

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



TESIS DE GRADO

**DETERMINACIÓN DEL SUSTRATO Y TIPO DE FERTILIZANTE
PARA MACETAS EN PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO
GENETICO CON DOS VARIEDADES DE ARVEJA
(*Pisum sativum L. Sp.*)**

JAIME MARCELO TORRICO ESPEJO

La Paz – Bolivia
2010

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

DETERMINACIÓN DEL SUSTRATO Y TIPO DE FERTILIZANTE PARA MACETAS
EN PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO CON DOS VARIEDADES DE
ARVEJA (*Pisum sativum L. Sp.*)

Tesis de Grado presentado como
requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo

JAIME MARCELO TORRICO ESPEJO

Tutor:

Ing. Ph D Melicio M.Siles Cano

Asesor:

Ing. Ph D Vladimir Orsag Céspedes

Tribunal Examinador:

Ing. Ph D Alejandro Bonifacio Flores

Ing. Eliseo Quino Mamani

Ing. Roberto Miranda Casas



Aprobada

Presidente Tribunal Examinador:



DEDICADO.....

.....A Mi papa Jaime N.Torrnico Lafuente

Con mucho cariño amor y admiración, por el
Apoyo, la paciencia y el sacrificio que hiciste por nosotros.

A mi mama Blanca Espejo por darme la vida.

A Dios por ponerme en este camino, a mis Hermanos

Lizbeth, Claudia y Mauricio por el apoyo.

A mi Amiga y compañera Lia.

Y a ti Dieguito que eres la inspiración
para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis agradecimientos en primera instancia a la Facultad de Agronomía que me abrió las puertas, para poder adquirir los conocimientos necesarios y así llegar a esta instancia.

A Los docentes, a quienes debo mi formación profesional, que siempre brindaron su amistad, un agradecimiento especial al área de Suelos, Ing. Ph D. Vladimir Orsag Céspedes que siempre confió en mí, al Ing. Roberto Miranda y a los compañeros con los cuales compartí gratos momentos.

A todo el plantel administrativo de la facultad que siempre orientaron y brindaron una colaboración desinteresada.

Al Ing. Ph D. Melisio Siles Cano, una admiración y un sincero reconocimiento, por toda la colaboración que me brindo desde el primer momento que lo conocí.

A todo el personal tanto administrativos, como técnicos del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, en especial a la sección Arvejas, por proveerme de todo el materia y darme la posibilidad de realizar la tesis.

Al Ing. Juan José Vicente, por toda su colaboración, ya que sin él, muchas cosas de esta tesis no hubieran sido posible, ya que con su conocimiento y experiencia me guió en cada instante de la realización de la tesis.

Deseo hacer llegar un agradecimiento a los miembros del tribunal revisor conformado por: el Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores, Ing. Eliseo Quino Mamani y Al Ing. Roberto Miranda Casas; por sus acertadas observaciones y recomendaciones, ya que sin ellas no hubiera sido posible la conclusión de la tesis. Gracias por brindarme su amistad!

Un agradecimiento especial al Ing. M.Sc. Tito Rodríguez Claros y a toda su familia, que con su apoyo y consejos pude continuar con mis estudios y no rendirme antes de tiempo. A ti Ana María por ser como una madre en el momento que más necesite.

A mi hermano y compañero de toda mi vida, Titin, que ahora se encuentra lejos de acá, pero sus consejos y recomendaciones se quedaron conmigo, fuiste y serás una inspiración para seguir por mas, gracias por los momentos que pasamos!

A mi familia que siempre estuvieron de una u otra forma alentándome a seguir adelante, a mi abuelita Bertha que me acompañó en el trabajo de campo, a ti tío Mario que pasamos lindos momentos, en fin a todos sin olvidar a nadie.

A mi papa, que siempre confió en mí, este esfuerzo es para ti. Pese a las adversidades, siempre estuviste ahí para apoyarme de todo corazón muchas gracias.

A mis hermanas que siempre fuimos unidos y gracias a ello todos pudimos salir adelante, aunque nos falta mucho por recorrer siempre contarán conmigo y yo con ustedes, gracias por ser parte de mi vida.

A ti Lía por ser mi amiga desde el primer día que decidí recorrer este camino, pasamos muchas cosas y en el camino aprendimos a aceptarnos como somos, a tu familia por todo el apoyo que me dieron, y que hasta ahora lo recibo.

Y por último, aunque es el primero en la vida, Dieguito, por enseñarme a comprender que uno debe tener metas y ambiciones, gracias hijo por llegar a mi vida este trabajo es por ti y para ti.

Muchas Gracias.....

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.1.3 Hipótesis	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Cultivo de Arveja.....	4
2.2 Cultivo de Arveja en Bolivia.	5
2.2.1 Importancia	5
2.2.2 Producción en Bolivia.....	6
2.3 Taxonomía y origen del la arveja	7
2.3 Fisiología.....	8
2.4 Composición Química.....	8
2.5 Requerimientos Ambientales	9
2.5.1 Clima.....	9
2.5.2 Luz y Temperatura.....	10
2.5.3 Humedad.	11
2.6 Requerimientos Edáficos	11
2.6.1 Suelo.....	11
2.7 Requerimientos nutricionales.....	12
2.8 Variedades Botánicas de Arveja	13
2.9 Sustrato.....	14
2.9.1 Características	14
2.9.2 Clasificación y Tipos de Sustratos	15
2.9.2.1 Según sus propiedades.....	15
2.9.2.2 Según el origen de los materiales	16
2.10 Nutrientes de las plantas en macetas	17
2.11 Sustratos y disponibilidad de elementos nutritivos.....	18

2.12 Deficiencia de Nutrientes en macetas.....	19
2.13 Fertilización.....	20
2.13.1 Características de la fertilización	20
2.13.1.1 Fertilización y fertilizante	20
2.13.2 Tipos de Fertilización	22
2.13.2.1 Otros Fertilizantes	24
2.14 Mejoramiento genético.....	25
2.14.1 Limitaciones del mejoramiento genético convencional	25
2.14.2 Alternativas al mejoramiento convencional.....	26
3. LOCALIZACIÓN	27
3.1 Ubicación Geográfica.....	27
3.2 Características Climáticas.....	27
4. MATERIALES Y METODOS	28
4.1 Materiales	28
4.1.1 Material Biológico.....	28
4.1.1.1 Extra triple 20-20-20.....	28
4.1.1.2 Perfectose	29
4.1.1.2.1 Características	29
4.1.1.2.2 Clasificación.....	30
4.1.2 Materiales de Campo	30
4.1.3 Material de Gabinete.....	31
4.2 Métodos	32
4.2.1 Procedimiento experimental.....	32
4.2.2 Diseño experimental	34
4.2.3 Análisis estadístico	34
4.2.4 Procedimiento	36
4.2.5 Variables de Respuesta.....	37
4.2.6 Croquis del Experimento.....	39
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES	41
5.1 Características climáticas	41
5.2 Análisis Físico Químico de los componentes.....	42

5.3 Análisis de las variables de respuesta	42
5.3.1 Emergencia.....	42
5.3.2. Altura de planta.....	47
5.3.3. Días a la Floración	51
5.3.4. Longitud de vaina.....	53
5.3.5. Número de granos por planta	56
5.3.6. Número de granos por maceta	58
5.3.7. Número de nudos productivos	63
5.3.8. Peso grano total por maceta	66
5.3.9. Peso de vaina por maceta	71
5.3.10. Número de vainas por planta	75
5.3.11. Apariencia de planta	79
5.4 Análisis Físico Químico de los sustratos.....	82
5.5 Análisis económico	83
7. RECOMENDACIONES	87
8. LITERATURA CITADA	88

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de Arveja en Bolivia	6
Cuadro 2. Composición química de la arveja	9
Cuadro 3. Materia Orgánica y sus Beneficios	22
Cuadro 4. Respuesta promedio de las variedades mejoradas de arveja sobre 9 localidades de la zona de Sacaba, Cochabamba (2000-2001)	28
Cuadro 5. Composición química del Extratriple 20.....	29
Cuadro 6. Composición química del Perfectose	30
Cuadro 7. Combinaciones de tierra, arena y materia orgánica para 33 sustratos...	33
Cuadro 8. Características Físico-Químicas de componentes de los sustratos	42
Cuadro 9. Comparaciones de t para la emergencia	47
Cuadro 10. Comparaciones de t para número de granos por maceta.....	62
Cuadro 11. Comparaciones de t para el peso de grano por maceta	70
Cuadro 12. Comparaciones de t para el número de vainas por planta	78
Cuadro 13. Características Físico-Químicas.....	82
Cuadro 14. Resumen de costos fijos y variables para sustratos por 100 macetas ...	83
Cuadro 15. Resumen de costos fijos y variables para fertilizantes por 100 macetas.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación geográfica	27
Figura 2.	Croquis de distribución experimental.....	40
Figura 3.	Temperaturas mínimas, máximas y medias, precipitación pluvial registrada en el periodo del ensayo.....	41
Figura 4.	Efecto de las dos variedades de arveja en la etapa de emergencia.....	44
Figura 5.	Efecto de los sustratos en la emergencia.....	45
Figura 6.	Efecto de la variedad en la altura de la planta en la madurez fisiológica.....	49
Figura 7.	Efecto del tipo de fertilizante en la altura de planta en la madurez fisiológica.....	50
Figura 8.	Desarrollo de altura de planta por tipo de fertilización	51
Figura 9.	Efecto de la variedad en los días a la floración	53
Figura 10.	Efecto de la variedad en la longitud de vaina	55
Figura 11.	Efecto del fertilizante en la longitud de vaina.....	56
Figura 12.	Efecto del tipo de fertilizante en el número de granos por planta	58
Figura 13.	Efecto de la variedad en el número de granos por maceta	60
Figura 14.	Efecto del sustrato en el número de granos por maceta	61
Figura 15.	Efecto del tipo de fertilizante en el número de granos total por maceta en cultivo de Arveja	63
Figura 16.	Efecto de la variedad en el número de nudos productivos	65
Figura 17.	Efecto del tipo de fertilizante en el número de nudos productivos.....	65
Figura 18.	Efecto de la variedad en el peso de grano por maceta	67
Figura 19.	Efecto del sustrato en el peso de grano por maceta	68
Figura 20.	Efecto del tipo de fertilizante en el peso de grano total por maceta	71
Figura 21.	Efecto de la variedad en el peso de vaina por maceta	72
Figura 22.	Interacción Fertilizante y Sustrato en el peso de vaina por maceta.....	74
Figura 23.	Efecto de la variedad en el número de vainas por planta	76
Figura 24.	Efecto del sustrato en el número de vainas por planta.....	77
Figura 25.	Efecto del tipo de fertilizante en el número de vainas por planta.....	79
Figura 26.	Apariencia de planta por sustrato (%)	80
Figura 27.	Análisis de costos variables para 100 macetas	84

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.	Preparado de bolsas	31
Fotografía 2.	Material (Perfectose)	31
Fotografía 3.	Material genético	31
Fotografía 4.	Macetas.....	34
Fotografía 5.	Preparación y mezcla de sustrato	36
Fotografía 6.	Distribución de macetas a la siembra.....	36
Fotografía 7.	Inmersión de semilla en el Perfectose.....	37
Fotografía 8.	Emergencia de más del 50% de las Plantas	43
Fotografía 9.	Medición de altura de la planta en una variedad de arveja	48
Fotografía 10.	Etapas de floración en el cultivo de Arveja	52
Fotografía 11.	Medición de longitud de vaina en el cultivo de Arveja	54
Fotografía 12.	Determinación del número de granos en una vaina de arveja	57
Fotografía 13.	Número de granos por maceta.....	59
Fotografía 14.	Evaluación de nudos productivos.....	64
Fotografía 15.	Pesaje de los granos totales por maceta	66
Fotografía 16.	Pesaje de vainas.....	72
Fotografía 17.	Numero de Vainas por Planta	75
Fotografía 18.	Apariencia Planta Buena.....	81
Fotografía 19.	Apariencia Planta Regular.....	81
Fotografía 20.	Apariencia Planta Mala o Muerta	81

RESUMEN

El cultivo de Arveja es importante en la población boliviana, ya que es consumida en diversas formas, principalmente en grano verde, aunque existen ahora técnicas que ayudan a la conservación por más tiempo, como ser grano seco, enlatados e incluso congelados; por esta causa la producción de arveja, el año 2000 fue de 21,554 TM y el 2005 subió a 25,173 TM, teniendo los agricultores mayor demanda en ese periodo, pero las proyecciones obtenidas para el año 2007, no fueron muy alentadoras, ya que se tuvo 24,99 TM. Esta proyección puede deberse a factores bióticos (plagas, enfermedades), como también a factores abióticos (sequías, heladas), aunque ambas pueden ser contrarrestadas mediante varios métodos y técnicas; La aplicación del mejoramiento genético, es una de estas, que nos permite obtener variedades mejoradas. Es así que para realizar técnicas de cruzamiento y llevar adelante programas de mejoramiento, es necesario contar con espacios y ambientes adecuados. Un factor, es la calidad y/o composición del sustrato además de aportar nutrientes a los mismos y así poder proporcionar las condiciones adecuadas, para que el cultivo a ser mejorado tenga las mejores condiciones en su desarrollo.

Por esta razón, el presente estudio se realizó con el objetivo de determinar el sustrato y tipo de fertilizante para macetas, con dos variedades de arveja (*Pisum sativum L.*), para su aplicación en programas de mejoramiento genético de la sección arveja del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, Cochabamba. Donde los factores y niveles considerados en el ensayo fueron las variedades de arveja Pairumani 1 y Pairumani 3. El tipo de fertilizante Extratriple 20 como fertilizante químico, el perfectose como abono o fertilizante especial, y una fertilización cero o testigo. El factor de los sustratos que en base a los tres insumos principales (tierra del lugar, materia orgánica, y arena), proporcionaron una serie de 33 combinaciones. Los factores de estudio mencionados se distribuyeron en un diseño de bloques completamente al azar en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones. Donde en las parcelas principales se distribuyó aleatoriamente los tipos de fertilizantes, en las sub-parcelas las variedades y en las sub-sub parcelas las

mezclas de las diferentes combinaciones de los sustratos. Como unidad experimental se consideró una maceta con 5 plantas distribuidas uniformemente en la maceta.

Las variables de respuesta en las cuales fueron evaluadas las variedades de arveja, fueron el porcentaje (%) de emergencia, la altura de la planta (cm.), los días a floración, la longitud de vaina (cm.), el número de grano por planta, el número de grano por maceta, el número de nudos productivos, el peso de grano por maceta (g.), peso de vaina por maceta (g.), número de vaina por planta, y la apariencia de la planta. Y estas fueron sometidas a un análisis de covarianza para probar hipótesis acerca de los efectos fijos en el modelo y estimar componentes de varianza de efectos aleatorios pudiendo determinar el sustrato y tipo de fertilizante más apropiado; se consideró como covariable el número de planta por maceta, las comparaciones de medias se realizaron mediante contrastes de t con 1 grado de libertad, y utilizando el procedimiento MIXED (modelos mixtos) del programa SAS v8.

En los resultados, se determinaron efectos significativos de los sustratos sobre la emergencia, siendo los sustratos de composición menos compacta los que más favorecen la emergencia. Respecto al número y peso de granos por unidad experimental, al número y peso de vainas por maceta, se determinó diferencias estadísticas, teniendo tres sustratos con mayores promedios (T27, T18, T29). Con respecto al factor fertilizante se obtuvo efectos en las variables: altura de planta, longitud de vaina, número de granos/planta, número de granos, maceta, peso grano/maceta, peso de vaina/maceta, número de vainas/maceta. En todas las variables de respuesta el suelo del lugar y el Perfectose tuvieron un mayor efecto que el Extratriple. La interacción Fertilizante y Sustrato fue significativa en el peso de vaina/maceta. En variedades se determinó diferencias estadísticas en la emergencia, altura, días floración, número de granos por maceta, número de vainas por planta, donde fue superior en promedio la variedad de Arveja Pairumani 1. Con referencia al análisis de costos parciales determina que los sustratos más económicos son los compuestos por mayores proporciones de tierra de lugar (T16), y costos medios para los sustratos de mejor respuesta (T27, T18, T29).

1. INTRODUCCIÓN

Sin lugar a duda, en el último tiempo la mayor preocupación de la humanidad es el hábito alimenticio, teniendo a disposición una gran oferta de productos que pueden satisfacer las necesidades nutricionales de la población. Por tal motivo, la producción de alimentos que tengan el mayor beneficio para la alimentación de forma sana, ha elevado los costos de producción por el solo hecho de tener mayor control y cuidado de los cultivos, para que estos puedan llegar de forma más natural a la canasta familiar.

Si bien se posee una gran gama de productos agrícolas, es necesario tener en cuenta los aportes nutricionales que pueden proporcionar los mismos, y a la vez que estos productos puedan ser conservados en tiempos apropiados para su utilización. La arveja es uno de los productos que posee elevados niveles de aminoácidos esenciales; lisina 1,61% y triptófano 0,18% (Carrouee y Gatel, 1995); aminoácidos que por lo general son bajos en los cereales de grano. Por lo referido, el cultivo de arveja puede suplir la baja cantidad de proteína presente en los alimentos para humanos y el forraje procesado de granos de cereales (Oelke *et al.*, 1991)

En Bolivia, las zonas de mayor producción de arveja están concentradas en los valles interandinos y el altiplano de los departamentos de La Paz, Cochabamba, Chuquisaca, Potosí, Tarija y Oruro (Maca, 1993). La superficie cultivada de arveja verde a escala nacional es de 15.931 ha, con un rendimiento promedio aproximado de 1.571 kg/ha, alcanzando una producción de 25,021 Toneladas métricas (INE, 2006). Al 2007 el rendimiento proyectado fue de 24,990 Toneladas métricas, siendo los departamentos de La Paz y Cochabamba donde se registra la mayor superficie en producción, la variabilidad del rendimiento puede ser atribuido a diferentes factores bióticos (plagas y enfermedades), abióticos (sequías, heladas) y manejo agronómico inadecuado la diversidad agroecológica de las zonas de producción. Estos aspectos denotan que a pesar de ser una especie introducida, se ha insertado y convertido en un componente principal de la dieta familiar.

El mejoramiento genético es sin lugar a duda una de las mejores alternativas para poder cambiar esta situación, mediante el desarrollo de variedades resistentes y/o

tolerantes a la sequía, plagas, virus y otros, a través de la creación de variabilidad genética, por medio de cruzamientos que se llevan a cabo en invernaderos y más propiamente en macetas, ya que se puede realizar un mejor control de los factores bióticos y abióticos.

