterráneo.

Terán (1997), manifiesta que en Bolivia el ajo fue introducido por los españoles y se cultiva como planta hortícola al lado de la cebolla.

FAO (2002), El ajo, es procedente del Sur de Asia desde donde se propagó al área Mediterránea y de ahí al resto del mundo, se cultiva desde hace miles de años. Unos 3.000 años a. C., ya se consumía en la India y en Egipto. A finales del siglo XV los españoles introdujeron el ajo en el continente Americano.

3.3.2. Clasificación sistemática.

Ecology Evolutionary Brief (1999), indica que la ubicación sistemática del ajo es la siguiente:

- Reino : Vegetal.
- Sub Reino : *Embryobionta*.
- División : *Magnoliophyta*.
- Clase : *Liliopsida*.
- Sub Clase : *Liliales*.
- Familia : *Alliaceae*.
- Genero : *Allium*.
- Especie : *Allium sativum L.*

Valadez (1993), describe al ajo, como una planta monocotiledónea bianual, donde en la segunda etapa de su desarrollo su floración no se presenta. También indica que en la taxonomía actual el ajo común, se lo reporta como familia Alliacea, genero Allium, especie sativum y variedad vulgare.

3.3.3. Descripción botánica.

García (1991), La familia Liliacea consta de 2.800 especies, dos géneros tienen importancia agronómica *Allium* y *Asparagu*, la primera con bulbos y la segunda con rizomas. En el primer caso se han contabilizado más de 270 especies diferentes.

El ajo es un cultivo hortícola vivaz, bianual, resistente al frío y alogama, cuyo número cromosómico es $2n = 16$ durante su ciclo vegetativo tiene dos etapas bien definidas: La primera corresponde al crecimiento de la planta; la segunda corresponde a la formación del bulbo. Su reproducción se efectúa generalmente en forma vegetativa, mediante la plantación de bulbillos. Estos contienen un aceite muy volátil, la Alicina cuyo sabor es fuerte y picante.

3.3.3.1. Raíz.

Zabala y Ojeda (1988), indican que el sistema radicular es fasciculado, donde las raíces verdaderas que surgen del embrión duran poco tiempo y son sustituidas por raíces adventicias que surgen del tallo.

García (1990), indica que las raíces son blancas, fasciculadas, muy numerosas y con escasa ramificación

3.3.3.2. Tallo.

Zabala y Ojeda (1988), indican que el tallo de las liliáceas es muy corto, comúnmente se lo llama plato, alcanza una altura de 0,5 a 1,5 cm. y un ancho de 1,5 a 2,0 cm, el tallo se encuentra situado, en el extremo inferior de las plantas, del que surgen las yemas, las hojas y las raíces adventicias. A diferencia de la cebolla, el tallo del ajo muere al finalizar su ciclo vegetativo.

García (1990), manifiesta que el tallo o disco, como el resto del genero esta representado por una masa cónica que en la madurez es un callo muy duro.

3.3.3.3. Hoja y falso tallo.

Zabala y Ojeda (1988), indica que las hojas están formadas por vaina y limbo: donde las vainas son cilíndricas, ensanchadas y al reunirse entre si forman el falso tallo, constituye una formación foliar diferente al tallo verdadero y el limbo es plano laminado. La base de las vainas al final del ciclo vegetativo se convierte en túnicas que protegen los dientes. Las hojas crecen sucesivamente y de modo tal que la más joven pasa por el interior de la vaina de la hoja anterior y así forman el falso tallo.

También afirma que tanto mayor sea el numero de hojas que se forman en el periodo de crecimiento o desarrollo de las plantas, tanto mayor será el bulbo y por tanto los rendimientos que se obtengan. Entonces cuanto mayor cuidado y atención se dediquen a las labores en el periodo de crecimiento se garantiza en gran medida la calidad de la cosecha.

García (1990), describe a las hojas como planas y algo acanaladas, características que lo diferencia de la cebolla que las tiene cilíndricas y huecas en su interior. Morfológicamente terminan en punta y se distribuyen en forma alterna, la inserción de las hojas basales se modifica para formar túnicas, con coloración diversa sirve de protección de los dientes y del bulbo.

3.3.3.4. Bulbo.

Lerena (1945), describe como un bulbo redondo y ligeramente periforme constituido por tres a treinta bulbillos (dientes) ovoides, arqueados y cubiertos por una membrana correosa, transparente, generalmente de color blanco a rojizo.

Zabala y Ojeda (1988), mencionan que el bulbo esta compuesto por túnicas exteriores, túnicas interiores, tallo verdadero y dientes. Las túnicas exteriores como las interiores se forman de la parte inferior de las vainas. Las primeras envuelven al bulbo completo, mientras que las interiores solo cubren los dientes internos formados de las axilas de las hojas.

García (1990), manifiesta que el conjunto del disco, (en cantidad variable) y túnicas se denomina “bulbo del ajo”. Este es comercialmente aprovechado, con la denominación vulgar de “cabeza”.

3.3.3.5. Flor e inflorescencia.

Zabala y Ojeda (1988), indican que la inflorescencia de la planta es del tipo umbela. Se manifiestan algunas variaciones no muy significativas en algunas especies. Las flores son pequeñas y están dispuestas sobre pedúnculos largos y finos.

García (1990), describe que la yema terminal del disco del ajo, dependiendo de las variedades puede generar el escapo o tallo floral carnoso, puede alcanzar una altura de 60 cm con facilidad, en cuyo ápice se localiza la inflorescencia en forma de umbela. Numerosas variedades ni siquiera llegan a emitir escapo floral, aunque si una hoja hueca final, las flores poco numerosas raramente son fértiles.

3.3.3.6. Fruto.

Lerena (1945), describe al fruto como una cápsula membranosa con el estilo persistente y semillas numerosas pequeñas y de color negro azulado.

García (1990), menciona que el fruto cuando se forma, es una cápsula con 1 o 2 semillas por lóbulo en número de tres.

3.3.3.7. Diente – semilla.

FAO (1992), sostiene que los bulbillos o dientes normales, son principales órganos de propagación de esta especie, son yemas axilares en estado de dormición cuándo recién cosechadas, que se originan en la axila de las hojas fértiles o dentadas y apoyadas modificadas.

Giaconi (1994), el ajo comercialmente se cultiva por propagación vegetativa, por medio de dientes que se consideran horticolamente como “semilla”. Esta especie por milenios se ha propagado en esta forma, ya que no se habían encontrado plantas fértiles. Hoy en día existen algunas variedades rusas que producen naturalmente semillas verdaderas o botánicas.

3.4. Variedades de ajo.

Villarroel (1992), indica que las variedades se diferencian por el color y forma de las hojas, el número de dientes, sabor y aroma.

García (1990), menciona que los criterios para agrupar y distinguir ecotipos y variedades son:

- Características morfológicas como la coloración de la túnica de protección.
- Características fisiológicas.
- Duración del fotoperiodo.
- Precocidad.
- Emisión de escape floral.

El criterio más extendido, es el primero, por lo inmediato y descriptivo. Además es el que rige en la práctica comercial y de cultivo. Esta clasificación, se considera poco rigurosa, a causa de que la coloración es un carácter relativo, dependiendo mucho de las condiciones climatológicas.

Más rigurosa es la clasificación que se basa en características fisiológicas como la del fotoperiodo, el número de horas luz, necesarias para bulberización es una

característica concreta y fija que determina, en gran medida, la precocidad de la variedad. Otros criterios, como el distinguir cultivares en función de la emisión de escapo floral que están condicionados por la climatología de la zona de cultivo, no son recomendables más que en condiciones concretas.

Giaconi y Escaff (1994), mencionan que las variedades más cultivadas son:

- ❖ Ajo Rosada: Tiene más aceptación en el mercado, sus bulbos no son tan grandes como el ajo blanco pero son más compactos y de superior calidad. De este tipo tenemos el Rosada Americano, de introducción más reciente, se distingue por la uniformidad de sus bulbos.
- ❖ Ajo Morado: Representado por Morado Mexicano, el Morado Peruano y el Morado Arequipeño, es rustico ya que se cultiva en condiciones extremas de suelo (salinidad, pH) y, dado su bajo requerimiento de horas frío para bulbificar.

3.5. Ecofisiología de la planta de ajo.

Villarroel (1992), indica que el ajo de acuerdo a lugares donde se la planta, tiene un ciclo vegetativo mayor a los 200 días, de los cuales, los 100 primeros los emplea para un crecimiento vegetativo foliar y los 100 siguientes en la formación de bulbos y dientes.

3.5.1. Fisiología de brotación.

FAO (1992) indica que la hoja de brotación o “germinadora” en esta etapa se abre paso a través del suelo que cubre al “diente” enterrado durante la plantación, formando un canal tubular por donde pasaran las hojas verdaderas. Cuando todo el conjunto de hojas llega a la superficie del suelo, la hoja de brotación (que no posee lamina foliar) reacciona frente a la luz e inhibe su

crecimiento, mientras que las hojas verdaderas rompen su extremo y emergen. Posteriormente la hoja protectora se desprende y descompone, mientras que las sustancias de reserva de la hoja reservante son translocadas al resto de la planta para nutrir las primeras etapas de crecimiento.

3.5.2. Fisiología del crecimiento.

FAO (1992), menciona que esta etapa se extiende desde la brotación hasta el inicio de bulbificación (en que ocurre el crecimiento de las hojas) y para un crecimiento vigoroso requiere de temperaturas medias nocturnas inferiores a 16 °C y medias mensuales entre 13 °C y 24 °C. Dado el tamaño de los bulbos será directamente proporcional al tamaño de la planta al momento de la inducción para bulbificar, todos aquellos factores que promueven un crecimiento vigoroso serán directamente responsables del incremento del rendimiento, y esto será tanto mayor cuanto más prolongado sea la fase vegetativa.

También menciona que el peso del “diente-semilla”, está en función directa de la cantidad de sustancias de reserva, será decisivo sobre el patrón de comportamiento durante la etapa de crecimiento vegetativo.

3.5.3. Fisiología de bulbificación.

Ledesma, et al (1980), indican que el bulbo comenzara a formarse por un estímulo termo-fotoperiodo, el que se puede caracterizar a través de las dos etapas:

- ☞ Primera “Inductiva”, donde el frío o los días largos serian factores imperiosos, ya que la acción de al menos uno de ellos se hace obligatoria para que el fenómeno se manifieste.
- ☞ Segunda “Morfológica”, las condiciones termo o fotoperiodicas solo son capaces de alterar la velocidad del proceso de bulbificación.

García (1990), define el termino bulberización al proceso de activación de la planta de ajo para que se inicie la génesis del bulbo. Este proceso lleva consigo la hipertrofia de las yemas axilares de las hojas y la degeneración de las vainas foliares de la base para formar las túnicas de protección.

3.5.4. Fisiología de la dormición.

Stalhschmidt (1991), menciona a la dormición como el estado en el cual el crecimiento esta temporalmente suspendido. No se habla de reposo, porque en la práctica es un proceso dinámico de cambios graduales y permanentes.

También indica que la duración de la dormición puede ser más o menos larga, variando con el cultivar, con las condiciones ambientales y principalmente con la temperatura de almacenamiento. También varia de acuerdo al tamaño del “diente” y su posición en el bulbo y con todo factor que desde la esencia del cultivo “madre” haya comprendido el normal desarrollo de esta etapa.

García (1990), menciona que los bulbos recién recolectados se encuentran en estado latente, es decir, son incapaces de germinar para formar una nueva planta. El periodo de dormancia, es muy versátil dependiendo de la variedad y de la temperatura de conservación.

3.6. Agroecología del cultivo.

3.6.1 Clima.

Villarroel (1992), afirma que el ajo es resistente al frío prefiriendo los días húmedos durante su crecimiento, mientras que, para la formación de los bulbos requiere de calor. La presencia de humedad durante la maduración provoca pobredumbre a las catafilas protectoras del bulbo, dificultando la cosecha.

Giaconi y Escaff (1994), indican que requiere clima fresco a frío durante la fase de crecimiento; caluroso y luminoso desde que comienza a formarse el bulbo hasta la cosecha

También indica que la temperatura es factor decisivo en la formación de los bulbos; su mayor influencia se manifiesta en la época de la plantación y antes de que comience la formación de los bulbos. En este periodo, temperaturas de 0 °C a 10 °C, durante 4 a 8 semanas, tienden a acelerar la formación de los bulbos. Cuando la planta no esta sujeta a bajas temperaturas, ello puede traducirse en que el bulbo no se forme, aun cuando los días sean largos. Esto da la clave o explica, en parte, los fracasos a que están expuestas las plantaciones hechas a destiempo.

3.6.2. Precipitación.

FAO (1992), afirma que los requerimientos del cultivo son de orden de los 500 a 600 mm durante el ciclo, en aquellas regiones donde las precipitaciones están uniformemente distribuidas, el cultivo puede conducirse a secano. No existe un periodo crítico en los requerimientos hídricos de esta especie, por lo tanto la distribución deberá ser uniforme durante todo el ciclo, con mayor consumo desde bulbificación. El consumo se reduce en forma acentuada desde senescencia a cosecha. Localidades con más de 900 mm. durante el ciclo ven dificultado el manejo del cultivo, con problemas sanitarios (enfermedades fungosas), mientras con aquellas con menor a 500 mm. durante el ciclo requieren riego complementario.

3.6.3. Humedad relativa ambiente.

FAO (1992), indica que los requerimientos óptimos de humedad relativa es escasa y se relaciona mayoritariamente con problemas fitosanitarios. La aparición de enfermedades como “alternariosis” *Alternaria porri* o “Roya” *Puccinia alli* se

acentúa cuando la humedad relativa ambiente supera el 70 %, por lo que sería el límite óptimo respecto a este factor. Una humedad relativa por debajo del 60% y la ausencia de precipitaciones, favorecen la proliferación de trips y pulgones vectores de virus durante el cultivo. Las altas temperaturas, la baja humedad relativa y la ausencia de lluvias durante la cosecha, garantizan un “curado” satisfactorio para el posterior periodo de acondicionamiento y almacenamiento.

3.6.4. Termo-fotoperiodo.

García (1991), el ajo se comporta como una especie de cultivo otoño – invierno – primavera, áreas de climas templados con inviernos suaves, sin embargo es muy resistente a heladas, soportando inviernos rigurosos, y cuyo mes tenga mínimas medias entre $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y máximas medias superiores a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Burba (1993), señala que el termo y fotoperiodo actúan interaccionando para inducir la bulbificación, siendo las temperaturas más importantes que la duración del día. Las necesidades de frío, diferente para cada ecotipo, estarían marcando la inducción de la bulbificación, siendo esto complementado cuando esta combinado con días largos (efecto aditivo). Evidencias experimentales muestran que cuando mayor es la cuota de frío recibido, menor es el requerimiento fotoperiodico, o dicho de otra manera, la bulbificación se induce con días de umbral más corto.

3.6.5. Frío.

García (1990), menciona que la planta de ajo para diferenciar las yemas axilares en diente y formar el bulbo necesita soportar una cierta cantidad de horas frío. En general se considera que el intervalo entre $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ es el óptimo para generar plantas capaces de desarrollar bulbos. El periodo de tiempo necesario para que el proceso tenga éxito depende de la variedad fundamentalmente.

3.6.6. Altitud.

Burba (1993), indica que esta especie se encuentra distribuida desde los 10 hasta los 3700 m.s.n.m., mostrando precocidad de adaptación, sin embargo, los valles de altura serranos o pre-cordilleranos dentro los 1000 a 1800 m.s.n.m., pueden brindar excelentes condiciones de aislamiento sanitario para la producción de “semillas”; debido a la dificultad que los afidos vectores encuentran para su difusión, mientras que en el caso del ajo para consumo, la altitud es menos relevante.

3.6.7. Suelo.

Para Huerres y Caraballo (1991), el cultivo de ajo se desarrolla en diferentes tipos de suelo siempre que tengan buen abastecimiento de nutrientes. Las características de su sistema radical permiten cultivarlos en suelos relativamente superficiales, pero es conveniente que a la profundidad señalada, estos deben tener una estructura desmenuzada. Debe tener buena aireación, buen drenaje y que conserven bien la humedad. El ajo no tolera suelos de estructura pesada y compacta, ni que formen costras superficiales o se agrieten. El ajo puede desarrollarse en suelos de mayor acidez que la cebolla, en la región de Los Andes se cultiva óptimamente a pH = 5.0, pero generalmente este debe ser de 6,5 a 7,5.

Imbolbex citado por Ramírez (1993), recomienda que los suelos adecuados sean los profundos y livianos que poseen alto contenido de materia orgánica y capacidad de drenaje, pues el exceso de humedad da lugar a pudriciones y problemas sanitarios importantes.

Giacconi y Escaff (1994), señalan que el cultivo requiere suelos profundos y fértiles, de consistencia media, permeables, con una proporción equilibrada de

nitrógeno, fósforo, potasio, y de algún micro elementos como Zinc, Azufre, etc., entre otros. En los suelos con exceso de nitrógeno, éste debe ser equilibrado con los elementos ya nombrados, de manera que no perjudique el desarrollo y la calidad del bulbo.

También indica que considerando el sistema radicular del cultivo, cuyo mayor volumen no va más allá de los 30 cm., no requiere de suelos muy profundos.

3.7. Manejo de cultivo.

3.7.1. Características de la zona.

La Fundación Bolivia Exporta (1995), afirma que la selección de las zonas obedece a la variedad de ajo que se desee cultivar. Donde el ajo pueda producirse desde zonas cálidas hasta climas con temperaturas por debajo de 0 °C, siempre que completen las necesidades termo-foto periódicas. También señala que en zonas con precipitación alta durante el desarrollo de la planta afectan negativamente al permitir el ataque de hongos. Con respecto a las precipitaciones se debe asegurar una buena provisión de agua, también menciona que los suelos deben ser de franco – arenoso a franco – arcilloso.

3.7.2. Época de siembra.