En el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani (CIFP), en los últimos años, el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en macetas, ha presentado limitaciones en su desarrollo, de tal forma que la mortalidad en las líneas utilizadas, tanto como progenitores en invernaderos, como la progenie resultante de las cruizas de estas ha llegado a presentar mortalidades de más del 80% (Siles, 2006), incrementando uno de los factores, considerado como una de las principales desventajas dentro el sistema de mejoramiento convencional, el tiempo. Este hecho es atribuido a la deficiente relacion entre los diferentes componentes del sustrato como a los nutrientes presentes en el mismo. Dado que los trabajos a nivel de prueba y evaluación se llevan en parcelas y macetas se justifica el estudio para optimizar el manejo de insumos, dado que no se cuenta con antecedentes relacionados a estos componentes en los suelos de Pairumani, esto permitirá una mejor distribución del tiempo dentro los programas de mejoramiento de la seccion arveja del CIFP, donde es necesario contar con sustratos y fertilizantes adecuados para mantener el cultivo y que satisfaga las necesidades biológicas de una forma eficiente, permitiendo llevar a cabo los estudios pertinentes al mejoramiento genético.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Determinar el sustrato y tipo de fertilizante para macetas, con dos variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) en programas de mejoramiento genético de la sección arveja del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la combinación del sustrato; materia orgánica, arena y tierra del lugar más favorable en el cultivo de arveja.
- Evaluar, el tipo de fertilizante, en relación a la combinación del sustrato, que permita un buen desarrollo de la arveja.
- Analizar si el uso de combinaciones de sustratos y fertilizantes en macetas es económicamente factible en el desarrollo de poblaciones de arveja, para su uso en programas de mejoramiento genético.

1.1.3 Hipótesis

- Las combinaciones del sustrato, materia orgánica, arena y tierra del lugar no tienen el mismo efecto en el desarrollo del cultivo de arveja en macetas.
- Los tipos de fertilizante en relación a la combinación del sustrato en macetas, tienen similar efecto en el desarrollo de las dos variedades de arveja.
- Las combinaciones de sustratos y el uso de fertilizantes en macetas no es económicamente factible en el desarrollo de poblaciones de arveja, para el uso en programas de mejoramiento genético.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultivo de Arveja.

Es un cultivo de clima templado y algo húmedo. La planta se huela con temperaturas por debajo de 3 ó 4 °C bajo cero. La planta de arveja detiene su crecimiento cuando las temperaturas empiezan a ser menores de 5 ó 7°C. El desarrollo vegetativo tiene su óptimo de crecimiento con temperaturas comprendidas entre 16 y 20 °C, estando el mínimo entre 6 y 10 °C y el máximo en más de 35 °C. Si la temperatura es muy elevada la planta vegeta bastante mal. Necesita ventilación y luminosidad para que veje bien.

La arveja va bien en los suelos que son ligeros de textura silíceo-limosa. En los suelos calizos puede presentar síntomas de clorosis y las semillas suelen ser duras. Prospera mal en los suelos demasiado húmedos y en los excesivamente arcillosos; agradece la humedad del suelo, pero no en exceso. El pH que mejor le va está comprendido entre 6 y 7 (Abcagro.com, 2002).

También Abcagro (2002), indica que este cultivo en óptimas condiciones de humedad del suelo necesita pocos riegos. No necesita mucha humedad y los riegos han de ser moderados. Cuando se riega por gravedad, antes de la siembra, es necesario dar un riego para que el suelo tenga humedad suficiente cuando reciba la semilla. Después, si el cultivo es de otoño-invierno, con un par de riegos es probable que sea suficiente, si es de invierno-primavera necesitará 3 ó 4 riegos.

Abcagro (2002), recomienda echar antes de la siembra unos 25 gramos por metro cuadrado de abono complejo 8-15-15. En riego por gravedad, después de cada riego pueden aplicarse unos dos gramos por metro cuadrado de nitrógeno, no rebasando en total los 10 gramos de N.

Según Wikipedia (2009), los guisantes o arvejas es una cosecha de estación fresca que se puede disfrutar tanto en primavera como en otoño. Requiere una tierra suelta y ligera. Aunque no es muy exigente respecto a la riqueza orgánica del suelo, es conveniente aportar algún abono complejo, que contenga algo de cal y dolomía. Este

cultivo no tolera suelos muy ácidos y se ha de vigilar el pH para tratar de que no sea inferior a 6,5. Necesita una posición soleada y riegos frecuentes.

Así mismo indica que al ser un cultivo de relleno y poco exigente en materia orgánica no es conveniente estercolar. Es también poco exigente en abonos minerales.

2.2 Cultivo de Arveja en Bolivia.

Crespo (1989), menciona el cultivo de arveja en Bolivia es muy antiguo y tiene particular importancia para el consumo interno, pues se constituye en una legumbre que acompaña casi todas las comidas criollas.

El contenido de proteína en la semilla de arveja fluctúa entre 20,5 – 22,6%, constituyéndose en una especie de alto valor nutritivo para la alimentación.

La arveja en Bolivia se cultiva bajo un nivel de tecnología tradicional. La tierra, mano de obra, semilla, implementos manuales, son de propiedad del agricultor, quien para su cultivo utiliza tracción animal la fertilización que aplica al suelo es orgánica, que se genera en el propio predio.

La semilla es la que han introducido las casas comerciales hace mucho tiempo, llegando a adaptarse convenientemente a las condiciones templadas de los valles meso térmicos y a las zonas altas del altiplano de Bolivia.

2.2.1 Importancia

La importancia actual de la arveja como planta agrícola se debe principalmente a que su semilla es rica en proteína, la cual se destina para el consumo en fresco y seco, aunque hay regiones donde se utiliza toda la planta para heno asociado con un cereal como la avena (Evans, 1983). La demanda creciente de arveja en vaina verde en los últimos 25 años, ha traído como consecuencia una disminución de la superficie destinada a la producción en grano seco.

A si también Casseres (1984), indica que la importancia económica del cultivo de arveja se la considera como una hortaliza fina. Se puede producir productos

enlatados, además es también una hortaliza muy apropiada para la congelación, su elevado precio se clasifica en algunos lugares como un alimento para personas de alto nivel económico.

En nuestro medio la arveja es producida para su consumo como grano seco y vaina fresca. Después de cosechadas sus vainas, los tallos y hojas de arveja sirven de alimentación para los animales, por su alto porcentaje de sustancias nutritivas especialmente proteínas (Acosta, 1990).

La FAO (1992), indica que la arveja es una especie importante en la rotación de los cultivos, mejorando la estructura y fertilización del suelo a través de su capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias del genero *Rhizobium*.

Según Milán y Moreira (1996), la mayor parte de la producción de esta leguminosa está destinada al autoconsumo, los excedentes son comercializados por intermediarios que no siempre pagan precios justos a los agricultores.

2.2.2 Producción en Bolivia.

Milan y Moreira (1996), indican que las diversas ecoregiones de Bolivia proporcionan y favorecen una producción de arveja continua en diferentes épocas para su consumo como grano seco y vaina fresca. La cantidad de agricultores involucrados en el cultivo de arveja es considerable, los mismos están distribuidos en los Valles Interandinos y el Altiplano de los departamentos de Cochabamba, Potosí, Tarija, La Paz, Chuquisaca y Oruro.

Según el INE (2008), la producción del cultivo de arveja incremento considerablemente, teniendo el registro de la producción hasta el año 2003 y a partir del mismo se tiene datos proyectados como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Producción de Arveja en Bolivia

Gestión	2000	2001	2002	2003	2004 (p)	2005 (p)	2006 (p)	2007 (p)
Producción	21,55	21,85	22,93	23,66	24,403	25,173	25,021	24,99

TM	4	5	5	2			
----	---	---	---	---	--	--	--

P: producción proyectada

Fuente: INE, (2008)

2.3 Taxonomía y origen del la arveja

Se mencionan algunas características taxonómicas y de cultivo:

Nombre científico	:	<i>Pisum sativum</i>
Familia	:	Papilionaceae
Origen	:	Oriente Medio y región del mar Mediterráneo
Número cromosómico	:	14 cromosomas (2n)
Hábito de crecimiento	:	Anual, erecto (enanas y algunas decumbentes), rastrero (algunas decumbentes)
Forma de reproducción	:	Sexual autogámica
Ciclo de cultivo	:	110 a 150 días
Usos	:	Consumo humano (grano seco, tierno y harina)
Contenido proteico (100 g):	:	8,2% (grano tierno); 23.9% (grano seco)

(Fuente: Agricultura técnica,2007)

Por otro lado Evanz (1983), indica que las hojas son alternas, compuestas y paripinadas, con 1-3 pares de folíolos oblongos, estando el folíolo terminal transformado en zarcillo; insertada en la base del peciolo, cada hoja posee estipulas.

La arveja es una planta anual, herbáceo, trepadora, glabra, de tallos huecos redondos o angulosos, con o sin ramificaciones de longitud variable y por común con un tallo dominante. La ramificación puede ser laxa semi compacta o muy compacta, la planta tiene un tallo dominante (Vigliola y Ramirez, 1992).

Vigliola (1992), sostiene que los nudos productivos tienen dos o más flores pequeñas (1-2 cm), generalmente blancas. También García (1952) menciona que las flores nacen de la inserción de las hojas, bien aisladas o en grupos de dos o tres, presentando corola amariposada, de gineceo uní carpelar. A si mismo Vigliola (1992), menciona que la raíz es pivotante, con numerosas raíces laterales, formando también nódulos por simbiosis con *Rhizobium leguminosarum*.

Por otro lado Vigliola (1992), sostiene que es una especie autogama y la polinización dura de 2 -3 días; el fruto es una legumbre (vaina) con numerosas semillas, que presenta dehiscencia por ambas suturas.

2.3 Fisiología

La germinación es hipogea, los cotiledones quedan bajo tierra, en la cual la semilla se hincha y emerge la radícula del epicotíleo entre los cotiledones (Vigliola, 1983).

La plúmula se endereza y sale la primera hoja. En el desarrollo vegetativo existe la expansión foliar, alargamiento de los entrenudos y la modulación a nivel radicular, también se produce la nodulación radicular (Evans 1983). Así mismo indica que la floración se inicia unos 20 días antes que se visualice flores en el ápice. Existe una correlación positiva entre el tiempo y la altura de floración, aunque puede modificarse por factores genéticos o ambientales.

Los días largos adelantan la floración, lo mismo que la vernalización. La antesis se da después de la polinización, y posiblemente de la fecundación. También indica que unos días más tarde la corola muere y la vaina comienza a alargarse. Esto se identifica como vaina chata hasta que se inicia el llenado de las semillas.

Por último indica que los cotiledones se transforman en un enorme reservorio de proteínas, almidón y fosfato, consumiendo el endosperma, pierde humedad hasta llegar a 12-14% y completando proceso de maduración. Concluye que la semilla de arveja no presenta una larga vida ni latencia de pos madurez o secundaria.

2.4 Composición Química

Según el Boletín Técnico del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (2006), las semillas secas contienen como 22–24 por ciento de proteína. Las semillas inmaduras y las vainas verdes también son comestibles. Estas son considerablemente más bajas en proteína que las semillas maduras, pero son una fuente excelente de la vitamina A mientras están verdes, tanto como las plantas semilleras y las hojas.

Las plantas son un buen forraje para el ganado y a veces se cultivan para servir de abonos verdes y para cultivos de cobertura.

El grano seco, que es la forma principal en que se utiliza la arveja, a nivel mundial puede destinarse directamente para el consumo humano, comercializándose sus granos enteros o partidos, con o sin presencia de cutícula. El grano seco, a través de un proceso de rehidratación, también se usa en la industria conservera para enlatado.

De esta misma forma es usado extensivamente para consumo animal, especialmente en Rusia y partes de Europa.

Cuadro 2. Composición química de la arveja

Componente	Verde %	Seco %
Agua	70-75	,10-12
Proteína	5,0-7,0	20-23
Carbohidratos	14-18	62-66
Grasa	0,2-0,4	1,5-2,0
Fibra	2,0-3,0	5,8-8,0
Cenizas	0,5-1,0	2,5-3,0

Fuente: Kay, 1979

2.5 Requerimientos Ambientales

Suelo	:	Franco, franco arenoso, con buen drenaje
pH	:	5.5 a 7.5
Temperatura	:	12 a 18 °C.
Altitud	:	1600 a 3200 msnm; óptima de 1,700 a 2,800 msnm
Precipitación	:	400 a 800 mm/ciclo
Limitantes	:	Susceptible a granizadas y excesos de humedad

(Fuente: Agricultura Técnica)

2.5.1 Clima.

Según Vigliola (1988), la adecuada adaptación a periodos de temperaturas bajas durante la germinación y los primeros estadios de desarrollo, favorece el enraizamiento y la ramificación, el periodo crítico a las temperaturas bajas es a partir

de la floración y la formación de vainas, estadios en los que puede haber daño por heladas de cierta intensidad.

También menciona que la planta de arveja se comporta bien en clima templado y templado-frío, con adaptación adecuada a periodos de temperaturas bajas durante la germinación y los primeros estadios de desarrollo, favoreciendo de esta manera su enraizamiento y ramificación.

La arveja es una hortaliza que se desarrolla mejor en climas templados y que en sus primeras etapas de crecimiento resiste a bajas temperaturas, las elevadas disminuye la calidad de la arveja (Castaños, 1993).

Mientras que Villarroel (1997), sostiene que la arveja se comporta mejor en la primavera, siendo una hortaliza de clima fresco, templado y relativamente húmedo.

2.5.2 Luz y Temperatura.

En general son bastante resistentes al frío, representando un cultivo típicamente invernal en las zonas templadas y de primavera en las zonas muy frías, las semillas incluso germinan con temperaturas bajas y el desarrollo de la planta prosigue, mientras las heladas no sean frecuentes y prolongadas (Mateo, 1969).

También indica que los mejores productos se obtienen en climas frescos con veranos tardíos, la buena calidad de los guisantes, tanto en verde como en seco, depende en gran parte de que durante la maduración no se haya presentado temperaturas elevadas o vientos demasiado cálidos.

Casseres (1979), por su lado citado por PROCIANDINO (1989); sostiene que la temperatura óptima para el desarrollo de la planta está entre los 13 – 18 °C, con máximos de 21 - 24°C y mínimas de 7°C.

Ramirez (1992), sostiene que la arveja requiere de mucha luz y a su vez buen abastecimiento de agua. Un exceso de humedad, como falta de calor y escasa aireación del suelo, trae como consecuencia un mal desarrollo de la planta.

El IBTA (1996), indica que la arveja se desarrolla en forma óptima a temperaturas entre 16 -18°C, el periodo crítico a las temperaturas bajas es a partir de la floración y

la formación de vainas, estadios en los que puede haber daños por heladas tardías de cierta intensidad.

Por otro lado el CIFP (2001), señala que es un cultivo que requiere una media óptima de 15°C, para florecer requiere 10 °C y para madurar 16°C, puede soportar heladas hasta -3°C antes de la floración.

2.5.3 Humedad.

Vigliola (1988), menciona que en condiciones optimas de temperatura y humedad, la semilla germina en una semana, un exceso de agua provoca inconvenientes serios en la germinación debido a la falta de oxígeno.

Por otro lado las arvejas requieren preferentemente entre 800 -1000 mm de agua por año (PROCIANDINO, 1990).

Las zonas con 500 – 800 mm de precipitación pluvial por año (bien distribuidas) son óptimos para el cultivo de la arveja, durante el ciclo del cultivo requiere 150 mm de agua ya sea por riego o precipitación (ICA, 1991).

Por su lado Ramírez (1992), sostiene que la falta de humedad en el suelo antes de la floración, fuera de retardar el desarrollo de la planta, reduce el número de legumbres por planta y el número de granos por legumbre.

2.6 Requerimientos Edáficos

2.6.1 Suelo

La arveja es una especie que requiere suelos de buena estructura, profundos, ricos en nutrientes asimilables, con pH levemente ácidos a neutros, ya que esta especie es sensible a las deficiencias de calcio, y estar provisto de ácido fosfórico y potasa, el aspecto suelo es fundamental en el cultivo de arveja, por los serios problemas de germinación y enfermedades que causa el anegamiento (Vigliola, 1986).

También indica que desde el punto de vista de los nutrientes del suelo, es fundamental el fósforo asimilable, como se trata de una planta de ciclo corto y sistema radical poco extendido, esta tiene una mayor importancia.

Raymond (1989), indica que el guisante se adapta a suelos con pH 5.5 – 6.5, La preparación del terreno para la siembra depende del contenido de suelo en nutrientes. El guisante es muy susceptible a la deficiencia de manganeso, especialmente en suelos húmedos, con niveles orgánicos relativamente altos.

Del total de fósforo asimilable, el 60% va hacia el grano, el 25% hacia el follaje y el resto hacia las vainas.

Siddique, et al., y Lal (1985), citados por PROCIANDINO (1990); mencionan que la salinidad afecta a la producción de nódulos y la fijación de nitrógeno, como también afecta a la producción de materia seca y flores, el rendimiento y sus componentes además del índice de cosecha.

Según Monsalve (1993), La arveja es una especie que requiere suelos de buena estructura, profundos, bien drenados, ricos en nutrimentos asimilables y de reacción levemente ácida a neutra. Los mejores resultados se logran en suelos con buen drenaje, que aseguren una adecuada aireación, y, a su vez, tengan la suficiente capacidad de captación y almacenaje de agua para permitir su normal abastecimiento, en especial durante su fase crítica (período de floración y llenado de vainas).

Un drenaje deficiente que favorezca el "encharcamiento", inclusive durante un breve período después de las lluvias o el riego, es determinante para provocar un escaso desarrollo y, en muchos casos, pérdidas por ataque de enfermedades.

2.7 Requerimientos nutricionales

Castaños (1993), citado por agroingeniero.com, menciona:

Nitrógeno: Las cantidades de N están en función de la fertilización del cultivo anterior y del tipo de suelo. En general este tipo de cultivo no necesita de dosis elevadas para desarrollarse.

Las recomendaciones fluctuarán entre 45 a 70 kg/ha. Cantidades superiores, retardarán la maduración de los frutos. Una tercera parte del nitrógeno se aplicará

junto con el P antes de la siembra, y el resto después de 2 o 3 semanas después de la emergencia.

Fósforo: Las dosis recomendadas nunca deberán exceder los 100 kg de P_2O_5 por hectárea, ya que han reportado bajos rendimientos, cuando se utilizan fertilizaciones mayores.

Potasio: En terrenos agrícolas, carentes de este elemento, se usarán de 110 a 170 kg/ha, aplicados al voleo, antes del rayado de las camas.

Muy sensible a las deficiencias de manganeso y cinc. En caso de deficiencia de cinc se deberá agregar antes o durante la plantación. La corrección de deficiencias de manganeso, se hace por medio de aplicaciones foliares.

2.8 Variedades Botánicas de Arveja

Infoagro (2003), indica que dentro la especie se puede distinguir tres variedades Botánicas:

- ***Pisum sativum* L. ssp. sativum Var Macrocarpon Ser.** ; es preferida por el consumo de sus valvas (pericarpio) y por la usencia de endocarpio, esta estructura conocida también como pergamino, correspondiente a un tejido de fibras esclerenquemáticas ubicada en la cara interna de las valvas. Los cultivares pertenecientes a esta variedad botánica presentan en su mayoría flores de color blanco purpura, entre los nombres más comunes e importantes utilizados para denominarlas son: Arveja china, snow pea, comelotodo, pois mange – tout, china pea, etc.
- ***Pisum sativum* L. ssp. Sativum Var sativum;** se cultiva principalmente para la obtención de granos tiernos inmaduros, estos son destinados directamente al consumo humano o para procesarse, ya sea para la obtención de producto congelado o enlatado.

Los cultivares presentan en su mayoría flores de color blanco. Ente los nombres comunes más importantes tenemos: arveja guisante, garden pea, canning pea, green pea, pois, etc.

- ***Pisum sativum* L. ssp. *Sativum* Var *arvense* (L) Poir.**; que es cultivada para la producción de granos secos, los cuales son utilizados en la alimentación humana o animal, además los cultivares usados con fines forrajeros pertenecen también a esta variedad botánica, las flores que presentan son de color purpura, entre los nombres comunes más importantes en esta variedad son: field pea, arveja seca y arveja forrajera.

2.9 Sustrato

Sustrato, es la capa superficial del almacigo, donde van a germinar las semillas y comenzara el crecimiento de la planta. Por tal razón el sustrato debe ser suficientemente suelto para favorecer una buena formación del sistema radicular de las plántulas, además de poder abastecer adecuadamente los nutrimentos necesarios para el desarrollo de la plántula (Valdivia, 1989).

Además Infoagro (2007), menciona que un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta.

2.9.1 Características

El sustrato debe tener una buena porosidad para permitir un adecuado drenaje y la penetración del aire. Además la textura debe ser suelta para reducir la resistencia mecánica a la germinación. El sustrato no debe tener partículas grandes, raíces u otros elementos extraños, para ello normalmente se pasan los materiales por una zaranda de un cuarto de pulgada (Galloway, 1985).

Según Padilla (1989), un buen sustrato debe reunir y proporcionar las siguientes características:

- Buena aireación, a fin de permitir la circulación del oxígeno del aire, indispensable para la germinación y respiración radicular.

- Buen contacto entre semilla y sustrato, ya que si quedan espacios libres entre semillas del sustrato; la semilla no se humedece totalmente y no germina; por lo tanto hay que evitar que los espacios entre las partículas del sustrato sean muy grandes.
- Poca resistencia mecánica, de manera que permita la emergencia de la plántula, el desarrollo y profundización de las raíces dentro del sustrato. Si este es compacto impide el buen desarrollo radicular; a veces, se da el caso que el riego puede formar una capa fina debido a la concentración de arcilla en la superficie (encostramiento), lo que impide la salida de la parte aérea de las plántulas.
- Capacidad de infiltración, que permita el buen uso de agua, primero por las semillas y luego por las plántulas. Si el sustrato no permite una fácil infiltración, las semillas o las plántulas perecen por asfixia; por el contrario, si el drenaje es muy rápido habrá que regar con mayor frecuencia para mantenerlo húmedo.
- Poca o nula cantidad de estructuras reproductivas de agentes patógenos (hongos, bacterias, nematodos, etc.) que puedan causar daños o enfermedades; además que esté exento de semilla de malezas.

2.9.2 Clasificación y Tipos de Sustratos

Según Infoagro (2007), existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc.

2.9.2.1 Según sus propiedades

- **Sustratos químicamente inertes.** Arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- **Sustratos químicamente activos.** Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal.

2.9.2.2 Según el origen de los materiales

Materiales orgánicos.

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turberas).
- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).
- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, serrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

Materiales inorgánicos o minerales.

- De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las

características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).

- Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.).

2.10 Nutrientes de las plantas en macetas

Cabrera (2002), indica que un medio bueno deberá de tener buenas propiedades físicas como son: aireación y drenaje, retención de agua y bajo peso húmedo por volumen (sinónimo de densidad aparente). Cabe mencionar que la determinación de valores de las propiedades físicas mencionadas, fueron establecidas en sustratos que después de haber sido regados a saturación se han dejado drenar hasta alcanzar un equilibrio, condición conocida como capacidad de maceta o contenedor (CC).

También indica, que en general el sustrato deberá tener una porosidad total de por lo menos 70% (en base a volumen). Más importante aún es conocer como la porosidad total está repartida entre aquel espacio ocupado por agua y aire. La porosidad de aire (espacio ocupado por aire en el sustrato), es probablemente la propiedad física más importante de los sustratos empleados en la horticultura ornamental. Aunque el valor mínimo recomendado de porosidad de aire es 10% (en base a volumen), éste realmente debe ajustarse de acuerdo a la tolerancia de las plantas a niveles bajos de aireación.

Con respecto a la capacidad de retención de agua por el sustrato, un mínimo de 55% (en base a volumen) es deseable para una maceta o recipiente de 10-15 cm de altura. Asimismo, se desea que el volumen de agua total disponible para la planta deba aproximar por lo menos 30% del volumen total del sustrato. El peso húmedo (o el peso de volumen) también debe ser considerado cuidadosamente, ya que puede resultar en aumentos significativos en el peso de las macetas, particularmente aquellas de tamaño grande.

Esto es apreciable en labores de espaciado y cargado, además de incrementar los costos de transporte. Sustratos ligeros suelen ser preferidos, aunque podrían ser no muy deseables en viveros expuestos frecuentemente a fuertes vientos. El reacomodo de macetas volcadas en viveros puede ser una labor intensiva y costosa (Cabrera, 2002).

Según jardineria.com (2007), indica que las plantas necesitan una serie de 13 elementos químicos que son esenciales para vivir y desarrollarse. Esta se encarga de obtenerlos del suelo a través del agua que se absorben por las raíces. Estos elementos podemos agruparlos en dos grupos diferentes de nutrientes, los Macronutrientes y Micronutrientes.

Así mismo afirma que en el grupo de los Macronutrientes, que son aquellos que las plantas absorben en cantidades grandes, encontramos al Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre.

Por otro lado tenemos el grupo de los Micronutrientes, que si bien son absorbidos en menor cantidad, son tan necesarios como los macronutrientes. En este grupo podremos encontrar el Hierro, Zinc, Manganeso, Boro, Cobre, Molibdeno y Cloro.

Si bien todos estos elementos se encuentran en el suelo, a veces la concentración de alguno de ellos puede disminuir o bien la planta no logra absorberlos. Así es como comienzan a aparecer algunos síntomas, como en el caso en el que las hojas comienzan a decolorarse y se tornan de color amarillento mientras que sus nervios continúan verdes (jardineria.com, 2007).

2.11 Sustratos y disponibilidad de elementos nutritivos

La influencia del sustrato en el desarrollo de las plántulas forestales ha sido objeto de poca investigación, a pesar de las variaciones que las especies muestran, en esta etapa de desarrollo que es la primera respuesta a las condiciones circundantes. (Duncan, citado por Rojas; 1985)

El abastecimiento y absorción de determinados compuestos o elementos químicos por parte de los organismos vivos, tiene como propósito favorecer aquellas reacciones que posibiliten su metabolismo y crecimiento. Dichos elementos se

denominan elementos nutritivos, aquella fracción de elementos químicos del suelo que son fácilmente accesibles a las raíces de las plantas. Ella depende de factores físicos y químicos del suelo, de las propiedades de los elementos, como de sus características iónicas o químicas de los elementos y de reacciones bioquímicas de las plantas (Gerding, 1992).

2.12 Deficiencia de Nutrientes en macetas

Sánchez (1995), indica que el suelo es el medio donde la planta encuentra el agua, las sustancias minerales y el oxígeno necesarios para su crecimiento y desarrollo vegetativo. Al mismo tiempo hace de soporte a la planta.

El suelo ideal es aquel que tenga una porosidad y disposición de sus partículas tales que permitan la penetración de las raíces y que retengan el agua y el aire en cantidades suficientes. En muchas ocasiones no se encuentra este suelo ideal, por lo que hay que acudir a suelos artificiales. Este es el caso de todos los cultivos realizados en macetas y contenedores.

Las plantas cultivadas en recipientes tienen un crecimiento limitado de sus raíces, y tienen necesidades de nutrientes, aire y agua. Por este motivo, para los cultivos en recipientes hay que buscar sustratos que sean capaces de mantener una gran cantidad de raíces en un reducido espacio teniendo suficiente agua y aire disponible.

Los sustratos artificiales normalmente se obtienen por la mezcla de varios productos. Es la suma de las características de cada uno de esos productos o componentes de la mezcla la que le dará las características óptimas al sustrato.

Normalmente estos productos tienen gran cantidad de macró poros para mantener la aireación y retienen gran cantidad de agua.

Según Cabrera (2002), la gran parte del éxito en la producción de plantas en maceta o contenedor requiere de una comprensión del ambiente único encontrado, la maceta, y como éste es afectado por las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados.

Las propiedades físicas son consideradas como las más importantes para un sustrato. Esto es debido a que si la estructura física de un sustrato es inadecuada, difícilmente podremos mejorarla una vez que se ha establecido el cultivo. En cambio, las propiedades químicas si pueden ser alteradas posterior al establecimiento del cultivo. Por ejemplo, si un sustrato no posee un pH o el nivel nutricional adecuado, estos puede mejorarse añadiendo enmiendas o abonos. Similarmente, un exceso de sales solubles puede remediarse con un lavado (o lixiviado) con agua de baja salinidad.

2.13 Fertilización

Dado que la arveja es de ciclo relativamente corto y posee un sistema radical poco extendido y no alcanza a explorar exhaustivamente el suelo, requiere una alta dotación de nutrientes asimilables para desarrollar y producir altos rendimientos.

En sus estados iniciales, la planta de arveja debe absorber el nitrógeno del suelo mientras no esté disponible el aporte que efectúan las bacterias simbióticas. A partir de este momento, por lo general, no es necesaria su aplicación por medio de la fertilización. El suelo debe proveer los demás nutrientes, de allí que la necesidad de fertilizar y el fertilizante a aplicar, estén determinados por la disponibilidad de nutrientes del mismo y por las exigencias de la planta; es decir, debe adecuarse a cada situación en particular (Monsalve, 1993).

2.13.1 Características de la fertilización

2.13.1.1 Fertilización y fertilizante

Según Winters (1972), el estiércol animal es la forma más útil de fertilizar y con frecuencia es la única forma disponible para el agricultor. El mismo autor refiriéndose al compost, señala la ventaja que ofrece esta en el mejoramiento de la aireación y drenaje debido a la mejor condición física del suelo a que da lugar, también ayuda a prevenir el endurecimiento y agrietamiento del suelo. La necesidad de fertilizar y el fertilizante a aplicar, está determinado por la disponibilidad de nutrientes del mismo y

por las exigencias de la planta. Es decir debe adecuarse a cada situación en particular.

Según Riva *et al.*, (1974), de la ley del mínimo de Liebig y de la ley de acción de los factores de crecimiento de Mitschlich, se deduce claramente cuán importante es la proporción de nutrientes del suelo para el rendimiento de las plantas. Sin embargo, hay muy pocos suelos que dispongan de una reserva nutritiva muy grande. Hay dos causas que motivan gran pérdida de nutrientes; el lavado del suelo por las aguas y la extracción de sustancias por las cosechas intensivas.

Según Martin (2007), los nutrientes primarios son los que la planta absorbe en mayores cantidades y que al igual que todos los elementos son básicos para su desarrollo. Estas cantidades pueden ser de hasta varios cientos de kilos por hectárea, algunos tomados de la atmósfera (carbono, hidrógeno y oxígeno) y otros tomados desde el suelo por las raíces (nitrógeno, fósforo y potasio).

Los nutrientes secundarios son los que la planta absorbe también en grandes cantidades pero sensiblemente menores a las de los primarios. Son el calcio, el magnesio y el azufre. Los micronutrientes u oligoelementos son nutrientes igual de esenciales para el crecimiento de las plantas, pero las cantidades son muy pequeñas (del orden de algunos gramos o cientos de gramos por hectárea).

El mismo autor indica que existe un riesgo a la hora de aportar este tipo de nutrientes y es que el rango entre necesidad o toxicidad es muy pequeño, por lo que un leve error puede ser muy negativo, incluso en determinadas plantas sus aportaciones pueden ser tóxicas. Los micronutrientes esenciales son el boro, el zinc, el cloro, el cobre, el hierro, el manganeso, el molibdeno y el cobalto.

Infoagro (2009), menciona que el fertilizante o abono es cualquier sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética que aporta a las plantas uno o varios de los elementos nutritivos indispensables para su desarrollo vegetativo normal.

Pese a que los abonos permiten la fertilización del suelo, es necesario evitar excesos en su uso, ya que pueden ser tóxicos para las plantas y alterar la acidez del suelo. En el caso de los abonos con elementos químicos, se debe cuidar las interacciones entre estos, ya que pueden resultar dañinas (Definicon de, 2009)

2.13.2 Tipos de Fertilización

Se establece dos grandes tipos de fertilización en función de su procedencia: la fertilización orgánica y la fertilización mineral (o inorgánica). La evolución de los ecosistemas está siempre basada en un proceso cíclico, que en nuestro caso no es del todo perfecto porque estamos intentando conseguir una producción adicional. Dentro de este ciclo quien mejor se adapta es la fertilización orgánica (de origen animal o de origen vegetal), mientras que la fertilización mineral es un apoyo a la mejora en el rendimiento, pero siempre desde un segundo plano y considerando todos los inconvenientes que nos puede acarrear.

Con la fertilización mineral estamos diferenciando la aportación de nutrientes primarios, nutrientes secundarios y micronutrientes.

También establece diferencias entre la materia orgánica líquida y la sólida, ya que su forma física influye mucho a la hora de la aportación: la líquida es mucho más fácil de asimilar puesto que ya se encuentra disuelta en agua mientras que la sólida no sólo depende de condiciones climáticas (debe llover para que se asimile) sino que una vez haya agua en el suelo debe pasar a la solución del mismo (Martin,2007).

Cuadro 3. Materia Orgánica y sus Beneficios

Disposición de Materia Orgánica	Beneficios
Estiércol y Deyecciones animales o purines	Favorece la Fertilidad del suelo
Restos de Cosechas	Mejora las propiedades físicas (estructura, retención de agua)
Restos de Podas (Plantas ornamentales, frutales, césped, etc.)	Mejora las propiedades químicas (aporte de nutrientes, CIC, pH, etc)
Residuos de Industrias Transformadoras (depuradoras, centrales de biomasa)	Mejora las propiedades biológicas (aumento de la micro y macro fauna del suelo)
Turbas	Evita la erosión
Harinas cárnicas	Evita la contaminación de los acuíferos subterráneos
Harinas de pescado	Favorece la retención de los nutrientes evitando su pérdida por lixiviación
Subproducto de la industria alimentaria (vinazas, cultivo de champiñón)	Bajos costos
Residuos de industrias forestales (corteza	Gestión de nuestros propios recursos

de arboles, viruta de madera, serrín)
Abonos Verdes, Etc

con lo que dependemos de proveedores

Fuente (Martin 2007)

2.13.2.1 Otros Fertilizantes

Según Infoagro (2009), se tiene otro tipo de fertilizantes o abonos, los cuales son:

Abonos Especiales

Es el que cumpla las características de alta solubilidad, de alta concentración o de contenido de aminoácidos, entre ellos tenemos:

- A) Abono de alta solubilidad, que es un fertilizante o abono sólido cuyo residuo insoluble en agua a 15 °C, es menor del 0,5 %, a la mayor dosis recomendada para su uso.
- B) Producto con contenido de aminoácidos, que es un producto que incorpora aminoácidos obtenidos por alguno de los siguientes procesos: hidrólisis de proteínas, fermentación o síntesis

Correctores de carencia

Es aquel que contiene uno o varios microelementos y se aplica al suelo o a la planta para prevenir o corregir deficiencias en su normal desarrollo.

- a) Cobre: acetato de cobre.
- b) Hierro: citrato de hierro, sulfato de hierro amoniacal.
- c) Calcio: calcio quelatado o complejado, cloruro cálcico.
- d) Magnesio: magnesio quelatado o complejado.

Abonos, enmiendas, y correctores con elementos secundarios

Es cualquier sustancia o producto orgánico capaz de modificar o mejorar las propiedades y las características físicas, químicas, biológicas o mecánicas del suelo. Son abonos que contienen uno o varios elementos secundarios y/u oligoelementos

2.14 Mejoramiento genético

González (2001), menciona que para establecer planes de mejora, deben evaluarse los componentes del rendimiento y características de la planta que repercutan en la productividad, algunos de estos aspectos son; producción de biomasa total, número de vainas por unidad de superficie, peso del grano, número de granos por vaina, altura de la planta, número de tallos reproductivos, número de nudos con vaina, etc. Además se hace mención que estas características están modificadas por la agronomía y el entorno.

Paredes (2007), menciona que el objetivo principal del fitomejoramiento genético es incrementar la producción y la calidad de los productos agrícolas por unidad de superficie, en el menor tiempo, con el mínimo esfuerzo y al menor costo posible. Esto se logrará mediante la obtención de nuevas variedades o híbridos de alto potencial, es decir, que produzcan más grano, más forraje, más fruto, o más verduras en la menor Área de terreno posible, y que se adapten a las necesidades del agricultor y consumidor.

El principal objetivo de un programa de Mejoramiento genético o tecnológico es buscar, destacar las características biológicas que interesan al hombre, siendo generalmente características comportamentales relacionadas con la producción. (*apinetla.com, 2008*).

2.14.1 Limitaciones del mejoramiento genético convencional

El mejoramiento genético convencional enfrenta algunas limitaciones, tanto en términos de la disponibilidad de germoplasma, como de los plazos requeridos para la obtención de nuevas variedades. Las técnicas de ingeniería genética se usan para mejorar o introducir nuevas características a los cultivos mediante intervenciones más precisas, rápidas y predictivas, cuando todas las otras técnicas de mejoramiento agotan sus posibilidades. Por ejemplo, la ingeniería genética se aplica cuando la característica a ser introducida no está presente en la especie de interés, o la característica es muy difícil de mejorar por métodos convencionales, o cuando la

introducción o mejora de una característica pueda llevar mucho tiempo por métodos convencionales (ArgenBio, 2003-2004).