CESA, (1977) citado por Velasco (1993), recomienda que al elegir la fecha más conveniente para realizar, la siembra se debe tomar en cuenta:

La posibilidad de preparar correctamente el terreno (esperar que el suelo pierda su exceso de sequedad o de humedad para que se lo pueda trabajar). La temperatura y la humedad que necesita la planta para nacer, desarrollarse y producir.

También es importante conocer la duración del cultivo (ciclo vegetativo) para que la cosecha se realice en la época más conveniente.

Oficina Regional de Semillas Potosí (1999), indica que es mejor sembrar en dos o tres etapas para disminuir los riesgos climáticos, por ejemplo: En los valles de Potosí, se siembra en Mayo, Junio y Julio.

3.7.3. Selección de diente semilla.

Giacconi y Escaff (1994), indican que se deben elegir los dientes exteriores, sanos, bien conformados, de forma de cuña, eliminando los interiores que son pequeños y aplastados. También se eliminan los dientes muy gruesos, cuando no es posible separarlos, porque generalmente están constituidos por dos o tres dientes soldados entre si, que darían lugar a otras tantas cabezas unidas y deformes. Si estos dientes se cortan transversalmente, muestran dos o tres embriones. No conviene emplear dientes muy pequeños, aún estén bien constituidos, porque dan producto de inferior calidad. Deben eliminarse los secos, chupados, livianos, enfermos, dañados, etc.

La Oficina Regional de Semillas Potosí (1999), recomienda que la semilla de buena calidad debe ser:

☞ Pura	Sin semillas de otros cultivos y malezas.
☞ Limpia	Sin basuras ni pajas, tierra y piedras.
☞ Sana	Libre de daño de plagas y enfermedades.
☞ Uniforme	Sin semillas menudas y otros colores, la variedad que se debe sembrar tener mercado
☞ Madura y desinfectada	Con funguicidas, nematicidas é insecticidas.

3.7.4. Densidad de siembra.

Villarroel (1992), indica que las distancias dependen de la finalidad que tenga el cultivo, para consumo se emplea distancias de 8 a 10 cm., entre planta

por 30 cm entre surcos, para semilla de 15 a 20 cm por 30 cm. Se recomienda entre 1000 y 2000 Kg/ha en Tarija se emplean distancias de 10 cm x 20 cm.

Centro de Investigación Agrícola Campesino – Tupiza (1998), muestra las distancias entre plantas, surcos y profundidad de siembra muy dependiente del tamaño de los dientes.

Semilla	Distancia entre plantas	Profundidad de siembra	Distancia entre surcos
Dientes grandes	9 cm (5 dedos) 10 a 12 dientes / ML	5 cm	40cm
Dientes medianos	7 cm (4 dedos) 12 a 14 dientes / ML	4 cm	40 cm
Dientes pequeños	6 cm (3 dedos) 14 a 16 dientes / ML	3 cm	30 cm

Fuente: CIAC-Tupiza, (1998).

La Oficina Regional de Semillas Potosí (1999), indica que para una hectárea, se necesita de 700 a 1000 kilos, dependiendo del tamaño y si es desgranado o en bulbo.

3.7.5. Siembra.

La Fundación Bolivia Exporta (1995), sostiene que la siembra consiste en el desgrane, la desinfección de los dientes y su plantación. El desgrane es la separación de los dientes que forman una cabeza de ajo. Si bien los dientes que se encuentran al interior de una cabeza de ajo se llaman “cuñas” estas pueden brotar y producir cabezas, estas serán pequeñas y solo en un segundo año alcanzaran buenos calibres. También recomienda que la siembra y desinfección de las semillas es mejor realizarlo el mismo día, el proceso de la desinfección radica en sumergir los dientes en bolsas de malla durante dos horas en promedio en una mezcla de fungicida y nematicida.

3.7.6. Riego.

Huerres y Caraballo (1991), sostienen que la regulación de un adecuado régimen hídrico, durante el crecimiento y desarrollo del ajo, contribuye a la obtención de bulbos de mayores tamaños y mejor formados. Durante la etapa de formación de follaje, la planta no debe carecer de humedad. Pero en la etapa de formación de las yemas, la humedad del suelo debe ser media. Una alta humedad en este periodo, puede estimular el crecimiento, debido a que las yemas recién formadas pueden germinar en lugar de convertirse en dientes normales.

Villaroel (1992), menciona que el cultivo de ajo, tiene mayor requerimiento de agua cuando empieza la formación del bulbo y los dientes. El riego se suprime dos semanas antes de la cosecha, cuando se amarillean las 2 a 4 primeras hojas basales. El total de riegos esta entre los 15 y 21, dependiendo de la dureza de los suelos.

Centro de Investigación Agrícola Campesino - Tupiza. (1998), manifiesta que el ajo es exigente al riego por tener raíces pequeñas, por lo que estos deben ser frecuentes y ligeros desde la siembra hasta la formación del bulbo.

3.7.7. Labores culturales.

3.7.7.1. Escardas.

Giacconi y Escaff (1994), mencionan que las escardas se realizan con ayuda de azadas o raspas manuales y se persigue un doble objetivo. Eliminar las malezas y soltar la costra superficial que se forma a consecuencia de la acción combinada de las lluvias o de los riegos y el sol. El ajo se defiende mal de las malezas, particularmente durante el primer periodo de su crecimiento; por otra parte, la costra comprime los brotes nuevos y tiende a gastarlos a nivel del suelo.

3.7.7.2. Control de malezas.

Centro de Investigación Agrícola Campesino – Tupiza (1998), señala que el perjuicio que causan las malezas, es de bajar los rendimientos y calidad del producto, debido a la competencia por nutrientes, luz, agua, la misma que dificulta y duplica los costos de la cosecha, por lo cuál es necesario mantener al cultivo libre de malezas. Para el control de malezas, se cuenta con dos métodos:

- **Control mecánico – manual.**

Se trabaja la parte superior del surco y las proximidades de la planta de ajo. La finalidad de estas labores del suelo es el control de malezas, la incorporación de fertilizantes y la mejora de las condiciones para la infiltración del agua.

- **Control químico.**

Usar herbicidas, como complemento del anterior método, pero con extrema precaución.

3.7.7.3. Eliminación de escapos florales (despinotado).

Indaburu (1992), señala que los diferentes cultivares de ajo tienen mayor o menor propensión a emitir el tallo o escapo floral, al que es necesario eliminar para que no perjudique la formación de bulbos, debido a que las reservas alimenticias son extraídas rápidamente para el cumplimiento innecesario del proceso de floración. También menciona que la eliminación del escapó floral recibe el nombre de destolado o descanutado, la misma que se realiza en forma manual.

Giacconi y Escaff (1994), indica que aparece semanas antes de la cosecha. Este debe suprimirse antes de que se endurezca y mientras mantiene cierta

elasticidad, arrancándolo a mano en su base. Se practican varios “despinotados” en la temporada. Esta operación es indispensable para posibilitar la trenzadura de los bulbos.

También indican que la aparición de los tallos florales esta ligada a factores varietales y de manejo de cultivo.

3.7.8. Cosecha.

Villarroel (1992), afirma que para determinar la madurez del cultivo es necesario efectuar un corte diametral al bulbo, comprobando que las cutículas externas estén bastante finas y delgadas. Las 2 a 3 hojas básales deben estar secas y presentar una coloración amarillo marrón en la mitad de las plantas. Los bulbos deberán medir 60, 54, 48, 42, 34, 30 mm. que corresponde a categorías 1 a 6 respectivamente.

También recomienda que la cosecha deba efectuarse en lo posible en un día, para luego efectuar el curado y secado en campo el secado en el almacén.

La Oficina Regional de Semillas Potosí (1999), señala que la cosecha depende de la madurez de los bulbos generalmente es de 6 meses. Si nos adelantamos, perdemos peso y el ajo es esponjoso, y si nos atrasamos, el ajo se abre, se desgrana o se pudre cuando llueve.

También señalan que el bulbo esta maduro más o menos después del descanutado. Cuando las hojas se amarillean y secan. Cuando el bulbo es cuatro veces más grueso que el tallo y los dientes están formados.

En el momento de cosecha, el día debe ser claro y sin amenazas de lluvia. El suelo debe estar húmedo. Primero se afloja con azadón o yunta, luego se arranca, se hacen amarras de 10 a 12 cabezas.

3.7.9. Post – cosecha.

3.7.9.1. Oreado.

Centro de Investigación Agrícola Campesino – Tupiza (1998), menciona que al momento de la cosecha se realiza el atado de las plantas en un numero de 10 a 15 plantas llamadas “gavillas”, estas se dejan en terreno o bajo techo extendidos por dos a tres días dependiendo de las lluvias para su correspondiente oreado.

3.7.9.2. Curado.

Giacconi y Escaff (1994), indican que los bulbos arrancados se deben dejar expuestos al sol durante unas pocas horas; luego se “arrodelan” y las “rodela” permanecen en la potrera varios días. Estas se preparan colocando los bulbos de pie, unos junto a otros, bien apretados, en una superficie circular de dos o más metros de diámetro, cuyo contorno se rodea con un poco de tierra

Terán (1997), define al curado como una deshidratación lenta y total de las hojas envolventes de los bulbos y de las hojas aéreas. Este proceso permite eliminar una cantidad importante de humedad y/o por lo tanto evitar la incidencia de enfermedades fungosas, especialmente en post – cosecha. El producto adquiere en este proceso el color típico de la variedad y deshidratación de las cutículas envolventes en los bulbos. Por lo tanto un buen curado significa la retención de la mayor cantidad de cutículas posibles.

3.7.9.3. Desmoche.

Centro de Investigación Agrícola Campesino – Tupiza (1998), indica que una vez finalizado el proceso del curado o secado de los ajos estos quedan listos para el corte de las hojas y de la raíz del ajo y para realizar esta labor se puede determinar observando que las hojas estén secas y de un color pajizo.

3.7.9.4. Almacenamiento.

Giacconi y Escaff (1994), mencionan que el ajo se conserva perfectamente. El ajo preparado para la exportación, se colocan en cajas o bandejas, se almacena durante bastante tiempo en buenas condiciones. El almacenaje en frío se realiza en cámaras frigoríficas mantenidas a 2 – 4 °C, con 75 % de humedad relativa del aire.

También se indica que cuando el ajo ha sido arrancado a su debido tiempo, bien curado y en general, manejado con todo cuidado – y bien almacenado – raramente se producen pudriciones. Las mermas de peso provienen, más bien, de bulbos que se “chupan” o deshidratan.

3.8. Plagas y Enfermedades.

Villarroel (1992), menciona que con la exportación de ajo, se realizan esfuerzos por obtener bulbos de buena calidad y libres de plagas. Pero, estos esfuerzos a veces llegan a ser vanos, porque se introducen semillas infestadas, con insectos, ácaros, nematodos y diversos patógenos que provocan enfermedades.

3.8.1. Plagas.

Giacconi y Escaff (1994), señala que el ataque más importante es el trips de la cebolla. En los últimos años se ha tenido ataque de insectos en el suelo, es prudente prevenirlos con aplicaciones de insecticidas granulares al suelo, incorporándolos unos pocos centímetros antes de plantar. En algunas localidades ha habido ataque del acaro de los bulbos (*Rhizoglyphus equinopus*), para el cual se recomienda cultivar en terrenos que previamente no han tenido esta hortaliza. Además, el erofilo de los bulbos (*Eriophyes tulipae*), como el anterior, produce

manchas las capas externas. No se recomiendan tratamientos en el campo, por ahora, pero puede convenir fumigar los bulbos cosechados.

3.8.2. Enfermedades.

Giaconi y Escaff (1994), indica que el ajo puede ser atacado por las siguientes enfermedades: moho azul, pudrición basal, nematodo del tallo y de los bulbos, moho blanco, cabezuela negra, virosis, roya o polvillo, moho gris y tizón ceniciento. Las tres primeras son las de mayor incidencia.

Moho Azul: Causado por el hongo *Penicillium corymbiferum*, que ataca el interior de los dientes de ajo, causando deshidratación, lesiones de color café y moho azulado; a veces puede causar pudrición del diente y muerte de las plantas. Es un hongo importante que afecta a bulbos almacenados.

Su control se logra haciendo un buen curado de los bulbos para semilla, evitando todo tipo de heridas en cosecha y en la manipulación posterior, y tratando con funguicidas los dientes antes de la plantación. Se recomienda, entre otros: benomil (BENLATE DF, POLYBEN 50 PM), thiuram (POMARSOL), carbendazima (BAVISTIN).

Pudrición Basal: Causado por *Fusarium oxisporum*, produce amarilleo de plantas, reducción de crecimiento, desecación de ápices de hojas, pudrición de raíces y placa basal de la planta. Es un habitante del suelo que puede también estar en los bulbos. Se disemina principalmente por suelo contaminado y por agua de riego.

Para controlarlo se debe hacer un buen curado de los bulbos, evitar todo tipo de heridas en la cosecha y en el desgrane, hacer rotación larga de tres años o más, y desinfectar los dientes con los productos arriba mencionados.

Nematodo del Tallo y de los Bulbos: Es el *Ditylenchus dipsaci*, que puede causar daños en un 30 % a 80 % de rendimiento. El nematodo puede estar infectando los dientes y dar origen a una planta clorótica (amarillenta); puede causar deformación de bulbos, rupturas longitudinales de túnicas externas, necrosis de la base de los dientes, y sistema radical pobre. La enfermedad se transmite por bulbos infectados, restos de plantas enfermas, herramientas de trabajo y agua de riego. Además, ataca a malezas comunes como correhuela, pasto miel, bolsita del pastor, pasto cebolla, etc., que le sirven de hospederos.

El control se debe iniciar con el uso de semilla sana, esterilizando el suelo sin historial anterior de nematodo. Los dientes pueden ser tratados con productos como oxamilo (VYDATE – L); carbofurano (FURADAM, CURATERR, DIAFURAN); ferramiphjos (NEMACUR), etc. Las demás enfermedades del ajo son de importancia secundaria, generalmente.

3.9. Métodos de tratamientos de semilla.

3.9.1. Físico (agua caliente).

Messaeu y Lafón (1980), sostiene que es muy eficaz en ciertos casos concretos. El procedimiento consiste en mantener las semillas sumergidas en agua caliente a una temperatura que es suficiente para matar al parásito, pero que no alteran la vitalidad de la semilla. El margen de seguridad es pequeña, por lo que el riesgo de alterar o dañar el poder germinativo de las semillas es grande.

3.9.2. Químico (fungicidas).

Giaconi y Escaff (1994), menciona que en el cultivo de ajo es particularmente importante controlar dos problemas patológicos graves que afectan al cultivo.

- El nematodo del Tallo (*Ditylenchus dipsaci*).
- El moho azul (*Penicillium corymbiferum*).

Los cuales deben ser controlados previo a la plantación, sumergiendo los dientes en una solución nematicida (Furadan, Nemacur) y funguicidas (Benlate).

El Centro de Investigación y Apoyo Campesino (1998), sostiene que el tratamiento de semillas tiene mucha importancia para prevenir la introducción de enfermedades al suelo y plantas de ajo reduciendo los rendimientos. Se realiza la inmersión en un recipiente utilizando 80 gr. Benlate / 100 litros de agua.

3.10. Fertilización.

Rodríguez (1982), menciona que la fertilización, así como todas las practicas agrícolas no admite recetas, es decir que este debe ser evaluado en cada caso. Cada región posee características propias en lo que respecta a suelo y clima, esto, sumado a las diferencias de requerimientos entre variedad, especie y regadío, cambia gradualmente las dosis de fertilización.

Por otra parte los diferentes cultivos horticolas poseen lógicamente una distinta demanda de los elementos nutritivos, cuya absorción es paralela al ritmo de desarrollo, estacionándose en los periodos de maduración aunque muchos cultivos se cosechan antes de llegar este momento

FAO (1996), indica que Bolivia es uno de los países menos productivos en la agricultura debido a condiciones naturales y a las limitaciones en las técnicas de estudio; dentro de las cuales se encuentra el escaso consumo de fertilizantes minerales en las labores agrícolas.

Pineda (1999), afirma que todos los cultivos, prácticamente en todos los suelos, necesitan de una fertilización nitrogenada, esta es una generalización universal con muy pocas excepciones.

Giaconi y Escaff (1994), indica que para formular la fertilización, se parte del hecho de que el ajo tiene dos etapas bien definidas: La primera correspondiente al crecimiento de la planta antes de la formación del bulbo; la segunda, que corresponde a la formación de este. En la primera desempeña un importante papel la fertilización, como medio de asegurar un buen desarrollo vegetativo inicial de la planta, el que, a su vez, contribuirá a que el bulbo alcance adecuado tamaño y peso, la segunda etapa – formación de los bulbos – tiene mucho que ver con la temperatura a la cual queda expuesto el bulbo madre y con el fotoperiodismo, con un correcto régimen de riego. En los dos últimos meses del desarrollo del ajo, este alcanza el mayor progreso: el 70 al 80 % del peso y del tamaño del bulbo ocurre en este periodo.

FAO (2002), menciona que para que un plan de fertilización tenga éxito es necesario dar cumplimiento a varias premisas en relación a conocer que, cuanto, cuando y en que forma se debe utilizar.

También indica que evidentemente no existe una respuesta simple, debido a las innumerables situaciones en que podemos encontrarnos; sin embargo conocer, por ejemplo los periodos en que el cultivo absorbe con mayor o menor intensidad los nutrientes, mostrando de este modo el “cuando” adecuado para la aplicación de nutrientes.

Durante la primera etapa, la planta se alimenta a partir de las sustancias de reserva del “diente” y no absorbe prácticamente ningún nutriente; de ahí la escasa efectividad del fertilizante en formas muy solubles en pre-plantación o simultáneamente con esta.

El ajo se presenta como una especie muy suficiente en el uso de fósforo, por lo que su aplicación es requerida. Los programas de fertilización más extendidos en la práctica consisten en la incorporación del total del fósforo simultáneamente con la plantación.