2.14.2 Alternativas al mejoramiento convencional

Según ArgenBio (2003-2004), la biotecnología es una alternativa sustentable a las prácticas convencionales. En la actualidad, millones de hectáreas en todo el mundo se cultivan con métodos conservacionistas para reducir al mínimo el daño a las tierras. Con el paquete tecnológico “cultivo transgénico tolerante a herbicida - siembra directa” es posible evitar la degradación y erosión del suelo, por cuanto se reduce o elimina el desmalezado y roturación de la tierra; se deja en los lotes el residuo de las cosechas formando una capa protectora con reciclado de materia orgánica al suelo.

Según la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (2003), la biotecnología vegetal puede aportar herramientas para lograr una domesticación más rápida y dirigida. La variación somaclonal espontánea y la inducción de mutaciones *in vitro*, son una fuente de variación de la que se pueden seleccionar características agronómicas de interés para el hombre.

Esta selección que es factible realizar *in vitro*, y/o *ex vitro*, puede estar orientada a la adaptación por medio de resistencia o tolerancia a factores ambientales que permitan el cultivo masivo de la especie, (citado en porquebiotecnologia.com, 2009).

Si bien la biotecnología provee alternativas al mejoramiento genético y esto conlleva a reducción de tiempo, espacio, éstos no se aplican a *Pisum sativum*, en el CIFP, los métodos empleados en estudios en arveja están referidos a métodos tradicionales del mejoramiento genético, para lo cual se necesita tanto de material genético, insumos, materiales, espacios físicos, siendo por lo tanto determinante la optimización de recursos para resultados óptimos del mejoramiento tradicional.

3. LOCALIZACIÓN

3.1 Ubicación Geográfica

El presente trabajo se realizó en parcelas del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas Pairumani (CIFP), que se encuentra en la provincia Quillacollo, a 18 Km. de la ciudad de Cochabamba, geográficamente esta ubicación a 17°22' de latitud sur y a 16°19' de longitud oeste, a una altura de 2584 m.s.n.m. (Sarmiento 1994, citado por Castellón; 2000). Donde se tiene un agro-ecosistema cabecera de valle (SENAMHI, 2001).

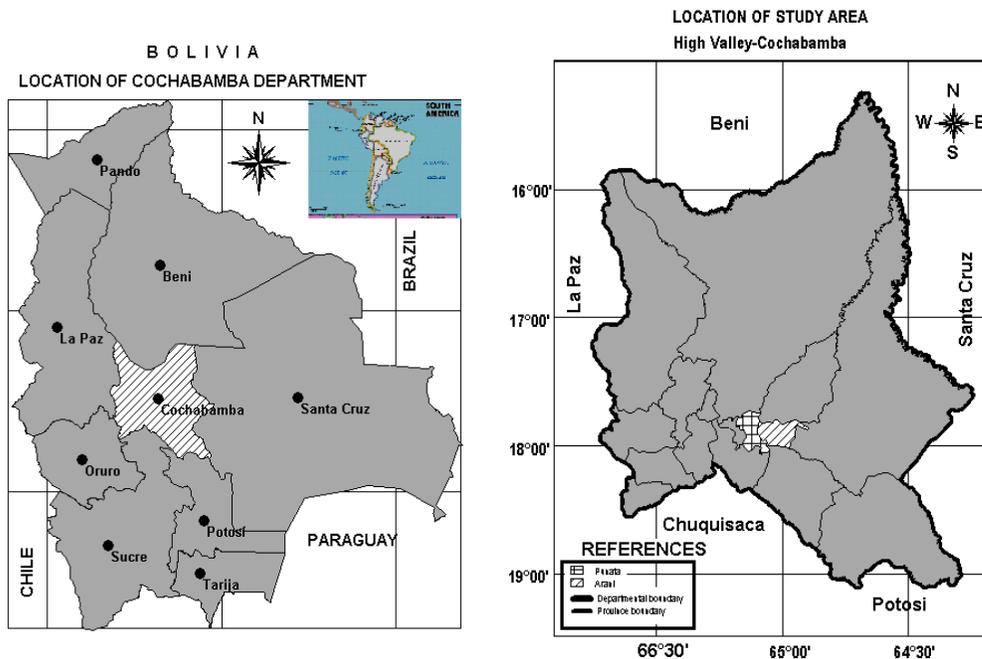


Figura 1. Ubicación geográfica

3.2 Características Climáticas

Por lo general la región presenta un clima típico de la regiones de valle con una temperatura promedio anual de 16° C. y una precipitación promedio anual de 559,28 mm. (CIFP, 1994).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Material Biológico

Para el presente estudio se utilizó dos variedades mejoradas de Arveja, otorgadas por el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, las cuales son denominadas como Pairumani 1 y Pairumani 3.

Cuadro 4. Respuesta promedio de las variedades mejoradas de arveja sobre 9 localidades de la zona de Sacaba, Cochabamba (2000-2001)

Variedad	Pairumani 1	Pairumani 3
Rdto. Materia verde (kg/ha)	2889,92	5003,54
Altura (cm)	71,16	79,08
Días a Floración	48	49
Días Madurez Vaina Verde	76	74
Longitud de Vaina (cm)	6,58	7,76
Vainas Por Planta	5	4
Granos Por Vaina	6	5
Peso de 100 semillas (g)	17,05	26,95

Fuente: CIFP 2001

4.1.1.1 Extra triple 20-20-20

Según Genp Perú (2007), es un fertilizante foliar sólido, soluble en agua y de fácil aplicación, que representa una fertilización completa y balanceada suministrando al cultivo nutrientes principales como el Nitrógeno, Fosforo y Potasio así mismo contiene micronutrientes con un agente quelatante que facilita una rápida asimilación permitiendo una mayor traslocación del nutriente es el torrente circulatorio de la planta, de tal manera que las plantas pueden desarrollar su máximo potencial productivo; todas estas características hacen que este producto sea ideal para inducir el macollamiento.

Es denominado abono químico o fertilizante químico. Tienen la enorme ventaja de permitir aportar el o los elementos necesarios en las cantidades justas y momentos

precisos. Y obviamente no llevan patógenos ni otros productos indeseados. Pero carecen del resto de propiedades de los orgánicos (El Jardín de Julio, 2009).

Composición química Extratriple 20

Cuadro 5. Composición química del Extratriple 20

Elementos Mayores		Elementos Menores	
Nitrógeno (N)	20%	Calcio (Ca)	0,500%
Fosforo (P ₂ O ₅)	20%	Magnesio (Mg)	0,500%
Potasio (K ₂ O)	20%	Hierro (Fe)	0,230%
		Cobre (Cu)	0,0028%
		Zinc (Zn)	0,091%
		Boro (B)	0,003%

Toxicidad: DL 50 Oral > 10000 mg/kg

Fuente: Genp Boliviana Ltda. (2005)

4.1.1.2 Perfectose

4.1.1.2.1 Características

Abono especial, producto procedente de la hidrólisis enzimática de extractos vegetales, que asegura un máximo contenido en Isómeros L, únicos Aminoácidos biológicamente activos.

Debido al elevado contenido en Aminoácidos libres y su rápida incorporación a la savia elaborada de las plantas, proporciona un medio nutritivo y estimulante, siendo aprovechado de forma inmediata por ellas. Favorece todos los procesos vegetativos: Crecimiento, inducción floral, cuajado y desarrollo de los frutos.

Está especialmente indicado para su uso en fertirrigación, pudiendo mezclarse con los fertilizantes habituales. Contiene sustancias acomplejantes que favorecen la absorción de sus Micronutrientes así como de los del propio suelo (SIPCAM INAGRA, 2007).

4.1.1.2.2 Clasificación

BCS OKO, el organismo de control independiente y privado, que certifica mundialmente productos orgánicos conforme a diversos estándares legales y normas privadas, de acuerdo su catalogo de productos (2008), lo clasifica por sus características como fertilizante, en tanto SIPCAM (2007), lo clasifica como concentrado soluble, con uso en abonamiento. El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Republica de el Salvador (2000), lo clasifica como un fertilizante. Según SENASAG Bolivia (2009), está registrado bajo el número 0824, como clase y tipo fertilizante, con grado toxicológico IV, y formulación liquida de aplicación directa.

Composición Química

Cuadro 6. Composición química del Perfectose

Componente	Proporción
Aminoácidos libres	6,0% p/p
Materia orgánica total	24,0% p/p
Nitrógeno (N) total	3,6% p/p
Nitrógeno (N) orgánico	2,9% p/p
Nitrógeno (N) amoniacal	0,2% p/p
Nitrógeno (N) ureico	0,4% p/p
Hierro (Fe)	0,059% p/p
Manganeso (Mn)	0,3% p/p
Cobre (Cu)	0,017% p/p

Fuente: SIPCAM INAGRA (2007)

4.1.2 Materiales de Campo

En el estudio realizado los materiales fueron:

- Bolsas Plásticas
- Tierra del Lugar
- Materia Orgánica, o Tierra Vegetal
- Arena
- 2 Variedades de arveja
Pairumani 1 y Pairumani 3
- Cinta Métrica
- Herramientas: palas, picotas,
carretilla.
- Estacas
- Marcadores
- Fertilizante Extratriple 20
- Fertilizante o Abono Especial
Perfectose



En la presente etapa se procedió al llenado de las bolsas con las mezclas obtenidas después de haber sido combinadas la Tierra, Materia Orgánica y Arena

Fotografía 1. Preparado de bolsas



Semilla Pairumani 1 y Pairumani 3 antes de la inmersión en el Perfectose

Fotografía 2. Material (Perfectose)



Semilla proporcionada por el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani

Fotografía 3. Material genético

4.1.3 Material de Gabinete

- Papel
- Computadora
- Marcadores
- Material de escritorio

4.2 Métodos

4.2.1 Procedimiento experimental

Tratamientos.- Los tratamientos estuvieron constituidos en base a los siguientes factores que se describen a continuación:

Factor Variedad, se empleó dos variedades de arveja (Pairumani 1 y Pairumani 3) que se eligieron del banco de germoplasma del CIFP.

Factor tipo de fertilización, donde se utilizó una fertilización química compuesta de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Extratriple 20) utilizando la proporción de 1 kg., por cada 100 litros de agua, según recomendación del fabricante, que para el presente estudio en cada aplicación, según el cálculo correspondiente, se aplicó 200 gr. de extratriple 20 disolviendo en 20 litros de agua, aplicando dos veces por semana, con ayuda de la mochila difusora a presión, que es muy utilizada en nuestro medio para realizar diferentes tratamientos. Una fertilización con un abono especial orgánico (Perfectose) dejando en reposo la semilla en 5 cc, para 2 litros de agua, un día antes de la siembra por el lapso de 5 minutos, además de riegos con una frecuencia de dos veces por semana a partir del momento en que se dio inicio de la floración con una proporción de 2cc. por cada litro de agua; que para el presente estudio cada aplicación, al igual que el Extratriple 20, se calculó que es necesario 20 litros de agua para cubrir las macetas, en las cuales se aplicaron los tratamientos, y por esta razón fueron necesarios 40 cc de perfectose por aplicación, y una fertilización de control con nivel cero donde no se aplicó ningún tipo de fertilización.

Factor combinación de sustratos

Sus componentes fueron:

Arena, que en cada combinación se presentó en diferentes niveles, que serán 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.

Tierra del lugar, que en cada combinación se presentó en diferentes niveles, que serán 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.

Materia orgánica, que en cada combinación se presentó en diferentes niveles, que serán 0%, 25%, 50%, 75%,100%.

La mezcla del sustrato fue preparada considerando cinco proporciones de arena, cinco de tierra del lugar y cinco de materia orgánica constituido por un factorial incompleto, de donde los tratamientos eliminando algunas combinaciones repetidas fueron:

Cuadro 7. Combinaciones de tierra, arena y materia orgánica para 33 sustratos

Combinación	Tierra	Arena	Materia Orgánica	Relación
T1	T0	A0	MO100	0:0:4
T2	T0	A25	MO75	0:1:3
T3	T0	A50	MO50	0:2:2
T4	T0	A75	MO 25	0:3:1
T5	T25	A0	MO75	1:0:3
T6	T25	A25	MO50	1:1:2
T7	T25	A50	MO 25	1:2:1
T8	T25	A50	MO50	1:2:2
T9	T25	A50	MO75	1:2:3
T10	T25	A75	MO 0	1:3:0
T11	T25	A75	MO 25	1:3:1
T12	T25	A75	MO50	1:3:2
T13	T50	A0	MO 25	2:0:1
T14	T50	A0	MO50	2:0:2
T15	T50	A0	MO75	2:0:3
T16	T50	A25	MO 0	2:1:0
T17	T50	A25	MO 25	2:1:1
T18	T50	A25	MO50	2:1:2
T19	T50	A25	MO75	2:1:3
T20	T50	A50	MO 0	2:2:0
T21	T50	A50	MO 25	2:2:1
T22	T50	A50	MO50	2:2:2
T23	T50	A75	MO 0	2:3:0
T24	T50	A75	MO 25	2:3:1
T25	T75	A0	MO 25	3:0:1
T26	T75	A25	MO 0	3:1:0
T27	T75	A25	MO 25	3:1:1
T28	T75	A25	MO50	3:1:2
T29	T75	A25	MO75	3:1:3
T30	T75	A50	MO 25	3:2:1
T31	T75	A75	MO 25	3:3:1
T32	T 100	A 0	MO 0	4:0:0
T33	T0	A100	MO 0	0:4:0

Fuente: Elaboración Propia



Fotografía 4. Macetas

4.2.2 Diseño experimental

Los factores variedad, tipos de fertilización y sustratos fueron distribuidos de acuerdo al diseño de bloques completos al azar en parcelas sub-divididas con cuatro repeticiones.

En las parcelas principales se distribuyó aleatoriamente los tipos de fertilizantes, en las sub-parcelas las variedades y en las sub-sub parcelas, las mezclas de las diferentes combinaciones de los sustratos. Como unidad experimental se consideró una maceta con 5 plantas distribuidas uniformemente en la maceta.

4.2.3 Análisis estadístico

Modelo de análisis estadístico

Los datos de cada una de las variables evaluadas a nivel de planta previa verificación de los supuestos de distribución normal y homogeneidad de varianza, se analizaron de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + X + \alpha_i + \beta_j + \delta_{ij} + \gamma_k + \zeta_{jk} + \tau_{ik(j)} + \eta_l + \theta_{kl} + \chi_{jl} + \lambda_{jkl} + \xi_{il(jk)}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, 4$ bloques $j = 1, 2, 3$ tipos de fertilización $k = 1, 2$ variedades de arveja

$l = 1, 2, 3, \dots, 33$ sustratos

Y_{ijkl} = Valor de una variable de respuesta en una sub unidad, donde se aplicó el l -ésimo sustrato, dentro de la k -ésima variedad y donde se aplicó el j -ésimo tipo de fertilización, en el i -ésimo bloque.

μ = Media General

X = Valor de la covariable número de plantas en la sub unidad, donde se aplicó el l -ésimo sustrato, dentro de la k -ésima variedad, donde se aplicó el j -ésimo tipo de fertilización, en el i -ésimo bloque.

α_i = Efecto aleatorio del i -ésimo bloque \sim NIID $(0, \sigma_b^2)$

β_j = Efecto fijo del j -ésimo tipo de fertilizante

δ_{ij} = Efecto aleatorio de la interacción entre el i -ésimo bloque y el j -ésimo tipo de fertilizante \sim NIID $(0, \sigma_{bf}^2)$

γ_k = Efecto fijo de k -ésima variedad

ζ_{jk} = Efecto fijo de la interacción j -ésimo tipo de fertilizante y la k -ésima variedad

$\tau_{ik(j)}$ = Efecto aleatorio de la interacción del i -ésimo bloque con la k -ésima variedad en el j -ésimo tipo de fertilizante \sim NIID $(0, \sigma_{bvf}^2)$

η_l = Efecto fijo del l -ésimo sustrato

θ_{kl} = Efecto fijo de la interacción de la k -ésima variedad con el l -ésimo sustrato

χ_{jl} = Efecto fijo de la interacción del j -ésimo tipo de fertilizante con el l -ésimo sustrato

λ_{jkl} = Efecto fijo de la interacción del j -ésimo tipo de fertilizante con la k -ésima variedad y con el l -ésimo sustrato.

$\xi_{il(jk)}$ = Efecto aleatorio de los residuales \sim NIID $(0, \sigma_e^2)$

En base al modelo estadístico se realizó el análisis de covarianza para probar hipótesis acerca de los efectos fijos en el modelo y estimar componentes de varianza de efectos aleatorios y poder determinar el sustrato y el tipo de fertilizante más apropiado, para el cultivo de arveja en macetas, realizando una comparación de medias mediante contrastes de t de 1 grado de libertad y utilizando el procedimiento MIXED (Modelos Mixtos) del programa SAS v8.

4.2.4 Procedimiento

Para la preparación del sustrato, se procedió a la mezcla de los insumos; en un saco extendido en el suelo se realizó el vaciado de una unidad de medida. Con esta medida, tanto de tierra, materia orgánica y arena, se procedió a una mezcla homogénea del sustrato, y posteriormente poder disponer de esta combinación del sustrato en las macetas asignadas.



Fotografía 5. Preparación y mezcla de sustrato

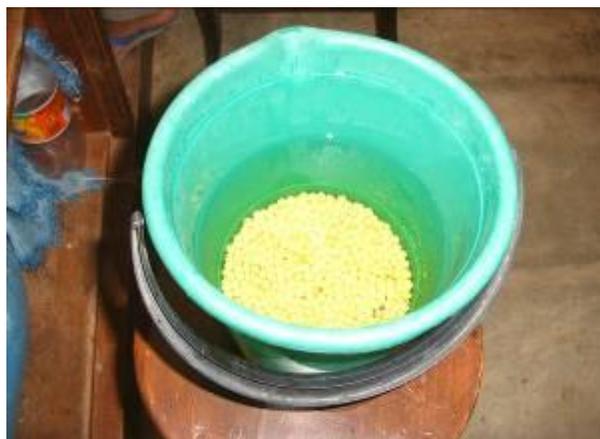


Fotografía 6. Distribución de macetas a la siembra

Para poder proceder a la siembra, se distribuye el sustrato antes preparado en medidas iguales y distribuirlos en el terreno según sugiere el diseño de bloques completos al azar en parcelas sub divididas; para luego realizar un riego liviano y poderlas tener en capacidad de campo, luego se procedió a la asignación de la semilla seleccionada.

En el caso del Perfectose, se realizó una inmersión un día antes de la siembra, por el lapso de 5 minutos, para poder ayudar a la ruptura de la latencia, además se procedió a la incorporación del perfectose en el riego a partir de la floración, ya que el fabricante sugiere aplicarlo a partir de esta etapa. El riego se aplicó en forma homogénea manteniendo la humedad a capacidad de campo en todas las unidades

experimentales, aplicando el fertilizante químico, extratriple 20 en cantidades y en fechas indicadas por el fabricante, en la sub- parcelas asignadas para este factor.



Fotografía 7. Inmersión de semilla en el Perfectose

Para el control de la maleza se procedió con el barrido semanalmente, y así evitar el efecto de competencia, facilitando la toma de datos en las variables de respuesta.

Además se procedió a un análisis de laboratorio de los tres insumos principales, para poder determinar las características físico-químicas de estos elementos, arena, tierra del lugar y materia orgánica.

4.2.5 Variables de Respuesta

De acuerdo a los objetivos planteados, las variables de respuesta que se evaluaron son las siguientes:

a) Vegetación

1. **Porcentaje de emergencia.-** Evaluado cuando en el experimento se encontró más del 50% de plantas emergidas, en cada una de las macetas, se realizó conteo del número de plantas emergidas.
2. **Altura de Planta.-** Se evaluó tomando tres plantas al azar en el momento de emergencia, en el momento de floración, y en el momento de la madurez fisiológica.

3. **Días a Floración.**- En cada sub-sub-parcela se evaluó el número de días desde la siembra hasta el 50% de floración en las tres plantas seleccionadas.
4. **Apariencia de la planta.**- Vigor de la planta al momento de las alturas en floración y madurez fisiológica, según la siguiente escala:

1 = Buena, plantas con la totalidad de hojas verdes y vigorosas; planta vigorosa de buen porte.

2 = Regular, plantas con más de 20 hojas secas de color café y marchita; planta inclinada de porte medio.

3=Mala o Muerta, plantas con la totalidad de las hojas cafés y secas; planta echada o muerta de porte bajo y seco.
5. **Número de plantas.**- Cantidad de plantas que quedaron en la unidad experimental al finalizar el experimento.
6. **Nudos productivos.**- Se contaron los nudos productivos por planta, en cada una de tres plantas elegidas aleatoriamente.
7. **Vainas por Planta.**- Se procedió al conteo de la cantidad de vainas existentes en las plantas elegidas.
8. **Longitud de vaina.**- Se tomó la medida de una vaina de la planta. elegida al azar de la parte central de la planta.
9. **Número de granos por planta.**- Se contó el número de granos de la vaina elegida, para determinar el rendimiento por planta.
10. **Número total de granos por unidad experimental.**- Para determinar el rendimiento y la cantidad de los granos por maceta. Se realizó un conteo de los granos de todas las vainas cosechadas.
11. **Peso total de los granos totales por unidad experimental.**- Para poder determinar el rendimiento de la cantidad de granos por maceta, se procedió al pesado de los granos de todas las vainas cosechadas.

12. Peso total de vainas cosechadas.- Se obtuvo el peso total de las plantas que quedaron al final en cada unidad experimental, para poder determinar el rendimiento de las vainas por maceta.

b) Suelo

En una primera instancia se sometieron a un análisis físico-químico los tres insumos básicos para la preparación de los sustratos, es decir la tierra del lugar T32, la arena T33 y la materia orgánica T1.

Con los resultados obtenidos en las variables de respuesta de la vegetación, se estudió el rendimiento óptimo, el cual fue asociado a un sustrato, y fue sometido en una segunda instancia a un análisis físico-químico en laboratorio de los tratamientos con los mejores resultados, en ambos análisis se determinó la densidad aparente, el pH, la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), y demás propiedades necesarias para poder determinar las características del tipo de sustrato favorable para el cultivo de arveja en macetas.

4.2.6 Croquis del Experimento

Donde se tiene: F1, Fertilizante cero o testigo sin fertilización

F2, Fertilizante o abono especial Perfectose

F3, Fertilización con Extratriple 20

V1, Variedad de Arveja Pairumani 1

V3, Variedad de Arveja Pairumani 3

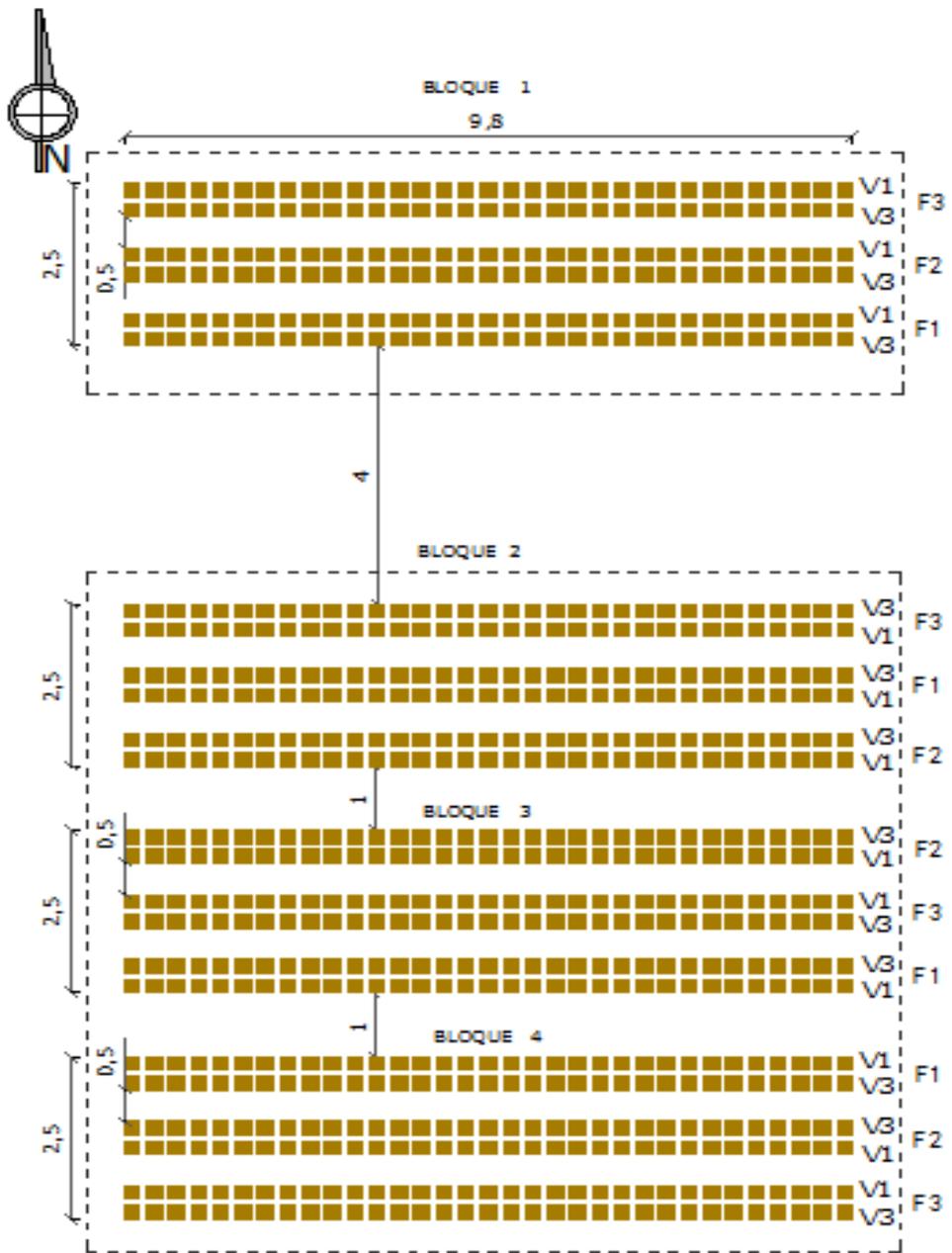
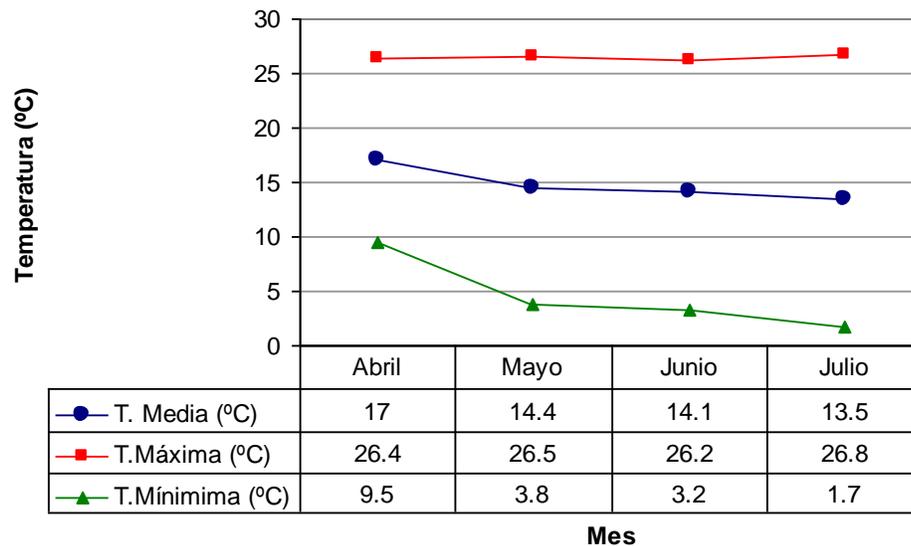


Figura 2. Croquis de distribución experimental

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Características climáticas

En cuanto a las características climáticas, las mismas se obtuvieron de la estación meteorológica: 852230 (SLCB) Latitud: -17.41, Longitud: -66.1, Altitud: 2548 msnm. La precipitación acumulada mensual es de 33,53 mm en abril, en los meses de mayo a julio no se registraron precipitaciones esto debido a las características agroecológicas y de régimen de lluvias del valle bajo. La humedad relativa media del 67,2 %. Si bien el promedio de precipitación es menor al requerimiento del ciclo cultivo (500-800 mm), este aspecto fue subsanado por la aplicación del riego.



Precipitación Pluvial mm	33	0	0	0
Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio

Figura 3. Temperaturas mínimas, máximas y medias, precipitación pluvial registrada en el periodo del ensayo.

De acuerdo a Agricultura Técnica (2007), el rango de temperatura ideal es de 12 a 18 °C. El IBTA (1996) indica que el cultivo se desarrolla de forma óptima entre 16-18 °C. El CIFP menciona como temperatura óptima de 15°C, y que el cultivo puede soportar hasta -3 °C antes de la floración. En el presente estudio, la media durante los meses oscila alrededor de 15°C, aunque la temperatura mínima observada es inferior a los

10 °C, estos valores muestran que las temperaturas medias estuvieron acordes a los requerimientos generales de cultivo, pero las temperaturas mínimas debido a la época no estuvieron en el rango adecuado de cultivo.

5.2 Análisis Físico Químico de los componentes.

En el cuadro 16, se detalla el análisis físico-químico de los componentes principales para la combinación de los sustratos que a su vez son considerados como tratamientos en dicho factor.

Cuadro 8. Características Físico-Químicas de componentes de los sustratos

Sustrato	Materia orgánica	Tierra del lugar	Arena
Arena	38	25	76
Arcilla	22	32	16
Limo	40	43	8
Clase textural	F	FY	FA
pH (agua)	6.99	6.21	8.07
pH (KCL)	7.01	5.86	7.94
CIC (meq/100gS ^o)	33.65	7.89	7.89
MO (%)	7.84	2.63	3.03
N. Total (%)	0.51	0.12	0.1
<i>P. Asim. (ppm)</i>	<i>107.55</i>	<i>32.62</i>	<i>10.74</i>

Análisis Físico Químico de Suelos IBTEN

En lo que respecta a la materia orgánica y tierra de lugar, el pH es de 6.21 valor que se halla en el rango descrito por Agricultura Técnica (2007), que menciona valores de 5.5 a 7.5. la textura para los mismos componentes es de Franca a Franca arcillosa, características aceptables para el desarrollo del cultivo pues se recomienda suelos de textura Franco a Franco arenosos.

5.3 Análisis de las variables de respuesta

5.3.1 Emergencia

El análisis de varianza para la emergencia del anexo 1, detectó diferencia estadística en el efecto de variedad y el efecto de sustrato, lo que indica que la media de al menos un nivel en este factor es diferente del resto ($P < 0.05$). No se evidencia

diferencia entre fertilizantes pues en esta fase, la plántula aun emplea los nutrientes propios que son reserva en el endospermo.

El efecto de bloque estimado por la varianza es mayor a cero, por lo tanto el empleo del diseño gana en precisión, pues se controló efectivamente la fuente de variabilidad en base a la cual se estratificaron los mismos, luego para evaluar el modelo se determina que todos los efectos aleatorios son mayores a cero por lo tanto el modelo es eficiente para el análisis estadístico.

No se ha evidenciado significancia en ninguna fuente de variación de interacción, entonces se asume que los efectos son independientes entre sí con respecto a la emergencia.



Fotografía 8. Emergencia de más del 50% de las Plantas

Efecto de variedades en emergencia

La variedad de arveja Pairumani 1 logra estadísticamente mayor grado de germinación en comparación con la variedad de arveja Pairumani 3. Esta diferencia obedece en mayor medida a factores genéticos.

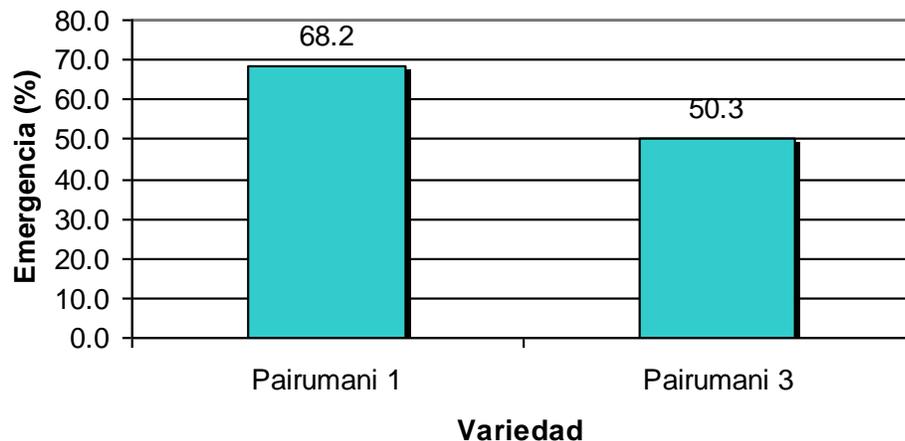


Figura 4. Efecto de las dos variedades de arveja en la etapa de emergencia

Al respecto Huchani (2004), obtuvo diferencias altamente significativas entre variedades de arveja evaluadas en la provincia Bautista Saavedra de La Paz, Huchani evaluó las variedades Pairumani 1 y 3, que en condiciones de campo tardan de 6 a 7 días a la emergencia.

Condori (2005), reporta 6 días de emergencia para las variedades Pairumani 1 y 3 en la localidad de Coroico, no hallando significancia en los días a la emergencia, en esta fase el promedio de emergencia fue de 75%, Condori destaca que el factor climático y genético determinan la respuesta de las variedades a la emergencia, el estudio se realizó en una época similar al presente estudio, pero hay que considerar las características agro ecológicas de la región de los yungas, que se caracteriza por una temperatura adecuada al cultivo.

Por otra parte Kantuta (2004), obtuvo resultados diferentes para la variedad Pairumani 1 donde obtuvo un promedio de días a la emergencia entre 21 a 26 días en un estudio realizado en el valle bajo de Cochabamba.

Para el presente estudio los rangos de días a la emergencia entre variedades estuvieron por encima del 50% y este parámetro se registró a los 13 y 14 días después de la siembra, para Vigliola (1992), la temperatura en esta fase debe ser de 24 °C para obtener la germinación en una semana.

La temperatura a inicios de ensayo es un aspecto que influenció en el cultivo debido a que la época en que se sembró el material genético, las temperaturas extremas mínimas (inferiores a 10 °C en las primeras dos semanas de ensayo) puede retardar la germinación de la semilla aun en condiciones de adecuada humedad suministrada por el riego. En condiciones de maceta se pudo observar la diferencia varietal entre las variedades de arveja Pairumani 1 y Pairumani 3 en cuanto al porcentaje de emergencia.

Efecto de Sustratos en emergencia

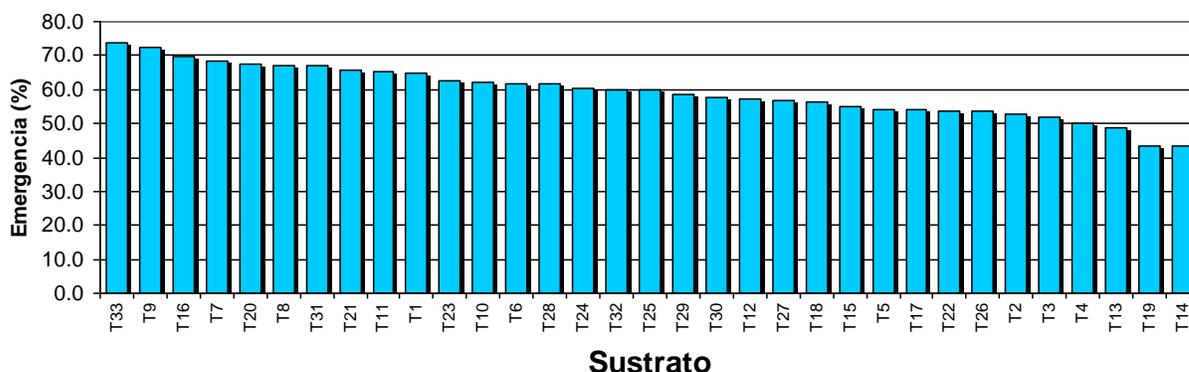


Figura 5. Efecto de los sustratos en la emergencia

Los sustratos que produjeron mayor grado de emergencia son T33 (0:4:0) que corresponde a 0 de tierra, 4 porciones de arena y 0 de materia orgánica, respectivamente; T9 con (1 Tierra: 2 Arena: 3 Materia Orgánica), T16 (2 Tierra: 1 Arena: 0 Materia Orgánica), T7 (1 Tierra: 2 Arena: 1 Materia Orgánica) y T20 (2 Tierra: 2 Arena: 0 Materia Orgánica), en el caso de T33, considerado un tipo de control, es un sustrato compuesto básicamente de arena que favorece la emergencia por su soltura, T9 con una proporción (1:2:3) puede considerarse homogéneo y relativamente suelto para facilitar la emergencia de plántulas, para T16 (2:1:0) y T17 (2:1:1) son también sustratos sueltos con dos partes de arena y baja proporción de materia orgánica, en esta fase la planta hace uso exclusivo de los nutrientes del endospermo, que combinado con la humedad del sustrato favorecen la emergencia de plántulas, los sustratos reflejan el grado de soltura para facilitar la emergencia

(T33), y el grado de soltura y humedad en T9, T16, T7, T20). Valdivia (1989), señala que el sustrato debe ser suficientemente suelto para favorecer una buena formación del sistema radicular de las plántulas.