El nitrógeno y el potasio son absorbidos en cantidades mayores que los otros nutrientes y particularmente a partir de los primeros 45 – 50 días, por lo que se aconseja se aporten recién a partir de ese momento y hasta que el crecimiento de la planta (parte aérea) se detenga. El Calcio, azufre y fósforo son los elementos que siguen en orden de importancia.

Terán (1997), indica que es importante destacar que la fertilización es un factor más dentro del esquema y por lo tanto solo se logra maximizar su efecto cuando los otros factores (clima, complejo cultural, planta, y agua) alcanzan su punto óptimo en un plan integral de fertilización, para lo que se deberá mejorar el suelo como sustrato nutritivo (incorporación de materia orgánica).

En cuanto a la fertilización, la planta del ajo es considerado como una planta exigente y agotante, por lo que debe tenerse cuidado con las practicas de nutrición del cultivo, a fin de mantener el equilibrio de las condiciones nutricionales y fertilidad del suelo. Las aplicaciones de materia orgánica mejoran las condiciones físicas y químicas de los suelos minerales

Sin embargo, se ha comprobado que el tamaño del bulbo es directamente proporcional al desarrollo foliar alcanzado antes de su génesis.

3.10.1. Tipos de fertilizantes.

Rodríguez (1982), señala que los fertilizantes se clasifican en:

- Sólidos: Son generalmente los mas utilizados; estos pueden estar en forma de polvo, en cristales o granulados.
- Líquidos: Pueden ser simples como las soluciones nitrogenadas o compuestos, como las soluciones binarias o terciarias.

- Gaseoso: Solo se usa el amoniaco anhidro, en su almacenaje se mantiene en forma liquida muy fuertemente comprimido. Cuando se aplica al suelo se gasifica.

3.10.2. Fertilización química.

Rodale (1946), Kolmans y Vásquez (1996), sostienen que los fertilizantes químicos son sustancias sintéticas, comerciales que generalmente son altamente solubles, como especie de narcóticos o estimulantes para el suelo y la planta. Se usan extensamente para la producción agrícola pero no les confiere salud fundamental a los organismos del suelo, planta, hombre y otros seres que merecen respeto, cuidado y necesitan alimentos nutritivos y sanos.

- Triple 15.

Suppo (1982), indica que el Triple 15 es un fertilizante compuesto, es decir que se obtienen por mezclas de distintos fertilizantes simples lográndose una homogenización de las unidades fertilizantes N-P-K expresadas en ese orden: Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

El triple 15 es granulado con partículas redondeadas mas o menos uniformes de tamaño variable: su aplicación es de forma directa en el suelo y cercana a la semilla, cuanto mas uniforme la granulación, mejor será la distribución en el suelo.

- Bayfolan.

Domínguez (1997), menciona que el Bayfolan es un Fertilizante foliar formulado para complementar una correcta nutrición de las plantas. En su composición intervienen los elementos mayores (N - P - K) y microelementos incluyendo Vitamina B 1, hormonas de crecimiento, quelatos, y sustancias que regulan el pH de las mezclas.

Bayfolan es la línea de fertilizantes foliares agrícolas: Bayfolan Forte y Bayfolan Sólido, de mejor calidad en el mercado. Es la línea de fertilizantes preferida por los productores agrícolas por las muchas ventajas y beneficios que les brinda.

Su fórmula completa y balanceada con elevado contenido de nutrientes puede aplicarse en cualquier etapa del cultivo. Bayfolan es totalmente soluble para un máximo aprovechamiento, no obstruye las boquillas, facilita su aplicación y aumenta la cantidad y calidad de la cosecha. Bayfolan se solubiliza en aguas con alto nivel de sales de Calcio o Magnesio y resuelve deficiencias de microelementos, contiene un humectante y adherente que mejora el contacto y la penetración en las hojas facilitando una absorción rápida y total.

3.10.3. Fertilización orgánica.

Suquilanda (2002), los fertilizantes orgánicos además de aportar un buen nivel de materia orgánica, también proporcionan altos niveles de los nutrientes fundamentales como el Nitrógeno, Fósforo y el Potasio.

- Té de Estiércol.

Suquilanda (2002), afirma que el Té de Estiércol es una preparación que convierte el estiércol sólido en un abono líquido. En el proceso de hacer Té, el estiércol suelta sus nutrientes al agua y así se hacen disponibles para las plantas.

SIAT (1999), señala que los beneficios del abono líquido son: “aumentan la producción de los cultivos, dar resistencia a las plantas al ataque de plagas y enfermedades, permitir que soporten mejor las condiciones climáticas drásticas de sequía y heladas.

3.10.4. Métodos de aplicación de fertilizantes.

- Aplicación foliar.

Buckman y Brady (1969), mencionan tres métodos principales para la aplicación de fertilizantes líquidos, siendo la primera la aplicación directa al suelo, la segunda con el agua de riego y la tercera rociando las plantas con soluciones nutritivas, procurando que se mojen los órganos aéreos.

Rodríguez (1982), indica que la aplicación foliar es la capacidad de absorción de nutrientes a través de la superficie foliar, es variable según el tipo de cultivo y el tipo de nutriente aplicado.

Alvarez (1994); Kolmans y Vasquez (1996); y Lampka (1999), señalan que la aplicación directa de abonos líquidos por vía foliar le proporciona un efecto rápido de asimilación de nutrientes a la planta, aparte de los microelementos: nitrógeno, fósforo, potasio, incluye diversos microelementos como Magnesio, Calcio, Hierro, Níquel, Cromo, etc. Esta equilibrada formación hace de este abono un complemento perfecto para intensificar el verdor y el color de todo tipo de las plantas.

Terán (1997), señala que el análisis foliar es una herramienta fundamental para determinar el estado nutricional del cultivo. Hoy por hoy, su práctica no esta muy extendida a pesar de sus grandes ventajas.

Villarroel (1999), indica que la generalidad de los cultivos presentan deficiencias de nutrientes y principalmente en lo referente a micronutrientes. También señala que los abonos foliares tienen la particularidad de incorporar nutrientes de fácil asimilación a través del follaje, introduciendo macro y micronutrientes.

- Aplicación en el suelo

Suppo (1982), menciona que la aplicación del fertilizante es directa al suelo, es decir es una distribución localiza, donde el fertilizante es colocada cerca de la raíz y/o cerca de la semilla de la planta, para una fácil utilización por parte de la misma.

3.11. Producción y rendimiento del cultivo de ajo.

Aedo y Barantes (1991), indican que las características varietales y otros factores genéticos inherentes a la planta son importantes para obtener un rendimiento homogéneo.

3.11.1. Factores que afectan el rendimiento.

Brauer (1981), indica que la sequía, desde el punto de vista metereologico como ausencia de lluvias, presencia de factores bióticos (plagas y enfermedades), condiciones edáficas, pH, fertilidad, y las condiciones agro ambientales de cada región son desfavorables, factores que afectan directa e indirectamente al rendimiento del cultivar.

3.11.2. Producción y rendimiento mundial.

FAO (2004), indica que los principales productores de ajo se encuentran en el continente asiatico y son: China, Republica de Korea y Tailandia. El dominio de los paises asiaticos en el comercio de ajo es mayor en relación a otros paises, sin embargo los rendimientos no son altos. Estos paises no intervienen en el mercado internacional, por ser estos netamente consumidores que importan parte de su demanda interiormente (anexo 1).

También menciona que a nivel sudamericano, Argentina es el mayor productor, siendo un neto exportador cuyo saldo principal se comercializa en Brasil (más del 70%). Por su parte este país es un gran productor que requiere de importaciones debido a que no se ha alcanzado el autoabastecimiento. También indica que la superficie cosechada, el rendimiento y la producción de ajo de los países sudamericanos han sufrido cambios notorios en los últimos años (anexos 2, 3 y 4).

3.11.3. Producción Nacional.

El MAGDR (2005), afirma que la superficie cultivada de ajo en todo el país en el periodo 2004 fue de 1725 ha también se indica que se produce en siete de los nueve departamentos del país, con excepción de Beni y Pando (cuadro 2).

Cuadro 2

Rendimientos promedio de ajo por departamento (Gestión 2004)

Departamento	Superficie ha.	Rendimiento Kg./ha.	% en base a Sup.
Chuquisaca	480	4900	27.83
La Paz	90	3730	5.22
Cochabamba	160	4860	9.28
Oruro	105	4370	6.09
Potosí	145	4000	8.41
Tarija	500	5600	28.99
Santa Cruz	245	4980	14.2
TOTAL	1.725	4871	100%

Fuente: Elaboración propia, según MAGDR (2005).

Como se observa en el cuadro anterior, el principal productor de ajo es Tarija, con 28.99 % distribuido entre sus regiones. Seguido por el departamento de Chuquisaca, con 27.83 %. En cuanto a rendimientos el departamento de Tarija presenta el primer lugar con 5600 Kg/ha. seguido por Santa Cruz con 4980 Kg/ha.

Quisbert B. (2004), indica que en el Departamento de La Paz, Provincia Pacajes, Comunidad de Tumarapi, los resultados obtenidos durante la gestión agrícola 2002 fueron de 6,10 Tn/ha., en variedad rosada y 6,45 Tn/ha. para la

variedad morada, se trabajo con semilla certificada y con un ciclo vegetativo de doscientos días.

3.12. Costos de producción.

Perrin (1970), define el costo de producción como el desembolso o gasto de dinero que se hace en la adquisición de los insumos ó recursos empleados, para producir bienes y servicios. Sin embargo el término costo es más amplio, ya que significa el valor de todos los recursos que participan en el proceso productivo de un bien en cantidades y en un periodo de tiempo determinado. También menciona que los costos más comunes a que se enfrenta una unidad de producción agrícola como la compra de semillas, fertilizantes, pesticidas, maquinarias, equipos, y pago mano de obra.

Además sostiene que los costos deben ordenarse en términos de mano de obra, maquinaria, fertilizantes y otros insumos usados, como también puede ordenarse los costos en términos de diferentes operaciones que se llevan acabo en al producción agrícola.

Las operaciones consideradas comprenden:

- ☞ Preparación del terreno
- ☞ Siembra
- ☞ Fertilización
- ☞ Control fitosanitario
- ☞ Labores culturales
- ☞ Riego
- ☞ Cosecha y Postcosecha

3.12.1. Análisis de costos.

Sotomayor (1992), indica que los costos de producción varían de acuerdo a la tecnología utilizada, ya que estas prácticas influyen en el rendimiento y beneficios.

3.12.2. Análisis económico.

El análisis económico de acuerdo al manual metodológico de evaluación económica del CYMMYT (Perrin, 1979), elaborándose los costos de producción con los datos más actualizados de la zona.

La relación Beneficio / Costo (B / C)

Donde: B = Beneficio

C = Costo

Cuando: El valor B/C es > 1; Es aceptable

El valor B/C es = 1; Es dudoso

El valor B/C es < 1; Es rechazado.

IV. LOCALIZACIÓN

4.1. Ubicación geográfica.

El presente estudio se realizó en la Ciudad de La Paz, Provincia Ingavi, Altiplano Central, localidad Titicani-Tucari, Comunidad de Jesús de Machaca. Se encuentra a 115 Km de la ciudad de La Paz, con dirección al camino a Desaguadero, en las dependencias de la Fundación “Manos Solidarias Bolivia” (MASOBOL), como se observa en la (figura 1), por sus características climáticas es considerada una zona altiplanica central, ubicada entre montañas y cerros que protegen el área formando un microclima diferente a otras regiones. Geográficamente se encuentra a 16° 44” de Latitud Sur y 68° 48” Longitud Oeste a una altura de 3600 metros sobre el nivel del mar.

4.2. Características climáticas de la zona.

4.2.1. Clima.

La región de Jesús de Machaca pertenece a un clima semiárido de la zona Altiplanica Central, se caracteriza por tener un clima seco y frío, donde la temperatura media anual es de 8,3 °C, la temperatura en invierno baja a -10 °C, para alcanzar en verano temperaturas máximas que bordean los 22 °C. La precipitación anual registrada por la Estación Meteorológica de Tihuanaco, instalados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en los periodos 1995 a 2002 la precipitación pluvial fue 440 mm/año. caracterizándose en invierno por una estación seca prolongada y una estación lluviosa corta.

4.2.2. Datos meteorológicos, durante la ejecución del ensayo.

En el (cuadro 3), se observan variaciones de temperaturas máximas, temperaturas mínimas, promedio de las temperaturas mínimas y máximas y precipitaciones que ocurrieron durante el mes de Julio de 2004 hasta Diciembre 2004.

Figura 1
Mapa de ubicación, Localidad de Jesús de Machaca
comunidad de Titicani -Tucari



Cuadro 3

Meses	T° max (°C)	T° min (°C)	T° prom (°C)	PP (mm)
Julio	13.4	-4.6	4.4	0
Agosto	17.2	-1.2	8	0
Septiembre	16.6	-0.5	8.05	7.2
Octubre	19.5	2.8	11.15	6.2
Noviembre	19.2	2.2	10.7	15.2
Diciembre	18.3	3.3	10.8	11.3

Fuente: Estación Metereologica de Tihuanacu (2004).

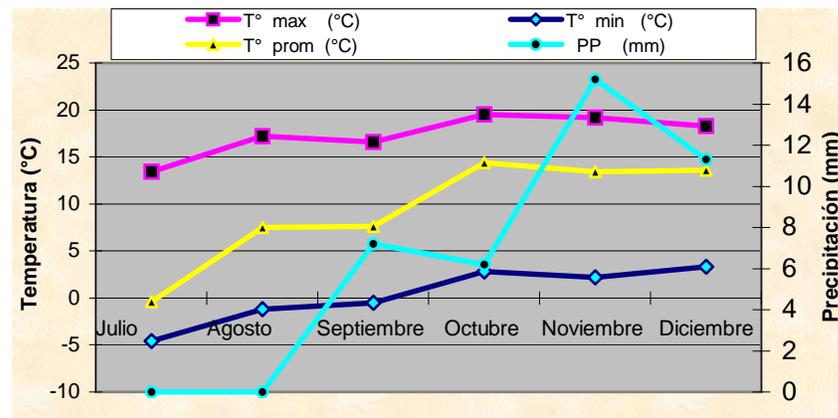
En la fase de crecimiento que comprendió los meses de Julio, Agosto y Septiembre, existieron variaciones de temperaturas, registrándose la mayor temperatura en el mes de Agosto con 17.2 °C y la temperatura mínima fue de -4.6 °C, ocurrió en el mes de Julio, también se registraron precipitaciones en el mes de Septiembre con 7.2 mm no se registraron precipitaciones importantes los meses de Julio y Agosto.

En la fase de formación de bulbos, existieron variaciones de temperaturas registrándose en el mes de Octubre una máxima de 19.5 °C, siendo la mayor ocurrida durante toda la ejecución del trabajo y una mínima de 2.2 °C, el mes de Noviembre; registrándose una precipitación de 15.2 mm en el mismo mes.

En la fase de maduración, las variaciones de temperatura registradas fueron de 18.3 °C, el mes de Noviembre y la temperatura mínima fue de 3.3 °C el mes de Diciembre, registrándose una precipitación en el mismo mes de 11.3 mm, como se observa en la figura 2.

Figura 2

Temperatura máxima, media, mínima y precipitación



4.2.3. Topografía.

El área de estudio se localiza en una zona de fisiografía con pendientes y laderas cuyas parcelas son rodeadas de rompevientos fijos (piedras).

El agua utilizada para riego, es proveniente de vertientes naturales distribuida por medio de canales de riego que se encuentran en los bordes de las parcelas. Esta agua es aprovechada por todos los comunarios del sector.

4.2.4. Análisis físico - químico del suelo.

Cuadro 4

Horizonte	Prof. cm.	% Arena	% Arcilla	% Limo	Clase Textural	PH H ₂ O 1:5	PH KCl 1:5	CE. Mmhos/cm 1:5		
								0.384		
Cationes de cambio (meq/100gr)							Sat. Bas %	M.O. %	N Total %	P Asimilable ppm
Al+H	Ca	Mg	Na	K	TBI	CIC	%	%	%	ppm
A ₁ -1	0-20	57	25	18	FYA		6.12	5.78	0.384	
0.09	10.20	1.37	0.50	1.36	13.43	13.52	99.3	4.24	0.07	15.13

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN).

El suelo de la comunidad de Titicani Tucari, presenta una textura Franco-Arcillosa-Arenosa, con pH ácido de 6.12 y presenta un bajo contenido de conductividad eléctrica, lo cual significa que el suelo no presenta problemas de salinidad, el contenido de materia orgánica es alto. El análisis de suelo esta dentro las exigencias del cultivo, el pH esta dentro el rango de exigencia del cultivo señalado por Terán (1998), el cual indica que el pH del suelo, ideal para el ajo, debe ser 6.0 a 7.0 ya que una buena condición de acidez baja, la alcalinidad ocasiona desbalance en la disponibilidad de algunos nutrientes.

4.2.5. Actividad agrícola de la zona.

Los cultivos característicos del lugar son papa dulce y amarga, haba, quinua, cañahua, zanahoria y cebolla, también cultivos forrajeros como cebada, avena, trigo y alfalfa, debido a que en la zona presenta una vocación pecuaria en la crianza de vacunos, ovinos y camélidos en su mayoría.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Materiales.

5.1.1. Materiales de campo.

- Tractor e implementos.
- Palas, picotas, azadones, carretillas y rastrillos.
- Cinta métrica.
- Estacas, pitas, letreros de identificación.
- Marbetes.
- Caballetes de madera.
- Carpas.
- Turril de 100 lt. de capacidad, baldes y recipientes de preparación.
- Mochila de aspersión (20 lt.), guantes de goma, mascarilla de protección y overol.
- Tijeras de podar.
- Alambre tejido.
- Planillas de registro.
- Regla milimetrada (60 cm).
- Balanza de precisión.