Los factores que determinan la germinación son el tipo de sustrato, humedad y profundidad de siembra, controlando los dos últimos factores el tipo de sustrato en este caso el más importante para determinar la emergencia.

En contraste los sustratos con bajo poder de emergencia fueron; T3 (0:2:2), T4 (0:3:1), T13 (2:0:1), T19 (2:1:3), T14 (2:0:2), en el caso de T3 y T4 son sustratos que contienen arena y materia orgánica pero no tierra, en cambio T13, T19 y T14 son sustratos que no contienen bajo o casi ninguna parte de arena, lo que los hace mas compactos y por tanto con menos soltura para facilitar la emergencia de la plántula.

Cuadro 9. Comparaciones de t para la emergencia

Sustrato	Medias (%)	Prueba de t
T33 (0:4:0)	73,65	a
T9 (1:2:3)	72,46	a b
T16 (2:1:0)	69,64	a b c
T7 (1:2:1)	68,29	a b c d
T20 (2:2:0)	67,67	a b c d e
T8 (1:2:2)	67,07	a b c d e f
T31 (3:3:1)	67,01	a b c d e f
T21 (2:2:1)	65,87	a b c d e f g
T11 (1:3:1)	65,38	a b c d e f g h
T1 (0:0:4)	64,94	a b c d e f g h
T23 (2:3:0)	62,65	b c d e f g h i
T10 (1:3:0)	62,03	c d e f g h i
T6 (1:1:2)	61,61	c d e f g h i j
T28 (3:1:2)	61,57	c d e f g h i j
T24 (2:3:1)	60,19	c d e f g h i j k
T32 (4:0:0)	59,92	c d e f g h i j k
T25 (3:0:1)	59,69	c d e f g h i j k
T29 (3:1:3)	58,49	d e f g h i j k l
T30 (3:2:1)	57,83	e f g h i j k l
T12 (1:3:2)	57,03	f g h i j k l
T27 (3:1:1)	56,80	g h i j k l
T18 (2:1:2)	56,13	g h i j k l
T15 (2:0:3)	55,04	g h i j k l
T5 (1:0:3)	54,08	h i j k l m
T17 (2:1:1)	54,05	i j k l m
T22 (2:2:2)	53,49	i j k l m
T26 (3:1:0)	53,48	i j k l m
T2 (0:1:3)	52,79	i j k l m
T3 (0:2:2)	51,70	j k l m
T4 (0:3:1)	49,92	k l m N
T13 (2:0:1)	48,81	l m N
T19 (2:1:3)	43,45	m N
T14 (2:0:2)	43,20	N

5.3.2. Altura de planta

En los resultados del análisis de covarianza del anexo 1, para la altura final se evidencian efectos significativos de la covariable número de plantas finales sobre la altura final de la planta, esto significaría que existe un efecto en la altura de planta

debido a la competencia en la maceta experimental, para analizar los resultados es permisible ajustar los efectos medios de la altura mediante el análisis de covarianza.

El análisis detecta diferencia estadística solo en los efectos de fertilizante ($P < 0.05$) y variedad ($P < 0.01$), lo que indica que la media de al menos un nivel en estos factores es diferente del resto.

Referente a los parámetros del diseño y el modelo se estudian los factores aleatorios, el diseño es apropiado para controlar la fuente de varianza debido a los bloques ($\sigma_{\text{Bloques}}^2 > 0$), ya que la varianza estimada es mayor a 0 (Siles, 2004), pero el modelo pierde precisión por la varianza cero de un efecto aleatorio (el error de parcela menor o error de b considerado aleatorio).



Fotografía 9. Medición de altura de la planta en una variedad de arveja

Efecto de variedad en altura de planta

En la altura de planta se evidencia un mayor tamaño para la variedad de Arveja Pairumani 1 que logra estadísticamente una diferencia con Pairumani 3, en condiciones de maceta el comportamiento de las variedades fue diferente a los datos reportados en campo, aspecto atribuible al diferente grado de competencia, la arveja por su sistema radicular es una especie que preferentemente se desarrolla en sistemas extensivos.

Kantuta (2004), para la variedad de Arveja Pairumani 1 reporta alturas de 70 a 82 cm registrados a los 120 días de la siembra, en las condiciones agroecológicas del valle bajo de Cochabamba, valores muy cercanos a los obtenidos en este estudio para la misma variedad. Por otra parte Huchani (2004), obtiene diferencias estadísticas entre variedades de arveja en cuanto la altura de planta y reporta promedios de 92.3 y 106 cm para la variedad de Arveja Pairumani 1 y Pairumani 3, se destaca el bajo porte de las plantas de éstas variedades mejoradas.

Condori (2005) en la localidad de Coroico no halló significancia entre éstas dos variedades y reporta promedios de 142.6 y 133.9 cm para Pairumani 3 y 1 respectivamente, en los resultados de Condori ambas variedades tuvieron un desarrollo similar en cuanto a la altura de planta, diferenciándose sólo en la última etapa.

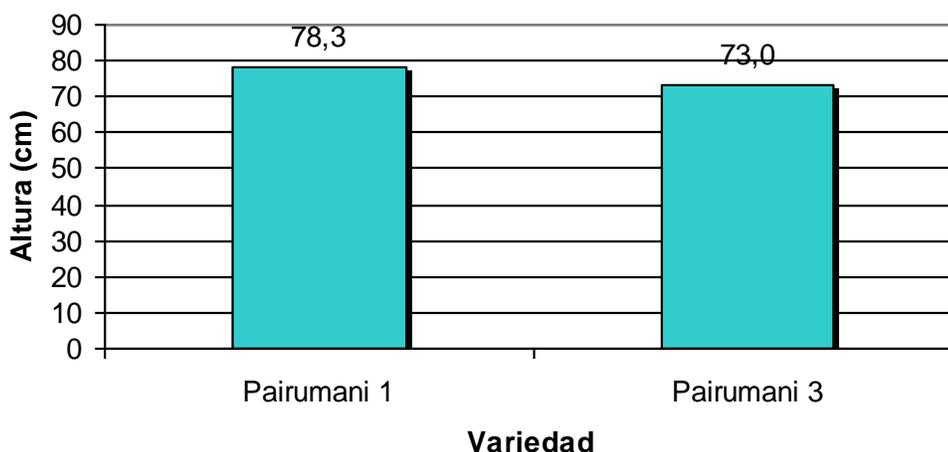


Figura 6. Efecto de la variedad en la altura de la planta en la madurez fisiológica

Efecto de Fertilizante en la altura de planta

No se evidencia significancia estadística entre el testigo (Sin aplicación) y el Perfectose, pero ambos a su vez logran una mayor altura de planta a la cosecha en comparación con el Extratriple 20. El testigo (Sin aplicación) y las combinaciones para el desarrollo de la planta logran el mismo efecto que el Perfectose que debido a su composición de aminoácidos libres y rápida absorción por la planta tiene por

característica favorecer el desarrollo de procesos vegetativos en las leguminosas de grano.

Contrastando estos resultados Kantuta (2004), en el valle bajo de Cochabamba para la variedad de Arveja Pairumani 1, no detecta efecto significativo de la fertilización nitrogenada e inóculo sobre la altura de planta, Kantuta empleo los niveles de 50 a 150 kg N/ha los cuales son superiores al nivel de 20-20-20 del fertilizante químico empleado en el presente estudio. Por otra parte Huchani (2004), en la provincia Bautista Saavedra de La Paz tampoco detecta significancia entre la inoculación y el testigo (sin inóculo) en la altura de planta del cultivo de arveja.

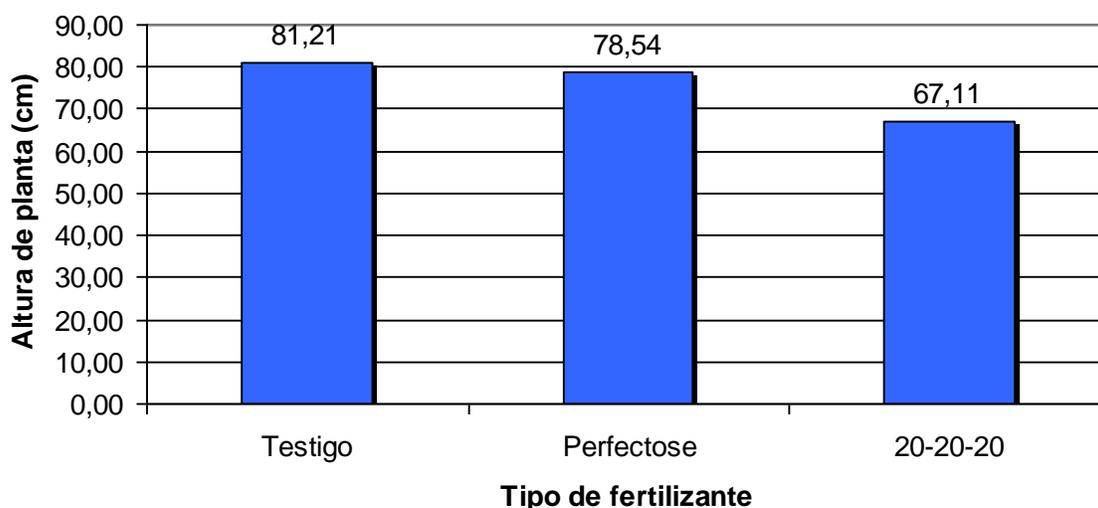


Figura 7. Efecto del tipo de fertilizante en la altura de planta en la madurez fisiológica

La altura de planta es una característica que varía con el tiempo, en la figura 8, se puede observar la evolución de la misma de acuerdo a los tipos de fertilización.

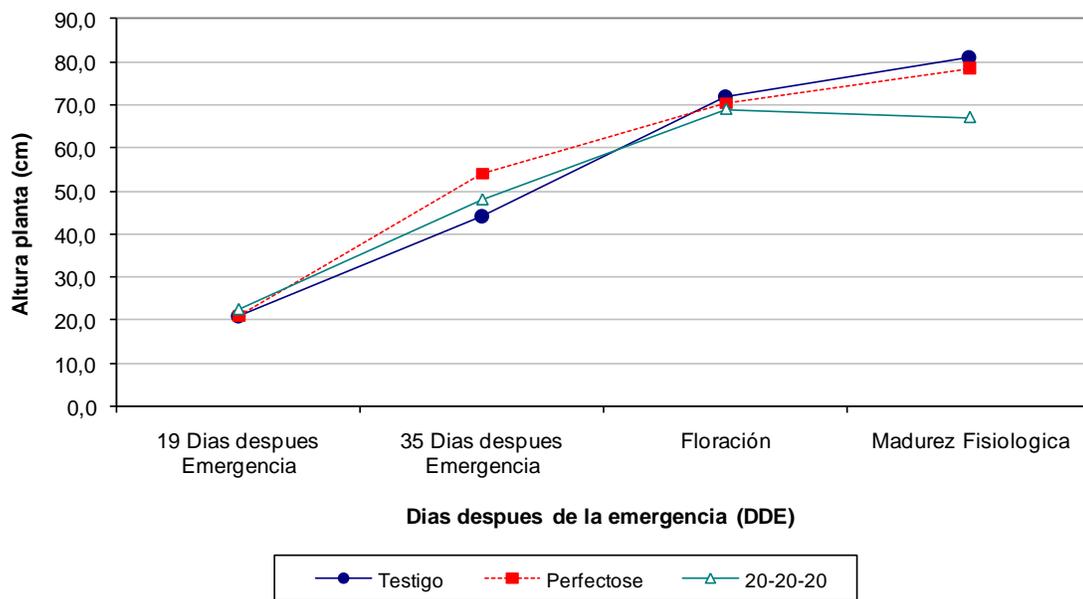


Figura 8. Desarrollo de altura de planta por tipo de fertilización

Es de notar que en la primera evaluación a los 19 días después de la emergencia, las macetas de acuerdo al tipo de fertilizante tienen similares alturas, a partir de la segunda evaluación en los 35 días después de la emergencia, se determina el mayor efecto de Perfectose con mayor promedio en altura de planta, mayor desarrollo foliar, en tanto el testigo (sin aplicación) y extratriple 20, producen similares alturas de planta.

En la tercera evaluación que corresponde a la altura de planta en floración, la fase tiene una duración desde 47 hasta 67 días después de la emergencia (con un promedio de 50 días pos emergencia) donde los tres fertilizantes se comportaron de la misma forma.

En la última etapa fenológica (después de la emergencia) el extratriple 20, ya no logra un aumento de planta, en tanto para Perfectose y el Testigo, los incrementos en altura de planta fueron similares y crecientes.

5.3.3. Días a la Floración

En el anexo 1, se muestran los resultados del análisis de covarianza para los días a floración, donde se detectan efectos significativos de la covariable, número de

plantas finales; el número de plantas por maceta, afecta por la competencia en la duración del ciclo de la planta por lo tanto se puede ajustar los efectos medios de los días, mediante el análisis de covarianza.

El análisis solo evidencia diferencia estadística en el efecto de variedad, lo que indica que la media de al menos un nivel en este factor es diferente del resto.

En el resto de factores no se obtiene significancia, el tipo de fertilizante y el sustrato no afectan sobre la duración del ciclo, debido a que este es un factor influenciado en mayor medida por el genotipo.

En el estudio de factores aleatorios, el efecto de bloque es mayor a cero, por lo tanto el diseño gana en precisión, y luego para evaluar el modelo se determina que todos los efectos aleatorios son mayores a cero por lo tanto el modelo es eficiente para el análisis estadístico.



Fotografía 10. Etapa de floración en el cultivo de Arveja

Efecto de variedad en días a la floración

La variedad de Arveja Pairumani 1 logra mayor número de días para la floración en comparación con Pairumani 3, la diferencia en promedio es de 3 días aproximadamente, el inicio de floración según Ramos citado por Gonzáles (2001) es un aspecto a tomar en cuenta en la selección de variedades para la siembra, además según Gonzáles (2001) la precocidad es uno de los aspectos a considerar en los

programas de fitomejoramiento, y que puede ser uno de los factores afectado por la agronomía y el entorno.

Por otra parte de manera general (Thruong y Duthion, 1993), mencionan que el inicio de floración varía poco para un determinado genotipo en determinadas condiciones agrícolas. Huchani (2004) reporta promedios de 58 a 63.5 días para la variedad Pairumani 1 y 56 a 63.2 días en la variedad Pairumani 3. Por otra parte Kantuta (2004), para la variedad Pairumani 1 obtuvo promedios entre 56 a 61 días a la floración. Los promedios en los días a la floración fueron de manera general, menores a los descritos por Kantuta y Huchani, debido a las condiciones diferentes de desarrollo que se da en cultivos en maceta. Se debe mencionar los resultados que obtuvo Condori (2005) en la localidad de Coroico, que reporta 46 y 45 días para Pairumani 1 y 3 respectivamente, la duración del ciclo se atribuye a factores como temperatura, horas luz y duración del día.

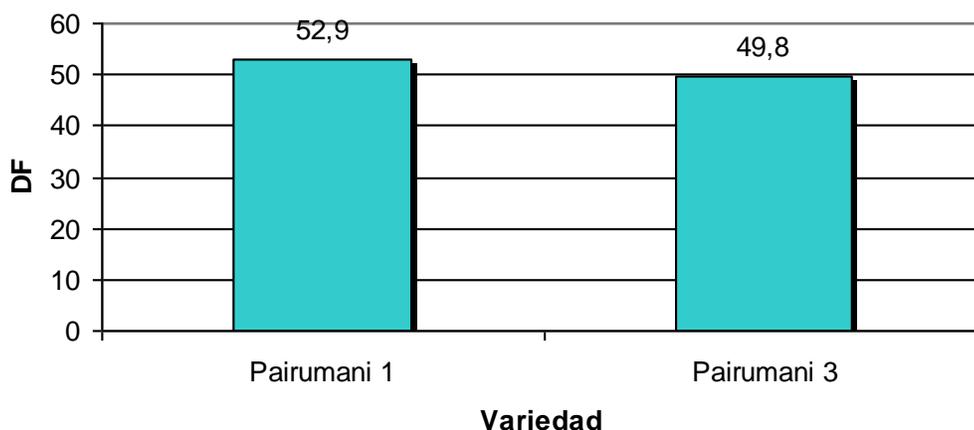


Figura 9. Efecto de la variedad en los días a la floración

5.3.4 Longitud de vaina

En los resultados del análisis estadístico para la longitud de vaina del anexo 1, se detectaron efectos significativos de la covariable, número de plantas finales sobre la longitud, por lo tanto es permisible ajustar los efectos medios de la longitud, mediante el análisis de covarianza. El análisis detecta diferencia estadística en el efecto del

fertilizante y de la variedad, lo que indica que la media de al menos un nivel en este factores es diferente del resto.

Por otra parte no se evidencia diferencia estadística para la longitud de la vaina entre los diferentes sustratos, esto significa que los sustratos logran el mismo tamaño de vaina, aunque no necesariamente se traducirán los mismos resultados en el número y peso de granos y peso de vaina., Heath y Heablethwaite (1984) mencionan que en condiciones húmedas el crecimiento vegetativo puede llevar a la planta a una utilización poco eficaz de fotoasimilados y su distribución en la formación y llenado de la vaina y el tamaño de vaina en si.

En el caso de efectos aleatorios de bloque es mayor a cero, por lo tanto el diseño gana en precisión, luego para evaluar el modelo se determina que todos los efectos aleatorios son mayores a cero por lo tanto el modelo es eficiente para el análisis estadístico.



Fotografía 11. Medición de longitud de vaina en el cultivo de Arveja

Efecto de variedad en la longitud de vaina

La variedad de arveja Pairumani 1 logra estadísticamente menor longitud de vaina, en comparación con variedad Pairumani 3. Ramos (1986), menciona que en *Pisum sativum*, el largo de las vainas puede ser muy variable, se consideran pequeñas cuando están entre 3 a 4 cm, medianas si están en el rango de 4.5 y 6 cm, grandes cuando se encuentran entre 6 a 10 cm, y muy grandes cuando son mayores a 10 cm.

Independientemente del tipo de clasificación del tamaño de vaina, las diferencias fenotípicas entre variedades son atribuidas al genotipo.

Al respecto Kantuta (2004), reporta promedios de 4.8 a 5.1 cm para la longitud de vaina en la variedad Pairumani 1 en el valle bajo de Cochabamba, valores menores a los obtenidos para ésta variedad en este estudio, en tanto que Huchani (2004), en la provincia Bautista Saavedra de La Paz, reporta para la variedad Pairumani 1 (7.04 cm) y para Pairumani 3 (8.56), en Pairumani 3 los resultados son inferiores a los obtenidos en el presente ensayo y que se atribuyen a las diferentes condiciones agroecológicas. Condori reporta promedios de 7.75 y 6.49 en Pairumani 3 y 1 respectivamente. En todas las referencias Pairumani 3 es de una mayor longitud de vaina respecto Pairumani 1.