5.1.2. Material de gabinete.

- Computadora.
- Disquetes.
- Cámara fotográfica.
- Grapadora.
- Hojas bond.
- Hojas de registro.
- Marcadores.
- Sobres de papel.

5.1.3. Material de laboratorio.

- Balanza de precisión.
- Probetas.
- Pipetas.
- Tamiz.

5.1.4. Material vegetal.

Las variedades de ajo que se utilizaron para el ensayo experimental fueron:

Variedades	Color de cutícula de diente
- Rosada	Procedencia Oficina Regional de Semillas Potosí
- Tarijeña	Procedencia Oficina Regional de Semillas Potosí
- Morada	Procedencia Oficina Regional de Semillas Potosí

5.1.5. Material de fertilización.

- ⊙ Fertilizante granular químico Triple 15 (130 Kg/ha).
- ⊙ Fertilizante foliar químico Bayfolan (2,08 lt/ha)
- ⊙ Fertilizante foliar orgánico Té de estiércol (gallinaza + ovino) (277 lt/ha)

5.1.6. Material de prevención.

Benlate (Fungicida), Karate (insecticida) y gomax (adherente)

5.2. Metodología.

5.2.1. Procedimiento experimental.

5.2.1.1. Preparación del terreno.

La preparación del terreno se realizó en cuatro meses antes de la siembra; ubicando la zona adecuada, arreglando los rompevientos de piedra que están al rededor del terreno, como también limpiando los canales de riego. Luego con la ayuda de un tractor y un arado de disco se realizó el barbechado (volteo de tierra), para enterrar los rastros de cultivos anteriores, como también eliminar malezas, así de este modo matar las plagas y controlar las enfermedades. Posteriormente dos meses antes de la siembra se realizó el cruzado del terreno con tractor, esto para romper los terrones y así facilitar la mejor circulación del aire. La nivelación del terreno se realizó un mes antes de la siembra, donde se realizó la incorporación de materia orgánica (estiércol de ovino), en una proporción de 1.300 Kg/Ha. esto para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo de ensayo.

5.2.1.2. Preparación de parcelas experimentales.

Luego de hacer un muestreo de suelo para el análisis del mismo, se demarco y estableció primero los bloques, luego las unidades experimentales donde se asigno un tratamiento al azar.

5.2.2. Procedimiento de campo.

5.2.2.1. Selección de semilla.

La semilla utilizada es de categoría certificada, pudiendo identificarse cada variedad mediante sus catafilas del bulbo, luego se procedió al desgrane en forma manual, para después seleccionar los dientes (semilla) que sean uniformes, grandes, frescas, sanas y bien conservadas, se descartan los dientes del centro ya que son pequeñas y aplastadas que están formadas por dos o tres dientes soldados entre si.

5.2.2.2. Tratamiento de semilla.

Se realizo con un fungicida preventivo Benlate, mediante inmersión en dosis de 40 gr/50 lt. de agua, con un tiempo de inmersión de 10 horas para todas las variedades según Sánchez (2002).

Se desinfecto la semilla, colocando en mallas de tipo red, luego sumergir la semilla en la solución desinfectante y durante el tiempo anteriormente mencionado y luego se deja secar a la sombra antes de proceder con la siembra. El propósito de la desinfección de las semillas es evitar durante el periodo de brotación y crecimiento vegetativo, la pudrición y muerte de las plántulas recién nacidas.

5.2.2.3. Siembra.

La siembra se realizo con la apertura de surcos a 30cm. de distancia entre si, labor que se ejecuta en forma manual (chontilla), posteriormente se coloca los

dientes o bulbillos en una posición vertical (corona en la parte interior y el ápice en la parte superior), a una profundidad de 4 a 5 cm con una densidad de siembra de 900 kg/ha, y una distancia de 15 cm entre dientes, es decir se utilizo 27 dientes-semilla por surco, haciéndose un total de 342 dientes-semilla/12 surcos distribuidos en cada Unidad Experimental.

5.2.2.4. Preparación y Aplicación de Fertilizantes.

a) Aplicación de fertilizante químico Triple 15.

La aplicación se lo realizo en el momento de la siembra y se coloco a todas las unidades experimentales correspondientes a este tratamiento en una dosis de 130 kg/ha,

b) Aplicación de fertilizante químico foliar Bayfolan.

La aplicación fue foliar, se lo realizo un mes después de la emergencia de la plántula, para esta actividad se utilizo una mochila de aspersión, con una dosis de 2,08 lt/ha (15ml/20 lt. de H₂O y 10 ml. de adherente gomax). Se realizaron tres aplicaciones cada 15 días.

c) Preparación y aplicación del fertilizante orgánico (Té de Estiércol).

El Té de Estiércol se prepara de una forma sencilla; para esto se llena un costal con 15 Kg. de estiércol de ovino y 5 Kg. de estiércol de gallina (gallinaza), esto se amarra en una de sus puntas; seguidamente se sumerge el costal con el estiércol en un tanque con capacidad de 100 litros de agua, se tapa la boca con un plástico, y se deja fermentar durante dos semanas. Se saca el costal y de esta manera él Té de estiércol esta listo.

Para la aplicación, debe diluirse 4 litros del te de estiércol con 16 litros de agua fresca y limpia, mezclando con 10 ml. de gomax. Luego colocar en la mochila de aspersión, se aplica 30 días después de la emergencia de la plántula cada 15 días por tres ocasiones.

Se utilizo dos de los más recomendados abonos orgánicos de origen animal (anexo 5) ovino y gallinaza, por las características que estas presentan en su composición química.

La aplicación de Bayfolan y Té de estiércol se lo realiza utilizando el material de seguridad adecuado (guantes de goma, mascara de protección, sombrero, etc.) y observando las condiciones climáticas óptimas.

5.2.2.5. Labores culturales.

a) Deshierbe

El ajo es un cultivo que se defiende mal de las malezas, principalmente durante la primera etapa de su crecimiento. El deshierbe se lo realiza de forma manual, cuatro veces en total (cada 30 días), arrancando y destruyendo las plantas de otros cultivos como también las malezas en crecimiento.

Las malezas que se presentaron en el cultivo fueron:

- Quinoa silvestre (*Chenopodium sp.*)
- Cebada forrajera (*Ordium vulgare*)
- Kikuyo (*Pennesetum clandestinum*)
- Cola de zorro (*Setaria sp.*)
- Muni-muni (*Bidens andicale*)
- Wira-wira (*Achirocline*).

b) Riego

El método de riego utilizado fue por surcos, suministrando a la plantación un total de catorce riegos en todo el ciclo fisiológico de la planta. Es decir, se hizo el riego frecuentemente, para que exista humedad constante en el suelo, y de esa

manera evitamos anegamientos a la vez de evitar el ataque de hongos como *Fusarium*, el riego fue suprimido dos semanas antes de la cosecha.

c) Aporque

Esta practica fue realizada en dos ocasiones; la primera cuando las plantas en su mayoría llegaron a los 10 a 15 cm. de altura (2 - 5 hojas) y la segunda cuando las plantas presentaron (5 -7 hojas), durante la formación del bulbo. Los materiales utilizados fueron manuales con picotas teniendo cuidado de no dañar las raicillas del bulbo.

d) Eliminación de escapos florales

Es normal que el tallo emita un tallo floral, chiflote o canuto, varias semanas ante de la cosecha. Este se suprimió antes de que se endurezca y mientras tenga elasticidad, se realizo el corte de forma manual doblando con los dedos y arrancándolo, se realiza esto en tres oportunidades con un intervalo de 10 días desde que aparece el escapo floral. Es de notar que no todas las variedades emiten este escapo floral.

e) Control de enfermedades

Los controles fitosanitarios efectuados en las unidades experimentales se realizaron después de la brotación y estuvieron dirigidas a controlar hongos e insectos.

Se presentaron incidencias mínimas esto por el uso de semilla certificada y por ser un cultivo poco común en la región, se presentaron dos patógenos (*Alternaria porri* y *Helminthosporium alli campanille*),

La mancha púrpura causada por el hongo *Alternaría porri*, se presento en las tres variedades siendo la misma un ataque leve. Los síntomas de la *alternaría porri* fueron: Mancha blanca húmeda y hundida, aparece en el limbo de la hoja de coloración púrpura, son círculos concéntricos de color oscuro. En el bulbo se presenta como una pudrición semi - acuosa, empezando por el cuello de color amarillo - rojizo.

También se presento la Carbonilla o cabeza negra causado por el hongo *Helminthosporium alli campanille* con un ataque leve en las tres variedades. Los síntomas de *Helminthosporium alli campanille* fueron; El hongo cubre las hojas envolventes de los dientes y del bulbo con desarrollo de micelio y abundante formación de esporas. Debilitamiento y Clorosis con las hojas basales amarillentas.

El control químico realizado para ambas enfermedades fue la siguiente:

Para el control de *Alternaría porri* y *Helminthosporium alli campanille* se empleo Ridomil en una dosis de 40 gr/50 lt. de agua. Solo se realizo dos aplicaciones debido a que el ataque fue leve.

5.2.2.6. Cosecha.

El bulbo esta maduro más o menos después del descanutado, cuando las hojas se amarillean y se secan.

Faltando quince días para la cosecha se suspendió el riego. La cosecha se realizo de forma manual con ayuda de picotas evitando daños a los bulbos de las tres variedades Rosada, Morada y Rosada Tarijeña, esta actividad se realizo a los 180 días de la siembra.

Las plantas marcadas o marbeteadas fueron amarradas en grupos e identificándolas posteriormente.

5.2.2.7. Manejo post – cosecha.

a) Oreado.

Después de la cosecha, el ajo fue expuesto al sol por pocas horas, esto facilito quitar la tierra adherida al bulbo y se realizo en un lugar seco.

b) Curado

Etapa posterior a la cosecha, se realizo el curado, esto para completar el secado logrando provocar la deshidratación de las hojas envoltentes (catafilas) y hojas aéreas.

El proceso del curado se realizo sobre caballete en semi - sombra, durante 30 días después de la cosecha. Al final de este proceso se verifico el producto (bulbo), si presentaba olores extraños los cuales pueden ser causados por hongos y bacterias, finalmente el producto comercial adquiere un color típico de la variedad.

c) Desmoche

Después de finalizado el curado se realiza el faeneado o corte de las hojas cuando están secas y presentan un color pajizo, el corte se hizo cuando el tallo estaba de color blanco o café claro y a un dedo (1 a 1,5 cm) del bulbo. También la raíz se corta al ras con una tijera de podar de manera fina, esto para sacar o limpiar la primera capa o túnica y que así quede limpia y blanca. Esta labor cultural de post cosecha se realizo manualmente con ayuda de tijera de podar.

5.2.2.8. Almacenamiento.

El almacenamiento se realizó en un ambiente seco, con muy poca luz, aireado y sobre tarimas de madera de dos metros cuadrados para evitar pudriciones.

5.2.3. Diseño experimental.

Para este ensayo se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, donde se tuvieron doce tratamientos y tres repeticiones. Calzada (1982).

5.2.3.1. Modelo lineal aditivo.

Según Calzada (1982), el presente ensayo experimental, se basó en el análisis estadístico bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \epsilon_{rik} + \beta_j + (\alpha \times \beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk}	= Observación cualquiera
μ	= Constante común o media poblacional
β_k	= Efecto de k-esima bloque
α_i	= Efecto de la i-esima nivel del factor A
ϵ_{rik}	= Error de parcelas (error para la parcela mayor)
β_j	= Efecto de la j-esima nivel del factor B
$(\alpha \times \beta)_{ij}$	= Efecto de la interacción del i'-esimo nivel del factor A con el j-esimo nivel del factor B.
ϵ_{ijk}	= Error de sub parcelas (error para la parcela menor).

5.2.3.2. Factores.

Factor A = Fertilización química y orgánica	Factor B = Variedades de ajo
a1= Testigo	b1= Rosada
a2= Fertilizante químico triple 15	b2= Morado
a3= Fertilizante químico foliar Bayfolan	b3= Tarijeña
a4= Fertilizante orgánico Te de estiércol	

Los tratamientos o combinaciones se presentan en el siguiente Cuadro 5.

Cuadro 5
Asignación de Tratamientos

Factor B Variedades	Factor A Fertilización							
	Testigo a1		Fert. Triple 15 a2		Fert. Bayfolan a3		Fert. Te/ Estier a4	
Rosada b1	a1	b1	a2	b1	a3	b1	a4	b1
Morado b2	a1	b2	a2	b2	a3	b2	a4	b2
Rosada Tarijeña. b3	a1	b3	a2	b3	a3	b3	a4	b3

5.2.3.3. Características del campo experimental.

• Ancho de la unidad experimental	:4 m.
• Largo de la unidad experimental	:4 m.
• Distancia entre surcos	:0.30 m.
• Distancia entre dientes	:0.15 m.
• Área de cada unidad experimental	:16 m ² .
• Área de cada bloque	:192 m ² .
• Área del campo experimental	:576 m ² .
• Numero de U.E. / Bloque	:12 unidades.
• Numero total de U.E.	:26 unidades.

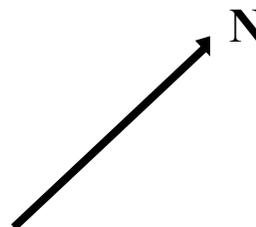
Figura 3
Croquis de distribución de tratamientos

TE DE ESTIERCOL			BAYFOLAN			TESTIGO			TRIPLE 15		
V1	V3	V2	V1	V2	V3	V3	V2	V1	V3	V1	V2
TRIPLE 15			TESTIGO			TE DE ESTIERCOL			BAYFOLAN		
V3	V2	V1	V3	V1	V2	V1	V3	V2	V2	V3	V1
TESTIGO			TRIPLE 15			BAYFOLAN			TE DE ESTIERCOL		
V2	V1	V3	V2	V3	V1	V2	V1	V3	V1	V2	V3

V1= ROSADA

V2= MORADA

V3= ROSADA TARIJEÑA



5.2.5. Variables de respuestas.

5.2.5.1. Características del comportamiento fenológico del cultivo.

Las evaluaciones o lecturas de los datos registrados durante todo el desarrollo vegetativo del cultivo fueron periódicas cada 15 días a partir de la siembra. Para tal efecto se realizó un marcado o marbeteado de las plantas con 10 muestras por tratamiento para la evaluación.

Todas las respuestas obtenidas de las fases fenológicas del cultivo fueron registradas en planillas donde se realizó el seguimiento y desarrollo de cada variedad.

5.2.5.2. Características agronómicas.

a) Brotación (%B)

Esta fase abarca desde la fecha de siembra hasta la formación de las primeras hojas verdaderas de cada planta, (cuando más del 50 % de las plantas emergen a la superficie del terreno), se lo realizó por unidad experimental expresándose en días.

b) Altura de la Planta (AP).

Con esta variable se tomó en cuenta la longitud que existe desde el cuello de la planta hasta la parte superior de la planta, se tomaron los datos de altura de la planta en cada una de las fases fenológicas expresado en centímetros tomando un muestreo de 10 plantas por unidad experimental.

c) Numero de Hojas (NH).

Se contó el número total de hojas por plantas de cada unidad experimental

d) Diámetro de Cuello de Planta (DCP).

Se realizo el mismo con ayuda de un calibrador metálico (vernier o pie de gallo), la unidad de medida fue en centímetros.

e) Diámetro de Bulbo (DB).

Esto se realizo luego de la cosecha, se procedió a medir el diámetro del bulbo de cada planta en la parte central con ayuda de un calibrador metálico (vernier o pie-de gallo), la unidad de medida fue en centímetro.

f) Peso de Bulbo Seco (PBS).

Luego del peso total se procedió a pesar el bulbo de cada planta marbeteada, después del curado y desmoche es decir, solo al bulbo sin la presencia de hojas, expresado en gramos.

g) Numero de Dientes por Bulbo (ND/B).

Es el promedio de dientes de cada bulbo, fue realizado en 10 plantas marbeteadas por unidad experimental.

5.2.6. Determinación del Rendimiento de Bulbos (RB).

Para evaluar el rendimiento del bulbo seco de ajo, se peso luego del curado obteniéndose un peso total por tratamiento, los resultados fueron expresados en Tn/ha.

5.2.7. Análisis económico.

Para el análisis económico del cultivo se utilizó el método propuesto por CIMMYT (1988), el cual se basa en un análisis para todos los tratamientos. Por lo cual es necesario realizar el análisis económico tomando en cuenta los costos de producción y beneficio neto. Para tal efecto, se consideró el precio de la semilla que se trajo de Potosí y el precio en diferentes mercados de la ciudad.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

6.1. Comportamiento fenológico del cultivo.

El ajo cuya denominación científica es *Allium sativum* L. en su proceso de desarrollo, desde la brotación hasta su madurez fisiológica, tuvo una media de 176 días. Donde se observo un alto porcentaje de brotación por el uso de bulbillos o dientes certificados.

a) Periodo de brotación.

Presento una media de 14 días en las diferentes variedades en estudio. Donde se evidencian dos periodos: La primera, es la brotación de la primera hoja a los 8 días. El segundo periodo, se tiene la presencia del primer par de hojas verdaderas a los 9 días. Finaliza la etapa en el lapso de 14 días.

b) Periodo vegetativo.

Durante el periodo vegetativo, desde el inicio hasta el final del mismo tuvo, una duración de 85 días promedio, observándose que las plantas alcanzaron su máxima expresión de crecimiento aéreo 39.87 cm de altura y el numero de hojas fue de 7.06. También indicar que en este periodo vegetativo se tuvieron los mayores cuidados en cuanto al manejo, por ser esta receptiva a los factores medio ambientales y en esta etapa de crecimiento del bulbo es escaso

c) Periodo de bulbificación.