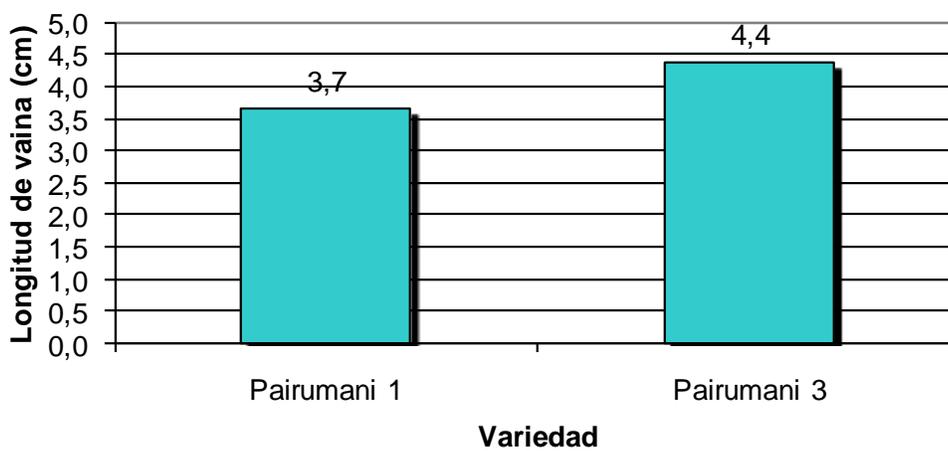


Figura 10. Efecto de la variedad en la longitud de vaina

Efecto de fertilizante en la longitud de vaina

No se evidencia una diferencia significativa entre el testigo (Sin fertilización) y el Perfectose, esto indicaría que el aporte de nutrientes de las mezclas en general es igual y eficiente que el Perfectose que es un producto que entre sus características está la de favorecer la formación de vainas. Respecto al Extratriple 20 que obtiene el menor promedio, algunos estudios han mostrado que el grado de absorción de la planta en el caso de *Pisum* varía de 20 a 50 kg de N por tonelada de órgano

cosechable (Ciampitti y García, 2007), la riqueza del extratrisple en este caso de 20 kg/ha de N₂ no sería bien aprovechada por la planta para la formación de la vaina.

Si bien por regla general no se precisa el abonado nitrogenado debido a que la planta puede satisfacer sus requerimientos mediante el N₂ fijado por los nódulos en suelos donde existe *Rhizobium*, puede darse ocasiones en que las aplicaciones de nitrógeno disminuyan la fijación simbiótica (Ramos, 1986). Kantuta (2004), no detecta efectos significativos de los niveles de fertilizante en la longitud de vaina obteniendo promedios entre 4.8 y 5.1 cm.

Huchani (2004), no obtiene diferencia estadística entre la aplicación de inóculo (que promueve la formación de nódulos e incrementa la fijación del N₂) y el testigo, sobre la longitud de vaina. Los menores valores de longitud de vaina respecto a datos de campo se atribuyen a las condiciones, que si bien son controladas, dadas las características extensivas del cultivo, no son similares y comparables.

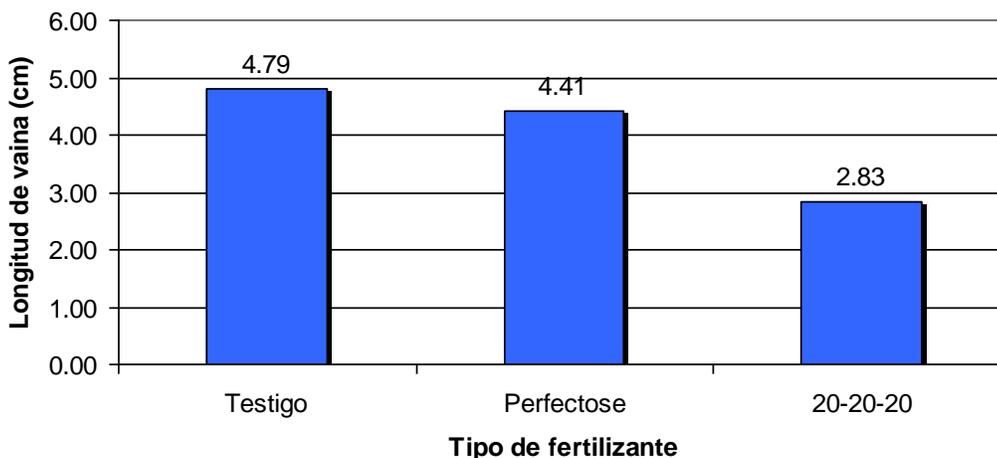


Figura 11. Efecto del fertilizante en la longitud de vaina

5.3.5 Número de granos por planta

Los resultados del análisis estadístico detectan efectos significativos de la covariable número de plantas finales sobre el número de granos por planta, esto puede explicarse porque un mayor o menor espacio entre plantas que afecta en la

competencia y en la formación de granos por planta, por lo tanto es permisible ajustar los efectos mediante el análisis de covarianza. Anexo 1

Por otro lado el análisis detecta diferencia estadística en el efecto de fertilizante, lo que indica que la media de al menos un nivel en este factor tiene un efecto significativo. Por otro lado para el caso de variedad y sustrato no se ha evidenciado significación estadística, aunque hay que mencionar que la variedad Pairumani 1 obtuvo un mayor promedio que la variedad Pairumani 3.

Para analizar la eficiencia del modelo y el diseño se analizan los parámetros de varianza estimados, en este caso el efecto de bloque es mayor a cero, por lo tanto el diseño gana en precisión, luego para evaluar el modelo se determina que todos los efectos aleatorios son mayores a cero por lo tanto el modelo es eficiente para el análisis estadístico.



Fotografía 12. Determinación del número de granos en una vaina de arveja

Efecto de fertilizante en número de granos por planta

No se evidencia significancia estadística entre el testigo y el Perfectose que es un producto destinado a facilitar la formación de vainas y granos, ambos fertilizantes a su vez logran un mayor número de granos por planta a la cosecha en comparación con el Extratriple 20.

De manera similar a la longitud de vaina se corrobora que el Extratriple es el fertilizante que menos favorece a la formación de granos, en siembras de producción se recomiendan bajos niveles de N_2 ya que la simbiosis del cultivo debería permitir su desarrollo con un bajo aporte de N_2 pero si el aporte es excesivo se traduce en una reducción de la actividad simbiótica., en lo que concierne a Fósforo, a nivel de la planta sus funciones son para el desarrollo, actividad bioquímica y fotosintética, maduración y formación radicular y floral, en tanto el Potasio si bien ayuda a la formación de la legumbre, no necesariamente se traduce en una mayor cantidad de grano.

De acuerdo a los resultados, se obtiene la misma cantidad de granos sin aplicar ningún tipo de fertilizante, lo que indica la buena calidad del tipo de suelo empleado en el ensayo.

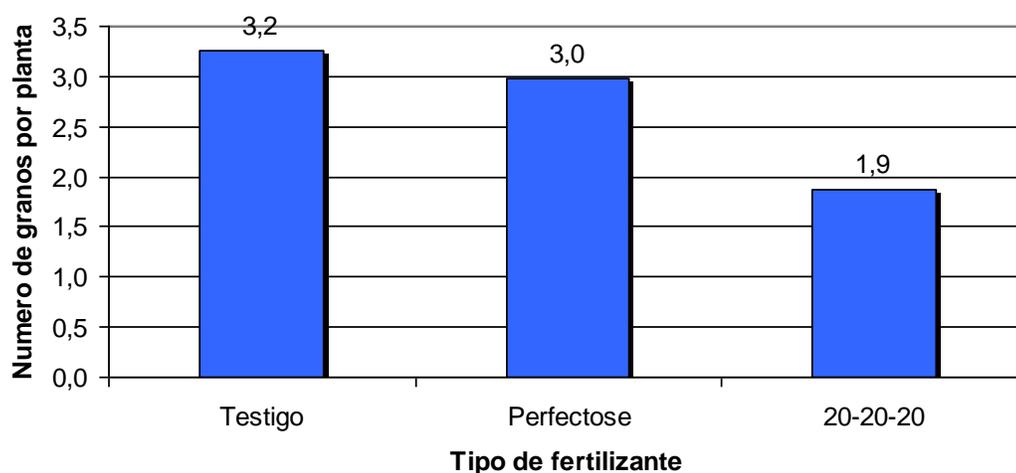


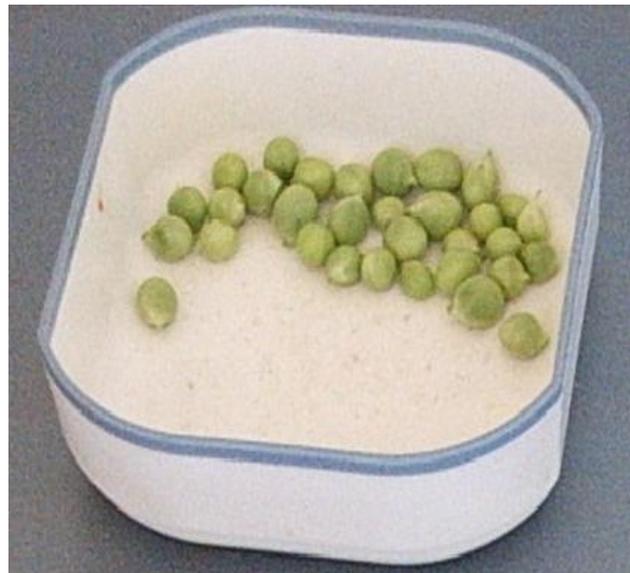
Figura 12. Efecto del tipo de fertilizante en el número de granos por planta

5.3.6 Número de granos por maceta

Los resultados del análisis de covarianza del anexo 1, detectan efectos significativos del número de plantas finales sobre el número de granos total por maceta, por lo tanto es permisible ajustar los efectos medios en la altura mediante el análisis de covarianza.

El análisis detecta diferencia estadística en el efecto de fertilizante, variedad y de sustrato, lo que indica que la media de al menos un nivel en estos factores es diferente del resto, los mismos se describen a continuación. En tanto para el efecto de interacciones no se halla significancia, lo que sugiere que estos factores actúan de manera independiente en el número total de granos por maceta.

En cuanto a los parámetros del diseño, éste es apropiado para controlar la fuente de varianza debido a los bloques, pero el modelo pierde precisión por la varianza nula o cero estimada para el efecto aleatorio (el error de parcela mayor o error de a), la pérdida de precisión sin embargo se traduce en reducción de grados de libertad para estimar los efectos del factor A, que es Fertilizantes.



Fotografía 13. Número de granos por maceta

Efecto de variedad en granos por maceta

La variedad de Arveja Pairumani 1 logra estadísticamente mayor número de granos por maceta en comparación con variedad de Arveja Pairumani 3, de acuerdo a estos resultados en trabajos de mejoramiento donde la limitante es el espacio físico y la cantidad de material genético, será deseable estudiar aquellas variedades con mayor producción por área para obtener material genético suficiente para ensayos, sin embargo este no es el único criterio ya que es necesario analizar otras características (la viabilidad y el tamaño de grano y otros componentes de

rendimiento), en el caso de las dos variedades de estudio los factores que determinaran el rendimiento son el peso (En Pairumani 3) y número de granos (Pairumani 1) principalmente de acuerdo a las características varietales.

Gonzáles (2001), destaca que el rendimiento de especies agrícolas se determina principalmente por dos componentes; el número de semillas y el peso, se puede concebir entonces que un reducido número de semillas se pueda contrarrestar con el mayor peso del grano.

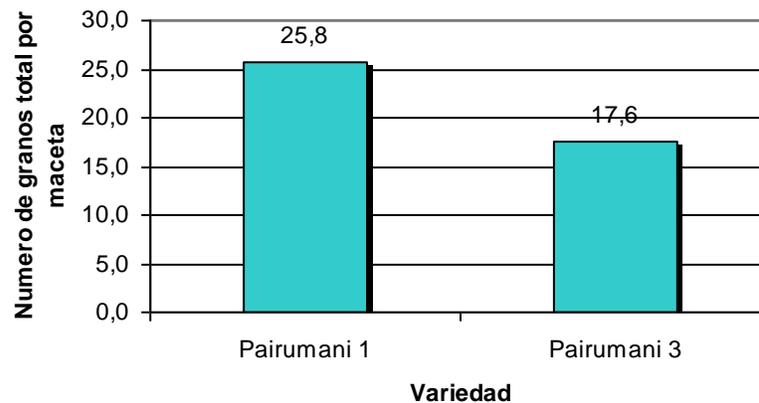


Figura 13. Efecto de la variedad en el número de granos por maceta

Efecto de sustrato en el número de granos por maceta

Los sustratos que obtuvieron los mayores promedios en la formación de granos son T18 (2 de Tierra: 1 de Arena: 2 de Materia Orgánica), T27 (3:1:1), T32 (4:0:0), T8 (1:2:2), T29 (3:1:3), la característica principal de estos sustratos es que contiene de 0 hasta un 50% partes de arena, y con 50 a 100% de partes de tierra del lugar, estos mismos sustratos respecto al peso de grano total por maceta son también los de mayor respuesta, esto puede atribuirse a que existe una relación directa del peso de grano con el número de granos, de acuerdo al tipo de sustrato una mayor producción en el número de granos puede significar un mayor peso de grano. Al observar los sustratos de menor efecto; T20 (2:2:0), T31 (3:3:1), T4 (0:3:1), T23 (2:3:0), T33 (0:4:0), son sustratos que contienen bajas proporciones ya sea de tierra del lugar o ya sea de materia orgánica, lo que se traduce en una menor capacidad de

proporcionar nutrientes. El extremo lo constituye T33 con una composición totalmente de arena que no satisface los requerimientos del cultivo.

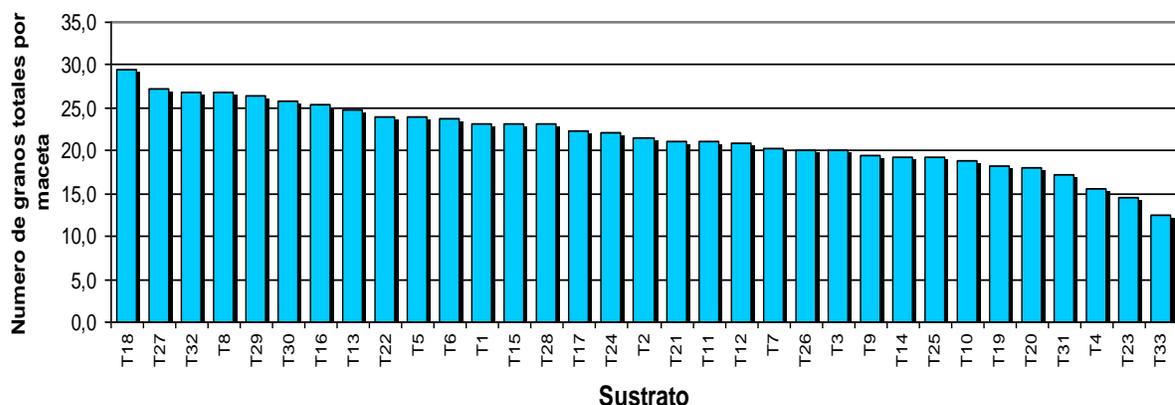


Figura 14. Efecto del sustrato en el número de granos por maceta

Garabito (2006), destaca que el cultivo de arveja se adapta a diferentes tipos de suelos, prefiere suelos sueltos, arenosos y de estructura no compacta, en este sentido los sustratos que obtuvieron los mayores promedios de número de granos pueden ajustarse a las características deseadas, en tanto los sustratos del otro extremo con alta proporción de arena y disminución de materia orgánica o tierra son demasiado sueltos y no son adecuados para el desarrollo de la planta.

En la comparación de medias para el número de granos por maceta, la mayoría de los sustratos produjeron por encima de 20 granos. Los promedios varían desde 12,4 hasta 29,4 granos/maceta, pero los sustratos que lograron los mayores promedios de altura, además de presentar una diferencia estadística con respecto a las demás son los sustratos T18 conformado de dos partes de Tierra, una de Arena y dos de Materia Orgánica (2:1:2) hasta T24 con la siguiente proporción (2:3:1).

Cuadro 10. Comparaciones de t para número de granos por maceta

Sustrato	Medias	Prueba de t
T18 (2:1:2)	29.48	a
T27 (3:1:1)	27.24	a b
T32 (4:0:0)	26.83	a b c
T8 (1:2:2)	26.75	a b c
T29 (3:1:3)	26.50	a b c d
T30 (3:2:1)	25.86	a b c d e
T16 (2:1:0)	25.28	a b c d e f
T13 (2:0:1)	24.67	a b c d e f g
T22 (2:2:2)	24.00	a b c d e f g
T5 (1:0:3)	23.98	a b c d e f g
T6 (1:1:2)	23.81	a b c d e f g
T1 (0:0:4)	23.22	a b c d e f g
T15 (2:0:3)	23.20	a b c d e f g
T28 (3:1:2)	23.14	a b c d e f g
T17 (2:1:1)	22.24	a b c d e f g h
T24 (2:3:1)	22.13	a b c d e f g h
T2 (0:1:3)	21.45	b c d e f g h l
T21 (2:2:1)	21.16	b c d e f g h l
T11 (1:3:1)	21.00	b c d e f g h l
T12 (1:3:2)	20.87	b c d e f g h l
T7 (1:2:1)	20.16	b c d e f g h l
T26 (3:1:0)	19.98	c d e f g h l
T3 (0:2:2)	19.98	c d e f g h l
T9 (1:2:3)	19.38	d e f g h l j
T14 (2:0:2)	19.32	d e f g h l j
T25 (3:0:1)	19.23	e f g h l j
T10 (1:3:0)	18.93	e f g h l j
T19 (2:1:3)	18.31	f g h l j
T20 (2:2:0)	17.96	f g h l j
T31 (3:3:1)	17.11	g h l j
T4 (0:3:1)	15.58	h l j
T23 (2:3:0)	14.60	l j
T33 (0:4:0)	12.47	j

Efecto de Fertilizante en el número de granos por maceta

No se verifica significancia estadística entre el testigo y el Perfectose, si bien el Perfectose esta destinado a facilitar la formación de granos, no se evidencia una superioridad con respecto al testigo (sin aplicación), ambos fertilizantes a su vez logran un mayor número de granos por planta a la cosecha en comparación con el

Extratriple 20, el número de granos por maceta es una variable relacionada con el número de granos por planta, por lo tanto al igual que el número de granos/planta donde el Extratriple 20 obtuvo el menor promedio debido a que no se aprovecharon los nutrientes (NPK) para la formación de mayor número de granos sino en otras funciones de la planta como el desarrollo, maduración y actividades bioquímicas y de fotosíntesis.