El periodo de bulbificación tuvo una duración de 44 días en promedio, la misma se caracterizo por la reducción del crecimiento aéreo o foliar (amarillamiento). Al inicio de este periodo se evidencia la nueva formación de

los dientes del bulbo. Este fenómeno coincide con el máximo crecimiento foliar, donde el contenido de nutrientes en la parte aérea es máximo y en cambio en el bulbo disminuye progresivamente. Al finalizar el periodo de bulbificación, se observa el llenado del bulbo, que se caracteriza por un marcado incremento del peso y crecimiento del mismo con relación a la parte aérea. Este comportamiento es debido al traslado de nutrientes de la parte aérea al bulbo.

d) Periodo de maduración.

El periodo de maduración, finaliza cuando las hojas terminales comienzan a secarse (amarillamiento), las hojas pierden el porte erecto comenzándose a doblar hacia el suelo y el diente empieza a separarse entre si en el interior del bulbo, este periodo se cumplió en el lapso de 33 días en promedio.

6.2. Características de las tres variedades.

Para ofrecer una descripción clara del comportamiento de las tres variedades durante el proceso de la investigación, observamos que las variedades no mostraron diferencias significativas en varios cambios visibles externos (fonología), exceptuando a la variedad Rosada Tarijeña la cual presento precocidad en la emisión de escapos florales, esta diferencia es resultado de la variabilidad genética de cada variedad y la adaptación al medio ambiente.

En el (cuadro 6), se muestra una descripción general de las características propias de las variedades basándose en criterios: morfológicos, fisiológicos, manejo, calidad y fenológicos.

CUADRO 6
Características observadas en las tres variedades en estudio

CARACTERÍSTICAS	VARIETADES		
	Rosada	Morada	Rosada Tarijeña
Morfológicas:			
Habito de crecimiento	Planta erecta	Planta erecta	Planta semirrecta
Color de Cutícula de bulbo	Color Rosada	Rojo violeta – Morado	Rojizo – morado
Color de cutícula de diente	Rosada palido a intenso	Violeta morado	Rojizo - morado
Tamaño del bulbo	Medianos a grandes	Medianos	Pequeños y medianos
Conformación del bulbo	Uniforme globoso – Periforme	Ligeramente periforme	Uniforme redondo
Disposición de los dientes	Simétrica	Simétrica	Simétrica
Numero de bulbillos o dientes	Promedio de 12 dientes	Promedio de 10 a 12 dientes	Promedio de 10 dientes
Ancho y color de hoja	Intermedio verde - Intenso	Intermedio verde – Intenso	Intermedio angosto – verde claro
Tamaño del tallo	Medianos	Medianos	Largos
Fisiológicas:			
Escapo final	Si	Si	Si
Manejo y calidad:			
Resistencia al desgrane	Si	Si	Si
Resistencia al transporte	Si	Si	Si
Tolerancia a la guarda	Si	Si	Si
Calidad comercial	Aceptable (Sabor Fuerte)	Aceptable (Sabor fuerte)	Aceptable (sabor muy fuerte)
Fenológicas:			
Brotación	14 días	14 días	14 días
Crecimiento vegetativo	81 días	90 días	85 días
Bulbificación	46 días	46 días	40 días
Maduración	38 días	29 días	32 días
Ciclo vegetativo	175 días	181 días	170 días

Fuente: Elaboración propia en base a la Fundación Bolivia Exporta (1995).

6.3. Características agronómicas.

6.3.1. Brotación (%B)

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 7) para la variable brotación, nos muestra que el coeficiente de variación para esta variable es de 3.88%, por lo cual se considera que los datos experimentales para el porcentaje de brotación son confiables y es aceptable para una investigación agrícola.

No se observan diferencias estadísticas entre las variedades, pero se aprecia diferencias estadísticas entre los tratamientos de fertilización en la variable de porcentaje de brotación, también se observa que el efecto de la interacción Ferti*Var no presenta significancia estadística, lo que significa que estos dos factores son independientes en el porcentaje de brotación.

Cuadro 7
ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG
BLO	2	4.361	2.180	2.52	0.1122	NS
FERTI	3	18.656	6.219	7.17	0.0029	*
Error A	6	10.305	1.718	1.98		
VAR	2	2.433	1.217	1.40	0.2743	NS
FERTI *VAR	6	2.696	0.449	0.52	0.7861	NS
Error B	16	13.868	0.86			
Total	35	52.319				

C.V. 3.88%

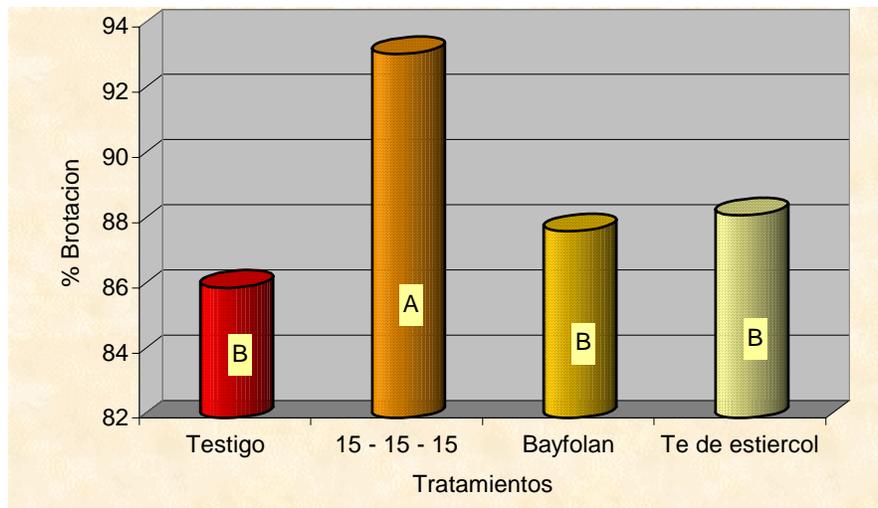
A través de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, para la variable brotación, en las variedades no se observaron diferencias estadísticas obteniéndose promedios de 89.86 %, 88.9 % y 87.5 % en la Rosada, Morada y Tarijeña respectivamente.

Las diferencias encontradas en el uso de fertilizantes respecto a este carácter poseen un comportamiento diferente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (figura 4), donde se aprecia que el uso del fertilizante Triple 15 alcanzo un promedio mayor de porcentaje de brotación con 93.2%, presentando

significancia con respecto al Té de Estiércol, Bayfolan y Testigo con porcentajes promedios inferiores de 88.2 %, 87.7% y 86.0 % respectivamente.

Esto se debería fundamentalmente a la aplicación del fertilizante Triple 15, que se realizó en el mismo momento de la siembra (junto a la semilla), la aplicación tuvo que intervenir para que exista así una diferencia respecto al Testigo, Bayfolan y Té de Estiércol porque en las demás unidades experimentales no se realizó ninguna aplicación de fertilizantes.

Figura 4
Brotación bajo diferentes fertilizantes



6.3.2. Altura de planta (AP).

El análisis de varianza (cuadro 8), para la variable altura de planta durante su mayor desarrollo y crecimiento foliar. El coeficiente de variabilidad obtenido fue de 4.39 %, por ello se considera que los datos experimentales para el porcentaje de altura de planta son confiables ya que este coeficiente se encuentra dentro del grado de confiabilidad para una investigación agrícola. En este carácter se observa diferencias estadísticas tanto entre las variedades como entre los tratamientos de fertilización, en cambio para las interacciones de Ferti*Var no hay diferencia estadística, lo que significa que estos dos factores son independientes para la altura de la planta.

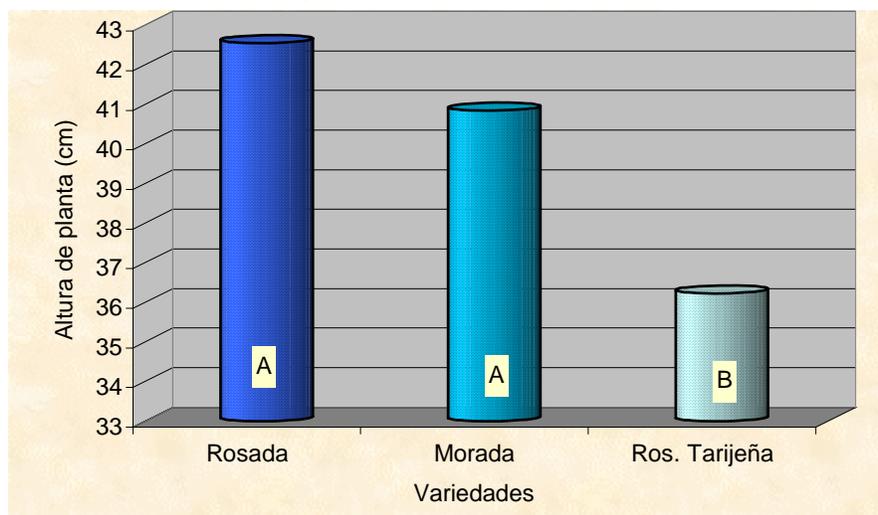
Cuadro 8
ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG
BLO	2	31.198	15.599	5.10	0.119	NS
FERTI	3	38.803	12.934	4.23	0.022	*
Error A	6	5.276	0.879	0.29	0.934	
VAR	2	256.552	128.276	41.91	0.0001	*
FERTI *VAR	6	26.711	4.452	1.45	0.255	NS
Error B	16	48.969	3.060			
Total	35	407.510				

C.V. 4.39 %

La (figura 5), muestra la prueba Tukey al 5 % de probabilidad para el carácter altura de planta, se observo dos grupos diferentes para este carácter, se observa una similitud en las variedades Rosada y Morada, alcanzando una altura mayor promedio de 42.55 cm. 40.84 cm. respectivamente, con respecto a la Rosada Tarijeña que presento una altura menor promedio de 36.23 cm. estas diferencias son atribuidas por la condiciones climáticas de la zona y principalmente a la adaptación de la variedad a las características del lugar, también es atribuible a las características genéticas que en interacción con el medio ambiente manifiestan comportamientos diferentes.

Figura 5
Altura de planta de las tres variedades.

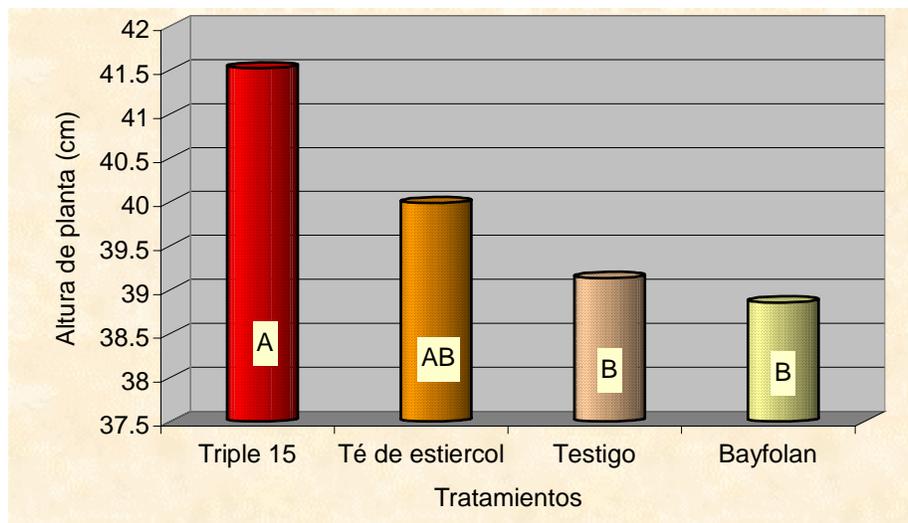


En la Figura 6, muestra la prueba de Tukey al 5 % de significancia, nos indica que poseen un comportamiento distinto, donde se aprecia que los

tratamientos de fertilizante Triple 15 presento una altura mayor promedio de 41.52 cm. respecto al Testigo y Bayfolan con un promedio de menor de 39.13 y 38.86 cm respectivamente, en cuanto al uso de Té de Estiércol presento un efecto intermedio sobre esta variable con una altura promedio de 39.99cm.

Estos resultados nos indican que el fertilizante que logro mayor eficiencia fue el Triple 15, se puede deducir que la aplicación de este fertilizante junto al diente (semilla), en el momento de la siembra, fortaleció el desarrollo de la planta, porque los nutrientes estuvieron más disponibles para la planta lo que no ocurrió con los otros fertilizantes ni con el Testigo.

Figura 6
Altura de planta bajo diferentes fertilizantes.



6.3.3. Numero de hojas (NH).

Efectuando el análisis de varianza (Cuadro 9), para la variable número de hojas, el coeficiente de variación para esta variable de evaluación fue de 4.31 %, el cual se encuentra dentro los parámetros estadísticos de aceptación en investigación agrícola. No existen diferencias estadísticas entre fertilizantes ni en la interacción Ferti*Var, pero si presenta significancia entre variedades lo que significa que este factor es independiente para el numero de hojas.

Cuadro 9 ANALISIS DE VARIANZA

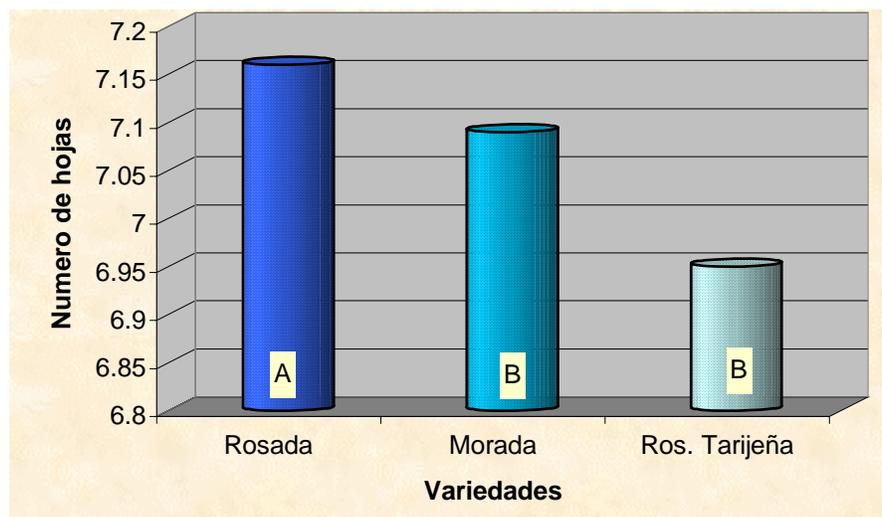
FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG
BLO	2	0.014	0.007	0.08	0.9274	NS
FERTI	3	0.735	0.245	2.64	0.084	NS
Error A	6	0.259	0.129			
Var	2	0.773	0.129	1.39	0.0027	*
FERTI *VAR	6	0.3834	0.064	0.69	0.6607	NS
Error B	16	1.4834	0.093			
Total	35	3.6476				

C.V. 4.31 %

Respecto al carácter número de hojas de planta entre variedades (figura 7), según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, donde se aprecia que la variedad Rosada presentó un número mayor promedio de hojas de 7.16, a comparación de las variedades Morada y Rosada Tarijeña que presentaron un número menor de hojas promedio de 7.09 y 6.96 respectivamente, se puede afirmar que esta variable está fuertemente influenciado por los factores de carácter genético fisiológico y nutrientes del suelo en combinación con las condiciones climáticas de la región.

Zabala y Ojeda (1988), afirman que el mayor número de hojas que se forman se produce en el periodo de crecimiento.

Figura 7
Número de hojas de las tres variedades.



6.3.4. Diámetro de cuello de planta (DCP).

Efectuando el análisis de varianza para el carácter diámetro de cuello de planta (cuadro 10), el coeficiente de varianza obtenido alcanzo a 4.68 % por ello se considera que los datos experimentales son confiables. Se observo diferencias estadísticas entre las variedades y tratamientos con fertilizantes, lo que demuestra que la influencia y el comportamiento es diferente entre el tratamiento con fertilizante y variedad. La interacción del el efecto de la interacción Ferti*Var no presenta significación estadística.

Cuadro 10
ANALISIS DE VARIANZA

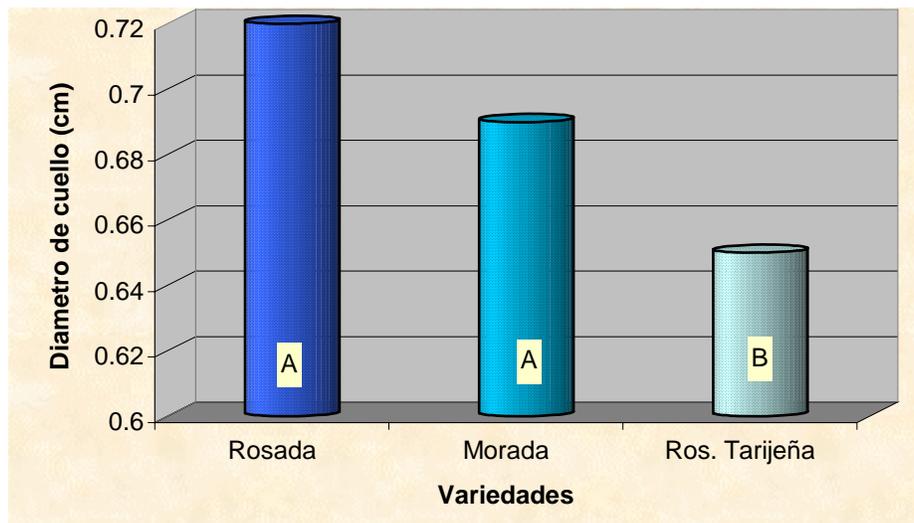
FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG
BLO	2	0.003	0.001	1.34	0.2898	NS
FERTI	3	0.026	0.009	8.23	0.0015	*
Error A	6	0.005	0.001			
VAR	2	0.030	0.015	14.60	0.0002	*
FERTI *VAR	6	0.005	0.001	0.84	0.5604	NS
Error B	16	0.017	0.001			
Total	35	0.086				

C.V. 4.68 %

A través de la prueba de Tukey 5 % de probabilidad (figura 8), para el carácter diámetro de cuello de planta en variedades, no se observan diferencias estadísticas entre las variedades Rosada y Morada, presentando un diámetro promedio mayor de 0.72 y 0.69 cm respectivamente; con respecto a la variedad Rosada tarijeña que presento un diámetro menor con un promedio de 0.65 cm. Se asume que las variaciones se deben al potencial genético, a la adaptación de las variedades al medio ambiente.

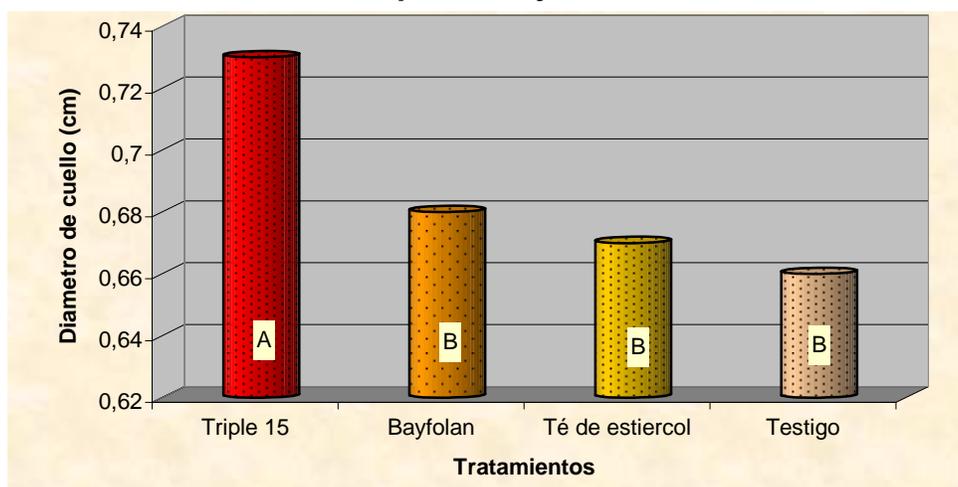
Al respecto Ramírez (1993), menciona que el cuello de la planta varía entre variedad y tiene relación directa con la calidad del bulbo y el tamaño de diente.

Figura 8
Diámetro de cuello de planta de las tres variedades.



La prueba de Tukey al 5 %, para diámetro de cuello de planta (figura 9) se observa que el fertilizante Triple 15 presenta un promedio mayor de diámetro con 0.73 cm. en comparación a los tratamientos de Bayfolan, Té de Estiércol y Testigo que presentaron promedios menores de 0.68, 0.67 y 0.66 cm respectivamente. Los resultados obtenidos nos indican que el tratamiento con el fertilizante Triple 15, fortalece el desarrollo de las plantas obteniéndose un mayor diámetro de cuello de planta respecto a los demás tratamientos, como también sucede en la altura de planta y el número de hojas.

Figura 9
Diámetro de cuello de planta bajo diferentes fertilizantes.



6.3.5. Diámetro de bulbo (DB)

Observando el análisis de varianza (cuadro 11), para el carácter diámetro de bulbo, el coeficiente de variabilidad es de 11.69 %, el cual se encuentra dentro el grado de confiabilidad de los datos registrados y del manejo de experimento. Para este carácter existen diferencias estadísticas entre las variedades y tratamientos de fertilizantes, en cuanto a la interacción Ferti*Var no presenta significancia estadística lo que significa que estos dos factores son independientes para el carácter Numero de Hojas.

Cuadro 11
ANALISIS DE VARIANZA

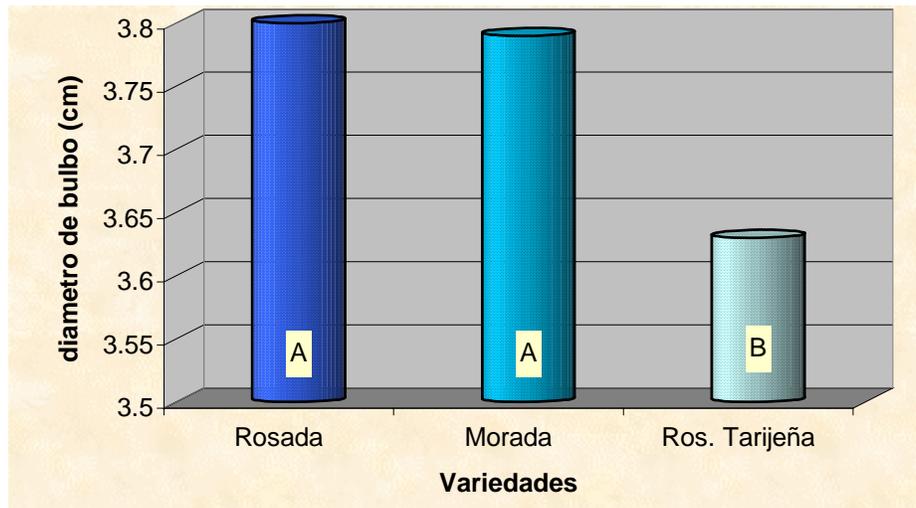
FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG
BLQ	2	0.705	0.352	1.84	0.1908	NS
FERTI	3	0.784	0.261	1.37	0.0089	*
Error A	6	0.388	0.065			
VAR	2	0.232	0.116	0.61	0.0055	*
FERTI *VAR	6	0.236	0.039	0.21	0.9700	NS
Error B	16	3.062	0.191			
Total	35	5.407				

C.V. 11.68 %

Al analizar las comparaciones de Tukey al 5 % de probabilidad (figura 10), para el carácter diámetro de bulbo en variedades, se observa que las variedades Rosada y Morada presentan un comportamiento similar, obteniéndose un mayor diámetro de bulbo con promedios de 3.81 y 3.79 cm respectivamente, con respecto a la variedad Rosada Tarijeña que presento un promedio menor de 3.63 cm. Se asume que estas variaciones fueron por factores genético, la adaptación al medio ambiente, edáfico y comportamiento morfológico de las variedades.

Mascarenhas, citado por Ramírez (1993), afirma que el rendimiento que determina la calidad del bulbo, es el diámetro de bulbo y que esta en relación al suelo, condiciones agroecológicas, variedades y zona de producción.

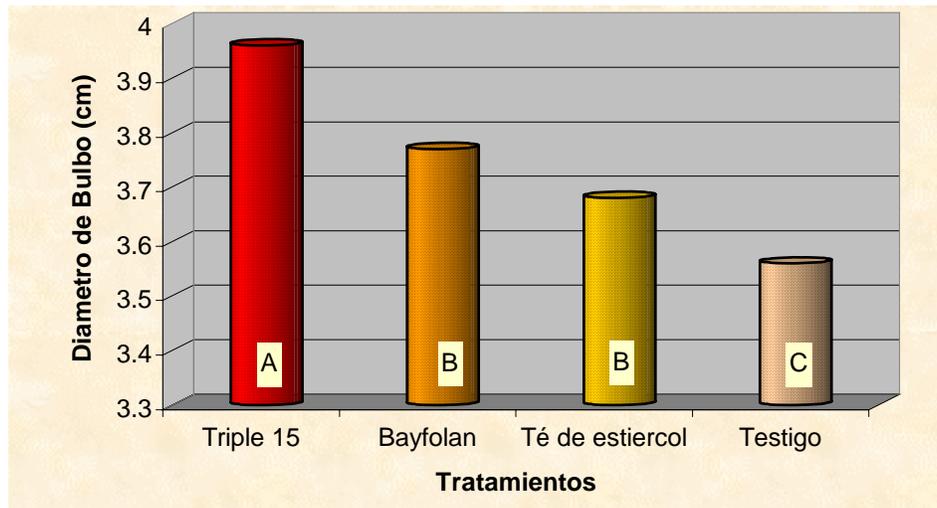
Figura 10
Diámetro de bulbo de las tres variedades.



Mediante las comparaciones de Tukey al 5% de probabilidad (figura 11), muestra una variación significativa entre los tratamientos de fertilizantes, donde con la aplicación de Triple 15, se llegó a obtener un mayor diámetro de bulbo de 3.96 cm, mostrando una diferencia con respecto al Testigo donde alcanzo un diámetro menor de 3.56 cm, y aplicando Bayfolan y el Té de Estiércol no tuvieron diferencias estadísticas significativas y alcanzaron un diámetro intermedio de 3.77 y 3.68 cm respectivamente. Se asume que esta variaciones fueron por el tipo de fertilizante como también a la forma de aplicación, donde el fertilizante Triple 15 que fue aplicado el momento de la siembra, el mismo que fortaleció a las condiciones nutritivas del suelo y fácil absorción de las plantas.

Según el INCE (1980), menciona que el ajo responde bien a la aplicación de fertilizantes químicos y recomienda una aplicación en el momento de la siembra para garantizar un mayor follaje y rendimiento.

Figura 11
Diámetro de bulbo bajo diferentes fertilizantes.



6.3.6. Peso de bulbo seco (PBS).

Realizando el análisis de varianza para el carácter peso de bulbo (cuadro 12). El coeficiente de variación para esta variable de respuesta es 17.65 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos por encontrarse dentro del grado de confiabilidad para el manejo del experimento. Se observa que existen diferencias estadísticas entre las variedades y entre los tratamiento de fertilización para Peso de Bulbo Seco. Con respecto a la interacción Ferti*Var se observa que no presenta significación estadística, lo que significa que estos dos factores son independientes.

Cuadro N° 12
ANALISIS DE VARIANZA

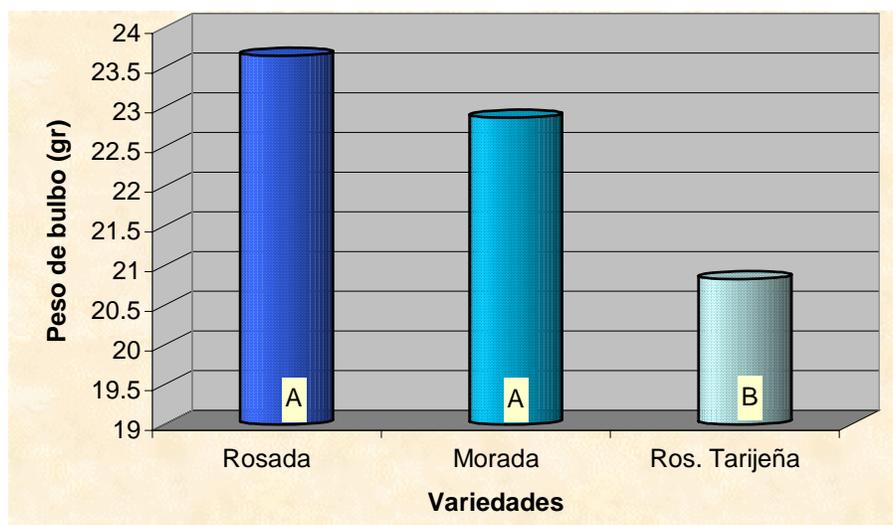
FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG
BLO	2	73.329	36.664	2.34	0.1287	NS
FERTI	3	170.966	56.989	3.63	0.0359	*
Error A	6	52.156	8.693			
VAR	2	50.625	25.312	1.61	0.0300	*
FERTI *VAR	6	150.088	25.017	1.59	0.2125	NS
Error B	16	251.045	15.688			
Total	35	748.179				

C.V. 17.65 %

Efectuando la prueba Tukey al 5 % de probabilidad para el carácter peso de bulbo seco variedad (figura 12), se observa diferencias estadísticas entre las variedades, respecto a la variable peso del bulbo, el cual muestra un comportamiento similar entre las variedades Rosada y Morada con promedio de 23.69 y 22.86 gr respectivamente y donde la variedad Rosada Tarijeña obtuvo el menor peso de bulbo con un promedio de 20.83 gr. La existencia de diferencias entre la variedades presumiblemente sea por el potencial genético, la adaptación del cultivo al medio ambiente, fertilidad de suelo bajo.

Zabala y Ojeda (1988), afirma que el tamaño del bulbo depende de que durante el primer periodo de desarrollo de la planta este tenga un número mayor de hojas.

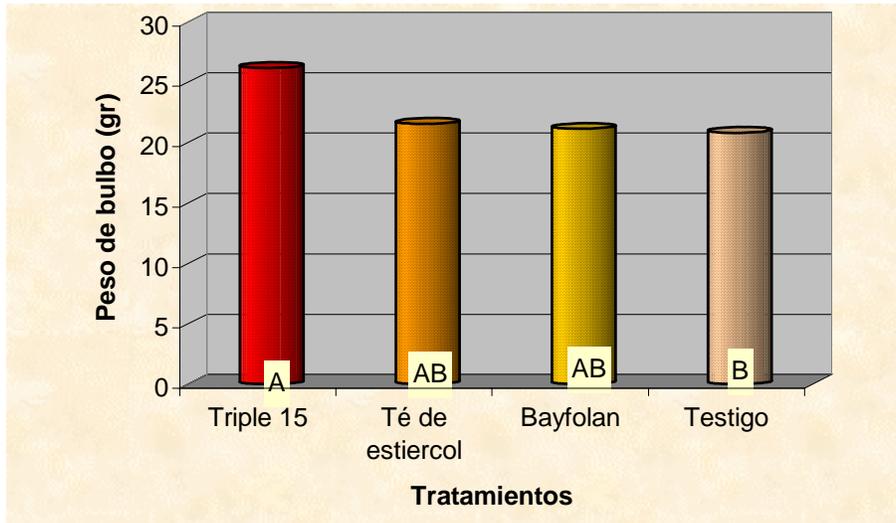
Figura 12
Peso de bulbo de las tres variedades.



De acuerdo a las comparaciones de Tukey al 5 % de probabilidad (figura 13), para la variable de peso de bulbo se observó que la aplicación de el fertilizante Triple 15, obtuvo un peso mayor con un promedio 26.19 gr, con respecto al Testigo que presento un promedio menor de 20.83 gr, con respecto a los tratamientos de fertilizantes con Bayfolan y Té de Estiércol no tienen diferencia significativa obteniéndose un peso de bulbo intermedio con promedios 21.57 gr y 21.18 gr respectivamente. Esta variación se debió a que el fertilizante (Triple 15),

estuvo en contacto más directo con el diente semilla por lo cual absorbió mejor los nutrientes, no así los fertilizantes foliares ni el Testigo.

Figura 13
Peso de bulbo bajo diferentes fertilizantes.



6.3.7 Numero de dientes por bulbos (NDB).

El análisis de varianza para el parámetro número de dientes por bulbo (cuadro 13), se observa que el coeficiente de variación es de 4.11 %, el mismo que determina el grado de confiabilidad de los datos registrados y del manejo del experimento. También se observa diferencias estadísticas solo entre las variedades, con respecto a los tratamientos de fertilización y a la interacción Ferti*Var, no presenta significancia estadística, lo que significa que en el factor variedades es independiente.

Cuadro 13
ANALISIS DE VARIANZA

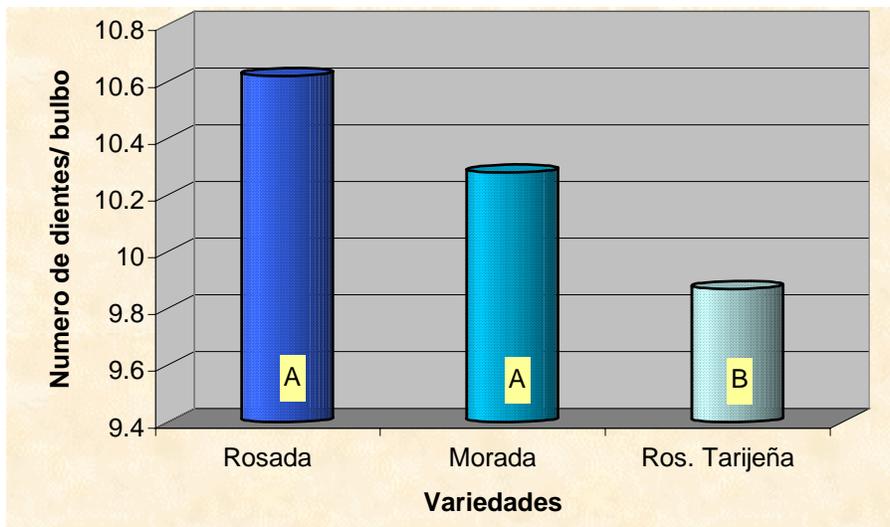
FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG
BLQ	2	2.877	1.439	8.09	0.2337	NS
FERTI	3	9.436	3.145	17.68	0.2345	NS
Error A	6	3.496	0.583			
VAR	2	3.389	1.694	9.52	0.0001	*
FERTI*VAR	6	1.184	0.197	1.11	0.3994	NS
Error B	16	2.847	0.178			
Total	35	23.229				

C.V. 4.11 %

Realizando el análisis de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, para el carácter número de dientes/bulbo (figura 14), se observa que las variedades Rosada y Morada presentan una similitud en el comportamiento de número de dientes obteniéndose un promedio mayor de 10.62 y 10.28 respectivamente, con respecto a la variedad Rosada Tarijeña se observa que presenta un menor número de dientes con un 9.07. Estas diferencias son atribuibles al factor medio ambiental, fotoperiodo, temperatura, humedad del suelo y al factor genético de cada variedad.

Al respecto Vargas (1988), menciona que las diferencias en el número de dientes por bulbo entre los cultivares esta determinado genéticamente.

Figura 14
Número de dientes/bulbo de las tres variedades.



A través de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, para la variable número de dientes/bulbo, en Fertilizantes no se observaron diferencias estadísticas.

6.4 Rendimiento de bulbos en Tn/Ha. (RB).

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 14) para el carácter Rendimiento de Bulbo, el coeficiente de variabilidad obtenido alcanzo 16.90 %, el mismo que se

encuentra dentro el grado de confiabilidad para una investigación agrícola. También se observó diferencias estadísticas entre las variedades y tratamientos de fertilización, con respecto al efecto de la interacción Ferti*Var no presenta significación estadística, lo que significa que estos dos factores son independientes para el Rendimiento de Bulbo.

Cuadro 14
ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG
BLO	2	3.481	1.741	2.92	0.0830	NS
FERTI	3	8.334	2.778	3.21	0.045	*
Error A	6	2.811	0.468			
VAR	2	4.968	2.484	4.17	0.0350	*
FERTI *VAR	6	4.559	0.759	1.27	0.3231	NS
Error B	16	9.541	0.596			
Total	35	33.695				

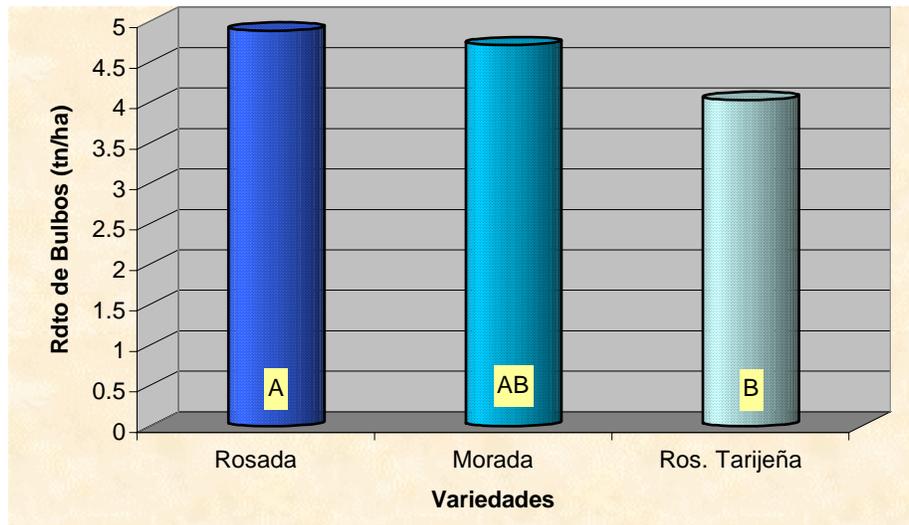
C.V. 16.90 %

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5 % de significancia para las variedades (figura 15), se observa que existe diferencia significativa entre las variedades, obteniéndose un mayor rendimiento en Tn/ha con la variedad Rosada con un promedio de 4.88, con respecto a la variedad Rosada Tarijeña que presentó un rendimiento menor de 4.02 Tn/ha, con respecto a la variedad Morada el comportamiento fue intermedio, obteniéndose un rendimiento promedio de 4.71 Tn/ha. se atribuye estas diferencias a las condiciones climáticas de la zona, carácter morfológico y fisiológico de las variedades.

Al respecto García (1990), menciona que en general que las condiciones climatológicas se constituye en uno de los factores importantes en el desarrollo y formación de los bulbos, considerando que el intervalo de temperatura debe tener un rango de 5 °C y 10 °C que es lo óptimo.

Valadez (1993), afirma que el rendimiento depende de la cantidad de crecimiento vegetativo que alcance la planta antes de formar el bulbo, debido a que las plantas de ajo con poco desarrollo vegetativo en la etapa de crecimiento logran bajos rendimientos y un pobre desarrollo de los bulbos.

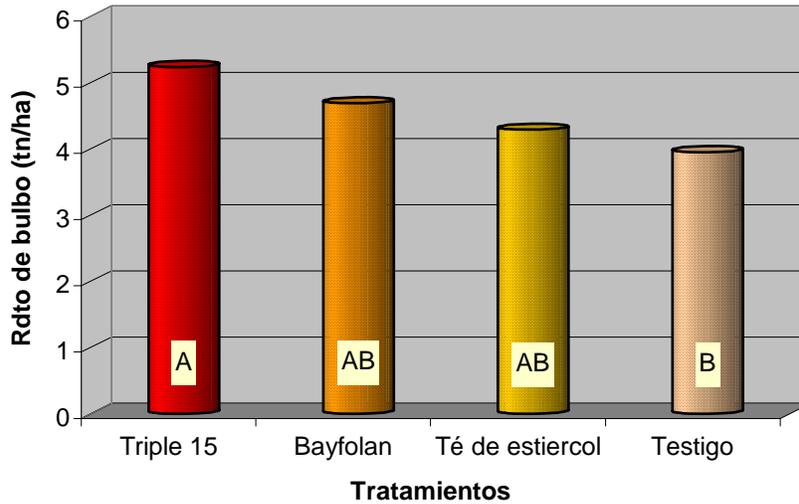
Figura 15
Rendimiento de bulbos de las tres variedades.



De acuerdo a las comparaciones de Tukey al 5 % de probabilidad (Figura 16), se observa que el uso del fertilizante Triple 15, obtuvo un mayor rendimiento en Tn/ha de 5.24 Tn/ha, con comparación del Testigo que obtuvo un rendimiento menor de 3.95 Tn/ha, con respecto a los fertilizantes Bayfolan y Te de Estiércol presentan un comportamiento intermedio con promedios de 4.69 y 4.29 Tn/ha. respectivamente.

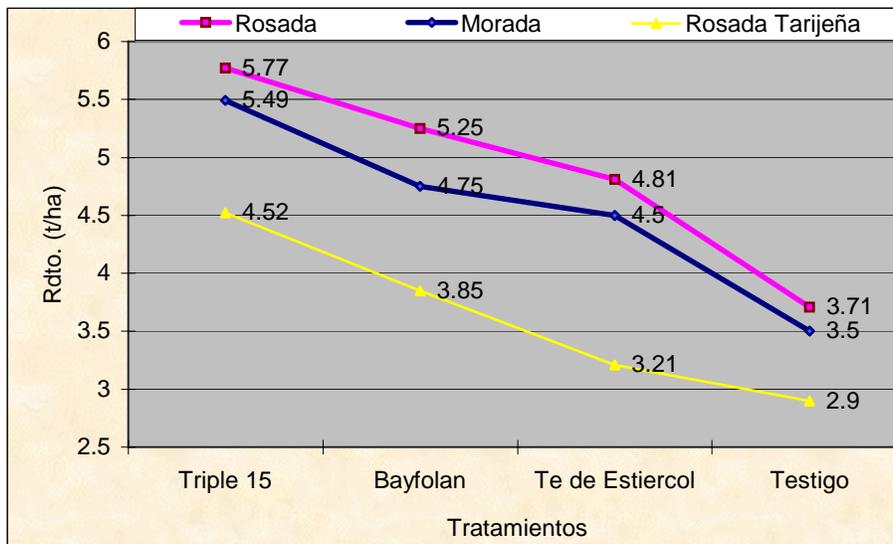
Estos resultados muestran que la necesidad nutricional del ajo es uno de los factores importante para obtener un mayor rendimiento, es decir que la fertilización sea químico y orgánico se constituye en un elemento suplementario que provoca una mayor respuesta, en el aumento de la producción, en relación al tamaño del bulbo, altura de hojas y tamaño de dientes.

Figura 16
Rendimiento de bulbos bajo diferentes fertilizantes.



En la figura 17, se aprecia que el uso de los fertilizantes químico y orgánico en estudio presentaron efectos positivos en las diferentes variedades utilizadas. Es decir que la variedad Rosada bajo la aplicación del Triple 15 muestra un mayor rendimiento con 5.77 Tn/ha, en comparación a la variedad Rosada Tarijeña con el tratamiento de Testigo obtuvo el menor rendimiento con 2.9 Tn/ha.

Figura 17
Rendimiento de Variedades de ajo Vs. Tratamientos de Fertilización



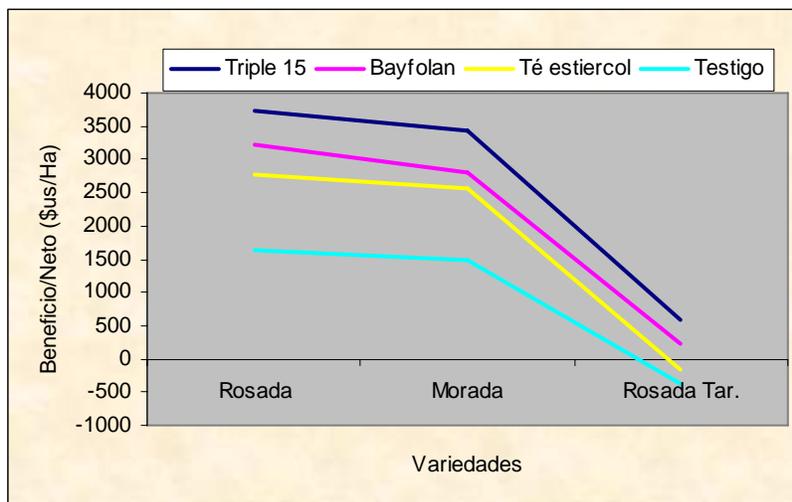
6.5 Análisis económico.

6.5.1 Beneficio neto.

Para el análisis del beneficio neto, se considera los factores de costos de producción por tratamiento (Anexo 6), como los rendimientos obtenidos, las mismas que fueron ajustadas a un 15 % (Anexo 7), con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el rendimiento del agricultor, al tratarse de un producto perecible donde existen pérdidas durante el manejo, tamaño de la parcela, métodos de cosecha y almacenamiento.

Según (Anexo 8, Figura 18), muestra el análisis del Beneficio Neto de la producción del cultivo de ajo, bajo diferentes tratamientos de fertilización en tres variedades, basados en los costos de producción por hectárea, se han identificado valores de Beneficio Neto mayores en las variedades Rosada y Morada con el uso del fertilizante aplicado en el momento de la siembra Triple 15 con 3734,39 y 3441,55 \$us, seguida por la combinación de las variedades Rosada y Morada con la aplicación del fertilizante foliar Bayfolan con 3231,87 y 2803,29 \$us respectivamente. En cuanto a la variedad de menor Beneficio Neto fue la combinación entre la variedad Rosada Tarijeña con la aplicación de Bayfolan con 217,39 \$us.

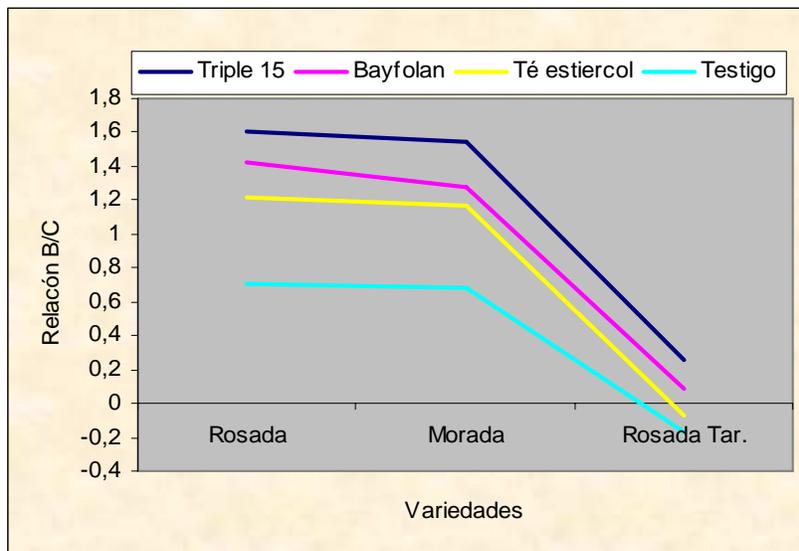
Cuadro 18
Curva de Beneficio Neto en variedades de ajo y fertilizantes



6.5.2 Beneficio de Costo (B/C)

Realizando el análisis de relación beneficio/costo (anexos 9, figura 19), se observa que el mayor Beneficio Costo se presentó en las variedades Rosada y Morada con la aplicación de fertilizante Triple 15 (aplicado en el momento de la siembra), Bayfolan y Té de Estiércol (aplicados foliarmente), con valores de Beneficio-Costo de 1,61 ; 1.54 ; 1,42 ; 1,28 ; 1,22 y 1.17 respectivamente. Estos indicadores nos muestran que la relación B/C es mayor que 1, entonces los tratamientos de estudio son aceptables, donde el beneficio es mayor que el costo de producción. En cuanto a las variedades Rosada Tarijeña presenta en los cuatro tratamientos de fertilización como también en el testigo con las otras variedades un B/C menor a uno, el cual indica que los tratamientos en estudio se rechazan al no existir beneficio.

Figura 19
Curva de relación Beneficio – Costo (B/C)



VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos nos permitimos formular las siguientes conclusiones:

- ☞ Las variedades Rosada y Morada en su adaptación responden satisfactoriamente a las condiciones edafoclimatológicas de la zona en estudio.
- ☞ En el Proceso de desarrollo, desde la brotación hasta la formación de los bulbos, las plantas mostraron cambios externos visibles influenciado por las condiciones ambientales, llamados fases fonológicas con los siguientes resultados con promedios generales de: brotación 14 días, crecimiento vegetativo 85 días, bulbificación 44 días y maduración 33 días. Este proceso en el cultivo de ajo presenta un ciclo vegetativo de 176 días.
- ☞ En cuanto a la brotación en las tres variedades con la aplicación de fertilizantes químico y orgánico presentan un promedio general de 88.7 %, mostrando que la variedad Rosada y Morada presentan porcentajes mayores de brotación con la aplicación del fertilizante químico Triple 15 con 94.6 y 94.1 % respectivamente. En cuanto a la variedad Rosada Tarijeña con el Testigo presenta una menor Brotación con 85.7 %.
- ☞ La altura de planta presenta una media general de 39.9 cm., la variedad Rosada con la aplicación de fertilizante Triple 15 obtuvo una altura mayor de 45.3 cm., seguida por la variedad Rosada con el Té de Estiércol con 43.3 cm. y la variedad que presento menor altura fue la Rosada Tarijeña con aplicación de Bayfolan con 34.8 cm.

- ☞ En cuanto al peso de bulbo, presentaron una media general de 22.4 gr., donde el mayor promedio se obtuvo en la variedad Rosada con fertilizante químico Triple 15 con 29.0 gr., seguido de la variedad Morada con la aplicación del Té de Estiércol con 26.7 gr., el menor promedio lo obtuvo la variedad Rosada Tarijeña con el testigo con 18.5 gr.

- ☞ La Aplicación de fertilizantes Triple 15 y Bayfolan en las variedades Rosada y Morada, mostró efectos significativos sobre el crecimiento de las plantas en las variables de: Diámetro de cuello de planta (DCP), numero de hojas por planta (NH), numero de dientes (ND) y diámetro de bulbo (DB).

- ☞ Los mayores rendimientos de ajo en bulbo se obtuvieron bajo la combinación de las variedades Rosada y Morada con el empleo del fertilizante Triple 15 (aplicado en el momento de la siembra), con 5,77 y 5,40 Tn/ha respectivamente en promedio, y el menor rendimiento se obtuvo en la variedad Rosada Tarijeña en combinación con el tratamiento de comparación con 2,9 Tn/ha.

- ☞ El análisis económico efectuado para los tratamientos de fertilización, muestra que la variedad con mayor beneficio neto, fueron las variedades Rosada y Morada con la aplicación del fertilizante aplicado en el momento de la siembra Triple 15 con 3734,39 y 3441,55 \$us respectivamente, y el menor corresponde a la variedad Rosada Tarijeña con la aplicación del fertilizante aplicado de forma foliar Bayfolan con 217,39 \$us.

☞ En el análisis beneficio/costo se presentaron los siguientes resultados; las variedades Rosada y Morada con la aplicación de fertilizante Triple 15 (aplicado en el momento de la siembra), Bayfolan y Té de Estiércol (aplicados foliarmente), con valores de Beneficio-Costo de 1,61 ; 1.54 ; 1,42 ;1,28 ; 1,22 y 1.17 respectivamente. Estos indicadores nos muestran que la relación B/C es mayor que 1, entonces los tratamientos de estudio son aceptables, donde el beneficio es mayor que el costo de producción. En cuanto a las variedades Rosada Tarijeña presenta en los cuatro tratamientos de fertilización como también en el testigo con las otras variedades un B/C menor a uno, el cual indica que los tratamientos en estudio se rechazan al no existir beneficio.

VIII. RECOMENDACIONES

Según los resultados y conclusiones obtenidas se puede llegar a las siguientes recomendaciones:

- ④ Divulgar los resultados obtenidos del presente trabajo a todos los agricultores de la zona de Jesús de Machaca perteneciente a la provincia Ingavi que producen el cultivo de ajo.
- ④ Para los agricultores desde un punto de vista productivo, se recomienda que las variedades ROSADA y MORADA se adaptan mejor a las condiciones ambientales de la zona, obteniéndose buenos rendimientos.
- ④ Para los agricultores de la zona, se recomienda incorporar mayor cantidad de materia orgánica al suelo para mejorar las condiciones físico químicas y complementar con fertilizaciones foliares como el Té de Estiércol, debido a que el ajo se constituye en un cultivo esquilante. Al mismo tiempo la agricultura ecológica se constituye como una alternativa para la producción de alimentos sanos.
- ④ Para obtener mayores rendimientos, se recomienda utilizar diente-semilla garantizadas, es decir certificadas, para evitar problemas fitosanitarios.
- ④ Otro aspecto importante es la adecuada preparación del suelo en especial la nivelación, recomendando que los suelos aptos para la producción de ajo, deban poseer buen contenido de materia orgánica y buena estructura para retener humedad.

- ④ Realizar estudios en la elaboración del Té de Estiércol considerando los siguientes aspectos: tipos de guano, tiempo de fermentación, dosis de aplicación, métodos de aplicación numero y periodicidad de las aplicaciones.

- ④ A los agricultores, se recomienda tener un lugar de almacenamiento adecuado como para evitar problemas fitosanitarios, logrando garantizar un producto de calidad y de esta manera mejorar el precio en el mercado.

IX. BIBLIOGRAFIA

AEDO PAREJO M. y BARRANTES de AGUILA F. 1991; Rendimiento y Fenología de 14 Colecciones de Achita. Congreso internacional sobre los cultivos andinos La Paz – Bolivia IBTA pp 149-152.

ALVARES, F.N. 1994 Manual de agricultura ecológica, Instituto de Educación Ambiental de la Universidad Metropolitana. México pp 46 – 63

BELLAPART, V. C., 1996 Nueva agricultura biológica en equilibrio con la química Mundi – Prensa. Madrid – España. 299 p.

BUCKMAN; H; BRADY, N. 1969. Naturaleza y propiedad de los suelos, trad. Por Marcelo. S. UTEMA – México pp 519 – 520.

BURBA, J.L. 1993. Manual de producción de semillas horticolas. Ed. La consulta. Mendoza – Argentina. pp 15 – 18.

BRAUER, O. 1981. Fitogenetica aplicada, conocimiento de la herencia vegetal al servicio de la humanidad, Chapingo, México, De Limusa, 518 p

CENTRO DE INVESTIGACION Y APOYO CAMPESINO. 1998. Recomendaciones técnicas para el cultivo de ajo. Tarija, Bolivia. Cartilla divulgativa N° 1, 2 y 3. 30 p.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PROMOCION DEL CAMPESINADO 2002. Abonos, insecticidas y fungicidas orgánicos. Serie: Mejoramiento de la agricultura en el altiplano. Primera edición MISEREOR 35 p

CIMMYT 1988. Manual metodológico de evaluación económica; La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Ed. Rev. México D.F., México 79 p

ECOLOGY AND EVOLUTIONARY BRIEF. 1999. Ecology and evolutionary brief to greenhouse collection record. En publicación de Internet Universidad de JAPON, Connecticut. Estados Unidos. [http : // flora www. Eeb. Uconn edu/acc-num/a51260. htm.](http://flora.www.Eeb.Uconn.edu/acc-num/a51260.htm)

QUINTERO, J. 1984. El cultivo de ajo. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación; Hojas divulgativas. Madrid, España. 16 p

FAO 1992. Producción, post-cosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebollas y tomate. 1ed. Santiago, Chile. Editorial Organizaciones unidas para la agricultura y alimentación pp 63 – 134.

FAO 2004 Anuario de producción. Vol. 57 Roma, Italia. 155 p

FUNDACION BOLIVIA EXPORTA 1995. Experiencias sobre el manejo en las zonas de Tarija. Tarija, Bolivia. 12 p.

GIACONI, V.; Escaff, m. 1994. Cultivo de hortalizas. 9ed. Corr. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. pp 93 – 103.

GARCIA, C.R. 1990. El ajo cultivo y aprovechamiento. Madrid, España. Editorial Mundi – prensa 170 p

GARCIA, A. C. R. 1991. Descripción botánica y fisiología del desarrollo del ajo. Ed. Mundi – Prensa. Madrid – España. pp 27 – 33

HUERRES, C.; CARABALLO, N. 1991. Horticultura. 1 ed. La Habana, Cuba. Editorial Pueblo y Educación. pp 171 – 185.

INCE. 1980. Manual del cultivador de ajo. Venezuela. Instituto Nacional de Cooperación Educativa, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias pp 24 – 30.

INDABURU, M. 1992. Estudio de factibilidad para el cultivo de ajo. Tarija, Bolivia Sociedad Agroindustrial Oliva (SAID), 100 p

LEDESMA, A. , REALE, M. ; RACCA, R. ; BURBA, J.L. 1980. Efecto de las bajas temperaturas y periodo de almacenaje de pre – plantación sobre diversas manifestaciones del crecimiento en ajo tipo clonal Rosada Paraguayo. Argentina. Editorial Phytón. pp 37 – 48.

LERENA, W. C. 1984 Cultivos de huerta, Ed. Albatros – Buenos Aires – Argentina, 3° Ed. 238 p

MESSIAEN, C.M. , LAFON, R. 1980. Enfermedades de las hortalizas. Barcelona, España. Editorial Oikos – tau. pp 55 -214.

OFICINA REGIONAL DE SEMILLAS – POTOSI (ORSP) (1999). Uso y producción de semillas de ajo, Editores: Oficina Regional de Semillas – Potosí, Telf. – Fax: 06244834. 22 p.

PERRIN, R. (1979), Formulación y recomendaciones a partir de datos agronómicos. Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo. Folleto informativo N° 27. México 52 p

RODALE, I. J. 1946. Abonos orgánicos. Ed. “tres EMES” Buenos Aires – Argentina pp. 115 – 225.

RODRIGUEZ SUPPO F. (1982). Fertilizantes nutrición vegetal. Primera edición, Impreso y hecho en México. Editorial AGT EDITOR, S.A. 156 p

SANCHEZ, W. 2002, Evaluación Agronómica de Variedades de ajo (*allium sativum* L.), con el tratamiento de semillas en el Sistema de Suka Kollus en la provincia Los Andes – la Paz, tesis de grado, UMSA-Fac Agronomía, 110 p

SIAT. 1999. Instituto para la agricultura sustentable del trópico; RAAA. Boletín técnico N°12, Cajamarca s/p.

SOTOMAYOR, 1992, Estudio de fomento a la producción y apoyo a la producción. Vol. I, CORDEPAZ, La Paz – Bolivia, 152 p.

STAHLSCHMIDT, O. 1991 Manejo de la dormición de la brotación en bulbo de ajo. En primer y segundo curso de taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo INTA. Mendoza, Argentina. 6 p

TERAN, O. 1997. Cultivo de ajo. La Paz, Bolivia. Ed. Centro de Información para el Desarrollo La Paz, CID. 80 p

TISCORNIA, J. 1982. Cultivo de hortalizas terrestres, Buenos Aires, Argentina. Editorial Albatros. pp 23 – 34.

VALADEZ, A. 1993. Producción de hortalizas. 3ed. México D.F., México. Editorial Limusa. pp. 95 – 107.

VILLARROEL LEON, D. 1999. Agricultura natural orgánica y ecológica. Ed. Agruco. Cochabamba – Bolivia. 132 p.

ZABALA, M.; OJEDA, L. 1988. Fitotecnia especial, Habana, Cuba. Editorial Pueblo y educación. Tomo 2. pp 57 – 97.

ANEXOS

Anexo 1
Producción de ajo en el mundo
(Prod. *1000 TM)

Países	Rendimiento Kg/ha		
	2001	2002	2003
China	7894	9080	10083
Rep. Corea	406	391	391
USA	267	256	283
Rusia	228	230	219
Egipto	215	216	216
Tailandia	126	105	122

Fuente: FAO 2004.

Anexo 2
Superficie cosechada de ajo en Sudamérica

Países	Área (ha) x 1000			
	2000	2001	2002	2003
Argentina	16	14	13	14
Bolivia	2	2	2	2
Brasil	12	14	16	15
Chile	3	3	3	3
Ecuador	-	-	-	-
Paraguay	-	1	1	1
Perú	6	9	8	8
Uruguay	1	1	8	8
Venezuela	2	2	1	1

Fuente: Anuario de producción de la FAO, (2004).

Anexo 3
Rendimiento del cultivo de ajo en Sudamérica

Países	Rendimiento (Kg/ha)			
	2000	2001	2002	2003
Argentino	9375	9983	9706	8759
Bolivia	4735	4792	4907	4878
Brasil	5723	7129	7282	8222
Chile	6365	6677	6667	6715
Ecuador	8432	1200	1331	1734
Paraguay	2667	1814	1847	1897
Perú	6473	7422	7587	7412
Uruguay	4000	4000	2320	3255
Venezuela	7418	7050	7663	6861

Fuente: Anuario de producción de la FAO, (2004).

ANEXO 4
Producción de ajo en Sudamérica
Producción x 1000 (TM)

Países	Rendimiento (Kg/ha)			
	2000	2001	2002	2003
Argentina	150	135	126	127
Bolivia	8	8	8	8
Brasil	69	102	114	123
Chile	20	22	22	22
Ecuador	3	1	1	1
Paraguay	1	1	1	1
Peru	29	64	63	63
Uruguay	2	2	1	1
Venezuela	13	11	10	9

Fuente: Anuario de producción de la FAO, (2004).

ANEXO 5
Composición de las materias orgánicas de origen animal.

Materia totales	N5	P2	O5%	K2	O%	Ca	O%	Mg	O %	Sulfatos
Estiércol de vaca	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.06	0.005			
Estiércol de cerdo	0.6	0.4	0.3	-	-	-	-			
Estiércol de caballo	0.5	0.3	0.3	0.15	0.10	0.05				
Estiércol de oveja	0.6	0.4	0.3	0.5	0.20	0.15				
Estiércol de cabra	0.27	0.17	0.29	0.2	-	-				
Estiércol de conejo	0.2	0.13	0.12	-	-	-				
Estiércol de gallina	0.14	1.4	2.1	0.8	0.25	0.20				

Fuente: Suquilanda M., Agricultura Orgánica 1996.

Anexo 6
Costo de producción por hectárea en el cultivo de ajo con tratamiento de
fertilizantes gestión 2004 localidad de Jesús de Machaca Provincia Ingavi – La
Paz

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT (\$us)	COSTO TOTAL (\$us)
A. Materiales.				
Palas.	Pzas.	4	4,32	17,28
Picos	Pzas.	4	4,32	17,28
Chontillas	Pzas.	4	1,34	5,36
Recipiente de 100 Lt	Pzas.	2	9,88	19,76
Carretilla	Pzas.	2	25	50,00
Carpa	Pzas.	2	27,16	54,32
Alambre tejido	Rollo	4	4,94	19,76
Callapos	Pzas.	20	0,25	5,00
S U B T O T A L				188,76
B. Costos de Operación.				
*****Preparación del suelo.				
Arada.	Tractor	6	7,41	44,46
Mullido	Tractor	4	7,41	29,64
Nivelado e incop. M.O.	Jornal	8	3,09	24,72
*****Insumos.				
Abono orgánico	Kg	1300	0,012	15,60
Fungicida (BENLATE)	Kg	0,88	17,28	15,21
Insecticida (KARATE)	Lt	0,7	9,26	6,48
Adherente (GOMAX)	Lt	2	2,47	4,94
Mochila fumigadora	Unidad	1	30,86	30,86
S U B T O T A L				171,91
Semilla de ajo				
Rosada + transporte	Kg	900	1,6	1440,00
S U B T O T A L				1440
Morada + transporte	Kg	900	1,5	1350,00
S U B T O T A L				1350
Rosada tarijeña + transporte	Kg	900	1,5	1350,00
S U B T O T A L				1350
Fertilizantes				
Triple 15	Kg	150	0,34	51,00
S U B T O T A L				51,00
Bayfolan	Lt	2,08	5,05	10,50
S U B T O T A L				10,50
Te de estiércol	Lt	277	0,01	2,77
S U B T O T A L				2,77
*****Siembra.				
Desgrane y selección de semilla	Jornal	18	3,09	55,62
Desinfección de la semilla	Jornal	10	3,09	30,90
Surcado	Jornal	22	3,09	67,98
Siembra	Jornal	22	3,09	67,98
S U B T O T A L				222,48
*****Labores culturales.				
Escarda	Jornal	20	3,09	61,80
Deshierbe	Jornal	15	3,09	46,35
Aporque	Jornal	20	3,09	61,80
Descanutado	Jornal	15	3,09	46,35
Aplicación de agroquímicos	Jornal	20	3,09	61,80
S U B T O T A L				278,10
*****Cosecha				
Cosecha	Jornal	30	3,09	92,70
Apilar los ajos	Jornal	10	3,09	30,90
Faenado y limpieza	Jornal	20	3,09	61,80

Clasificado y empaque	Jornal	10	3,09	30,90
Transporte a La Paz.	Viajes	-	-	25,50
S U B T O T A L				241,80
SUB TOTAL (CP)				824,95

Fuente: Propia gestión agrícola 1999-2000. (Cambio de dólar 1\$us/6.72 Bs. Octubre 2001)

Testigo+ Rosada				2264,95
Testigo + Morada				2174,95
Testigo + Rosada Tarijeña				2174,95
Triple 15 + Rosada				2315,95
Triple 15 + Morada				2225,95
Triple 15 + Rosada Tarijeña				2225,95
Bayfolan + Rosada				2275,45
Bayfolan + Morada				2185,45
Bayfolan + Rosada Tarijeña				2185,45
Te Estiercol + Rosada				2267,72
Te Estiercol + Morada				2177,72
Te Estiercol + Rosada Tarijeña				2177,72

Tipo de cambio 8,10 Bs./\$us

ANEXO 7

*Producción de ajo de las variedades en estudio Titicani-Tucari Provincia Ingavi
Superficie de 10000 m²*

<i>Trat. Semillas</i>	<i>Variedad</i>	<i>Rdto. Medio (tn /ha)</i>	<i>Rdto. Ajustado 15%</i>	<i>Rend. Medio (qq/ha)</i>	<i>Rdto. Ajustado (qq/ha) al 25%</i>
<i>Testigo</i>	<i>Rosada</i>	<i>3.71</i>	<i>3.15</i>	<i>80.65</i>	<i>68.48</i>
<i>Testigo</i>	<i>Morada</i>	<i>3.50</i>	<i>2.97</i>	<i>76.09</i>	<i>64.67</i>
<i>Testigo</i>	<i>Rosada Tarijeña</i>	<i>2.9</i>	<i>2.46</i>	<i>63.04</i>	<i>53.58</i>
<i>Triple 15</i>	<i>Rosada</i>	<i>5.77</i>	<i>4.90</i>	<i>125.43</i>	<i>106.52</i>
<i>Triple 15</i>	<i>Morada</i>	<i>5.40</i>	<i>4.59</i>	<i>117.39</i>	<i>99.78</i>
<i>Triple 15</i>	<i>Rosada Tarijeña</i>	<i>4.52</i>	<i>3.84</i>	<i>98.26</i>	<i>83.48</i>
<i>Bayfolan</i>	<i>Rosada</i>	<i>5.25</i>	<i>4.46</i>	<i>114.13</i>	<i>96.96</i>
<i>Bayfolan</i>	<i>Morada</i>	<i>4.75</i>	<i>4.03</i>	<i>103.26</i>	<i>87.83</i>
<i>Bayfolan</i>	<i>Rosada Tarijeña</i>	<i>3.85</i>	<i>3.27</i>	<i>83.69</i>	<i>71.09</i>
<i>Té de Estiércol</i>	<i>Rosada</i>	<i>4.81</i>	<i>4.09</i>	<i>104.56</i>	<i>88.91</i>
<i>Té de Estiércol</i>	<i>Morada</i>	<i>4.5</i>	<i>3.83</i>	<i>97.83</i>	<i>83.26</i>
<i>Té de Estiércol</i>	<i>Rosada Tarijeña</i>	<i>3.21</i>	<i>2.72</i>	<i>69.78</i>	<i>59.35</i>

Fuente: Propia

ANEXO 8

Rendimiento promedio, costos é ingresos del cultivo de ajo en la localidad de Titicani-Tucari, Provincia Ingavi La Paz Superficie de 10000 m²

TRAT. DE FERTILIZACIÓN	VARIEDAD	RDTO. MEDIO (qq/ha)	RDTO. AJUST. 15 % (qq/ha)	PRECIO \$us / qq	BB \$us / ha	CP \$us ha	BN \$us / ha	INGRES O PROM. \$us / ha
TESTIGO	ROSADA	80.65	68.48	56.8	3889.66	2264.95	1624.71	2843.33
TRIPLE 15	ROSADA	125.43	106.52	56.8	6050.34	2315.95	3734.39	
BAYFOLAN	ROSADA	114.13	96.96	56.8	5507.33	2275.46	3231.87	
TE / ESTIERCOL	ROSADA	104.56	88.91	56.8	5050.09	2267.72	2782.37	
TESTIGO	MORADA	76.09	64.67	56.8	3673.26	2174.95	1498.31	2573.65
TRIPLE 15	MORADA	117.39	99.78	56.8	5667.50	2225.95	3441.55	
BAYFOLAN	MORADA	103.26	87.83	56.8	4988.74	2185.45	2803.29	
TE / ESTIERCOL	MORADA	97.83	83.26	56.8	4729.17	2177.72	2551.45	
TESTIGO	ROSADA TAR.	63.04	53.58	33.8	1811.00	2174.95	-363.95	69.35
TRIPLE 15	ROSADA TAR.	98.26	83.48	33.8	2821.62	2225.95	595.67	
BAYFOLAN	ROSADA TAR.	83.69	71.09	33.8	2402.84	2185.45	217.39	
TE / ESTIERCOL	ROSADA TAR.	69.78	59.35	33.8	2006.03	2177.72	-171.69	

ANEXO 9

Beneficio – Costo en rendimiento de cultivo de ajo

TRAT. DE FERTILIZACIÓN	VARIEDAD	BN Sus (qq/ha)	CP Sus (qq/ha)	B/C
TE / EST.	ROSADA	2782.37	2267.72	1.22
BAYFOLAN	ROSADA	3231.87	2275.46	1.42
TRIPLE 15	ROSADA	3734.39	2315.95	1.61
TESTIGO	ROSADA	1624.71	2264.95	0.71
TE / EST.	MORADA	2551.45	2177.72	1.17
BAYFOLAN	MORADA	2803.29	2185.45	1.28
TRIPLE 15	MORADA	3441.55	2225.95	1.54
TESTIGO	MORADA	1498.31	2174.95	0.68
TE / EST.	ROSADA TAR.	-171.69	2177.72	-0.07
BAYFOLAN	ROSADA TAR.	217.39	2185.45	0.09
TRIPLE 15	ROSADA TAR.	595.67	2225.95	0.26
TESTIGO	ROSADA TAR.	-363.91	2174.95	-0.17

Anexo 10

Preparación de fertilizantes foliares



Anexo 11

Crecimiento y desarrollo del cultivo de ajo



Anexo 12
Toma de datos y seguimiento del cultivo de ajo



Anexo 13
Variedades de ajo cosechadas