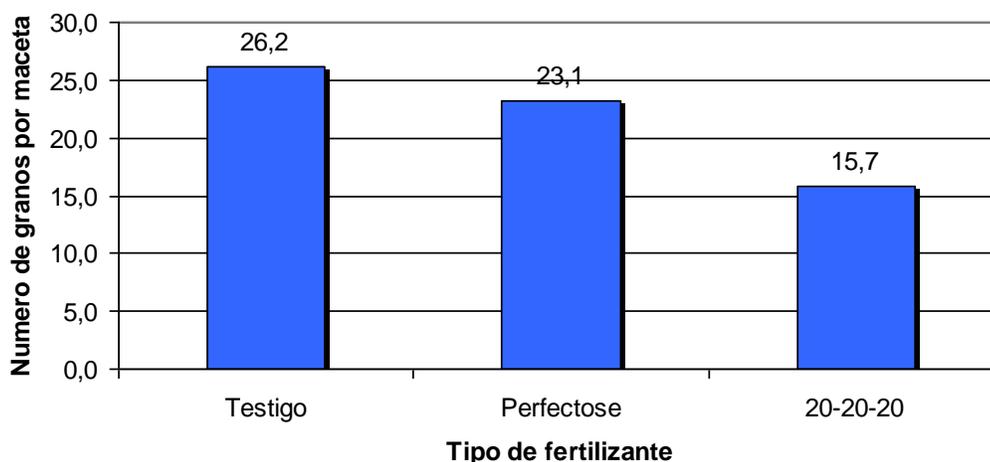


Figura 15. Efecto del tipo de fertilizante en el número de granos total por maceta en cultivo de Arveja

5.3.7 Número de nudos productivos

En esta variable de respuesta se observó que no afecta la covariable número de plantas (Análisis de varianza del anexo 1), en esta situación la competencia para formar nudos productivos no fue significativa, Gent *et al.* Citados por Gonzáles (2001), mencionan que la competencia afecta de forma negativa al número de nudos con vaina.

El análisis de varianza encuentra diferencias debido a la aplicación de fertilizantes y también se detecta diferencias debido a características varietales. Por otro lado no se hallan efecto significativo para sustratos ni tampoco para las interacciones, lo que indica que los efectos son independientes en cuanto al número de nudos productivos.

En el análisis de los efectos aleatorios se determina que el efecto de bloque es mayor a cero, por lo tanto el diseño gana en precisión, luego para evaluar el modelo se determina que todos los efectos aleatorios (errores de parcela principal, sub-parcela) son mayores a cero por lo tanto el modelo es eficiente para el análisis estadístico.



Fotografía 14. Evaluación de nudos productivos

Efecto de variedad en nudos productivos

Las diferencias entre variedades en cuanto al número de nudos productivos se atribuyen a factores genéticos, el número de nudos productivos es un componente del rendimiento, y por ende una característica a tomar en cuenta en programas de mejoramiento genético.

Ramos (1986), menciona que el número de nudos productivos es una característica asociada a la precocidad de las variedades, las variedades tempranas tienden a producir menos nudos reproductivos que las tardías. En el presente estudio se ha encontrado que la variedad de Arveja Pairumani 3 tardó menos días en florecer en relación a la variedad Pairumani 1. En campo la tendencia no es marcada, al respecto Condori (2005) en la localidad de Coroico no halló significancia entre estas dos variedades en cuanto a las ramas productivas y estimó un promedio de 2 ramas/planta para las variedades Pairumani 1 y 3. La diferencia de días a la floración se relacionó en este caso con la formación de nudos productivos.

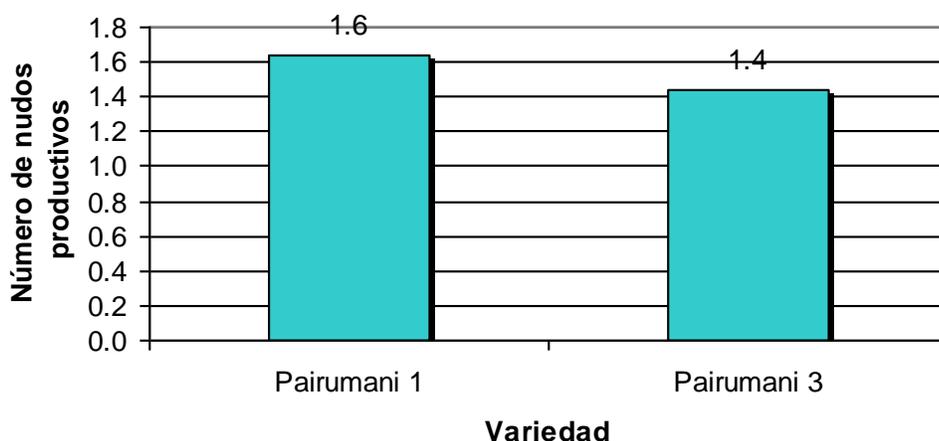


Figura 16. Efecto de la variedad en el número de nudos productivos

Efecto de fertilizante en nudos productivos

En el análisis de medias de los nudos productivos por efecto del fertilizante, se tiene que el efecto del testigo (sin aplicación) es igual de eficiente que el Perfectose, que tiene por propiedades facilitar el desarrollo de biomasa, formación de grano y vaina, pero que en el presente estudio no logra mejorar las características del testigo. Por otro lado se tiene que el Extratriple no favorece la aplicación del producto obteniendo el menor promedio en la formación de nudos.

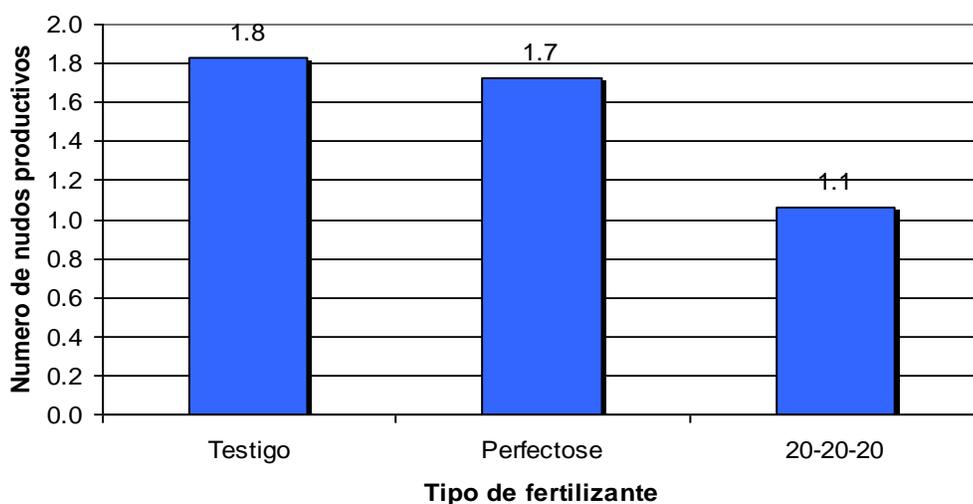


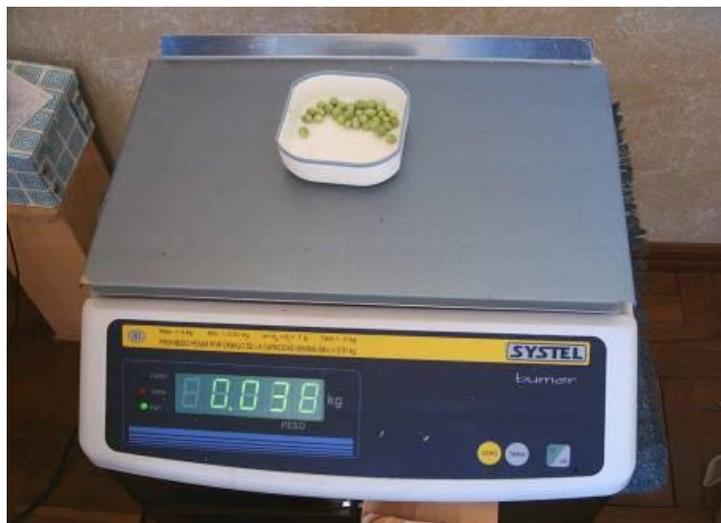
Figura 17. Efecto del tipo de fertilizante en el número de nudos productivos

5.3.8 Peso grano total por maceta

Los resultados del análisis estadístico del anexo 1, detectan efectos significativos de la covariable número de plantas finales sobre el peso de grano total por maceta, entonces es permisible ajustar los efectos medios en el peso de grano mediante el análisis de covarianza.

El análisis detecta diferencia estadística en el efecto de fertilizante, de variedad y de sustrato, lo que indica que la media de al menos un nivel en estos factores es diferente del resto.

En este caso el efecto de bloque es mayor a cero, por lo tanto el diseño gana en precisión, luego para evaluar el modelo, se determina que todos los efectos aleatorios son mayores a cero por lo tanto el modelo es eficiente para el análisis estadístico.



Fotografía 15. Pesaje de los granos totales por maceta

Efecto de variedad en el peso de semilla por maceta

La variedad de Arveja Pairumani 3 logra estadísticamente mayor peso de granos por maceta en comparación con variedad Pairumani 1, un cambio surge en este análisis, ya que la variedad Pairumani 3 que en otras características como la longitud de vaina, número de granos por maceta y la altura de planta analizadas en secciones anteriores fue de una respuesta inferior, logra un mayor efecto en el peso de los

granos por unidad de superficie, esto debido principalmente al tamaño que en Pairumani 3 son en promedio de mayor tamaño y peso que las semillas de Pairumani 1. En este caso se daría el llamado efecto de compensación ya que un bajo número de semillas por unidad de superficie (Pairumani 3) se compensaría con un aumento del peso medio de la semilla aunque esta compensación es muy variable y a veces considerada reducida (Adams *et al.*, citados por Gonzáles, 2001). Este efecto también se ha observado en *Phaseolus* (Izquierdo, 1997).

Desde el punto de vista del mejoramiento genético, el peso de grano es un factor asociado al rendimiento y por ende a la productividad de la planta (Gonzáles, 2001), aunque Gonzáles recomienda que será un aspecto a tomar en cuenta pero no en forma aislada sino estudiando el conjunto de componentes así como de otros parámetros genéticos como la heredabilidad del carácter.

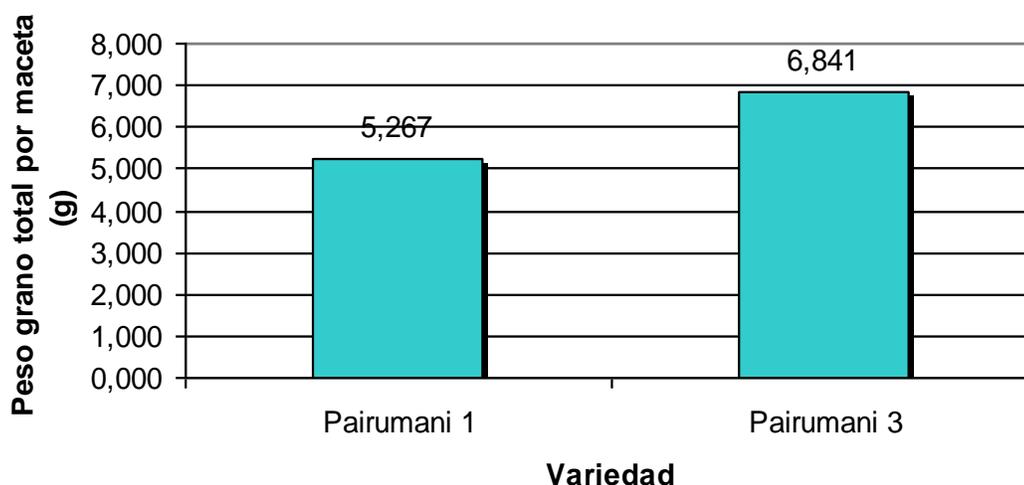


Figura 18. Efecto de la variedad en el peso de grano por maceta

Efecto de sustrato en el peso de semilla por maceta

De acuerdo al gráfico de medias, se advierte que el mayor promedio se da para T27 (3 Tierra: 1 Arena: 1 Materia Orgánica), T18 (2 Tierra: 1 Arena: 2 Materia Orgánica), T24 (2 Tierra: 3 Arena: 1 Materia Orgánica), T30 (3 Tierra: 2 Arena: 1 Materia Orgánica) y T32 (4 Tierra: 0 Arena: 0 Materia Orgánica) que se caracterizan por ser sustratos con diferentes combinaciones de tierra, arena y materia orgánica, se

destaca T27 (3 Tierra: 1 Arena: 1 Materia Orgánica) y T18 (2 Tierra: 1 Arena: 2 Materia Orgánica) que también obtuvieron los mayores promedios en el número de granos por maceta, las características de estos sustratos en su composición es de 2 partes de tierra del lugar.

Estos resultados muestran que a parte de la materia orgánica como buena fuente de nutrientes para la formación y llenado de vainas, la combinación de tierra del lugar aún proporciona adecuados pesos de grano combinado con arena.

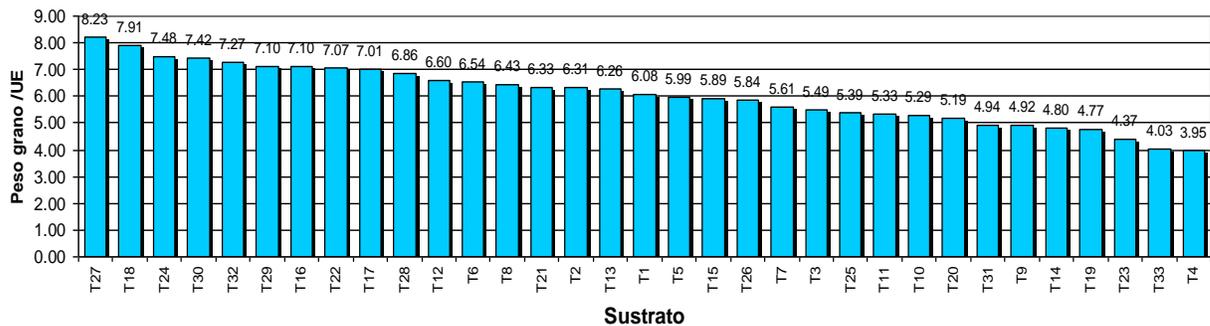


Figura 19. Efecto del sustrato en el peso de grano por maceta

Otro aspecto que se puede observar es con respecto al sustrato T32 (4:0:0), que logra obtener uno de los mayores promedios en el peso de grano por maceta, este sustrato está compuesto en su totalidad por tierra del lugar y los análisis físico químicos muestran como un sustrato de pH ácido (Anexo 2) con un valor de 5.86 a 6.21 lo que muestra la plasticidad del cultivo de arveja en cuanto a la acidez-alcalinidad del suelo.

En contraste se determina que los sustratos con los menores promedios corresponden a T14 (2:0:2), T19 (2:1:3), T23 (2:3:0), T33 (0:4:0) y T4 (0:3:1), para el caso de T4 (0:3:1) y T23 (2:3:0) conteniendo 3 partes de arena y baja proporción de tierra o materia orgánica, para el caso de los sustratos T14 (2:0:2) y T19 (2:1:3), si bien poseen tierra y materia orgánica en 2 a 3 partes, y baja proporción de arena, al parecer son sustratos demasiado compactos.

Ramos (1996), menciona que si bien la especie se adapta a una amplia gama de suelos, deben descartarse suelos muy compactos que no permiten la necesaria aireación de la zona radicular.

Finalmente el sustrato T33 compuesto totalmente por arena se considera muy ligero y con bajo aporte de nutrientes en comparación con el resto de sustratos, los suelos ligeros tienen la incapacidad de retener humedad (Ramos, 1986), aun en condiciones de riego óptimo estos sustratos tienen una velocidad alta de infiltración y de pérdida de agua.

El análisis de medias que se ofrece en el cuadro 11 permite observar el número de granos por maceta. Acorde a la magnitud de las medias, la mayoría de los sustratos produjeron granos por encima de 5 unidades.

En la comparación de medias el peso de granos total de cada maceta varía desde 3,9 hasta las 8,2 g, pero los sustratos que lograron los mayores promedios de peso grano, además de presentar una diferencia estadística con respecto a los sustratos de bajo promedio son T27 (3:1:1) hasta T13 (2:0:1) incluyendo las medias dentro de este rango, el resto de medias puede considerarse de bajo rango.

Cuadro 11. Comparaciones de t para el peso de grano por maceta

Sustratos	Medias (g)	Prueba de t
T27 (3:1:1)	8,23	a
T18 (2:1:2)	7,91	a b
T24 (2:3:1)	7,47	a b c
T30 (3:2:1)	7,41	a b c
T32 (4:0:0)	7,27	a b c d
T29 (3:1:3)	7,10	a b c d
T16 (2:1:0)	7,09	a b c d
T22 (2:2:2)	7,07	a b c d
T17 (2:1:1)	7,01	a b c d e
T28 (3:1:2)	6,85	a b c d e f
T12 (1:3:2)	6,59	a b c d e f
T6 (1:1:2)	6,53	a b c d e f
T8 (1:2:2)	6,43	a b c d e f g
T21 (2:2:1)	6,32	a b c d e f g
T2 (0:1:3)	6,30	a b c d e f g
T13 (2:0:1)	6,26	a b c d e f g
T1 (0:0:4)	6,07	b c d e f g h
T5 (1:0:3)	5,98	b c d e f g h i
T15 (2:0:3)	5,89	b c d e f g h i
T26 (3:1:0)	5,83	b c d e f g h i
T7 (1:2:1)	5,60	c d e f g h i
T3 (0:2:2)	5,48	c d e f g h i
T25 (3:0:1)	5,39	c d e f g h i
T11 (1:3:1)	5,33	c d e f g h i
T10 (1:3:0)	5,29	d e f g h i
T20 (2:2:0)	5,18	d e f g h i
T31 (3:3:1)	4,93	e f g h i
T9 (1:2:3)	4,91	e f g h i
T14 (2:0:2)	4,80	f g h i
T19 (2:1:3)	4,77	f g h i
T23 (2:3:0)	4,37	g h i
T33 (0:4:0)	4,02	h i
T4 (0:3:1)	3,95	i

Efecto de fertilizante en el peso de grano por maceta

No se evidencia significancia estadística entre el testigo y el Perfectose, pero ambos niveles a su vez logran un mayor número de granos por planta a la cosecha en comparación con el Extratriple 20.

En este caso la respuesta del testigo (sin fertilización) se deberá exclusivamente a la calidad de los sustratos empleados, que en promedio tienen buenas características y

similares para el desarrollo de granos, en cambio el fertilizante Extratriple 20 si bien proporciona nutrientes no produce una distribución de recursos para la adecuada formación de vaina y su llenado.

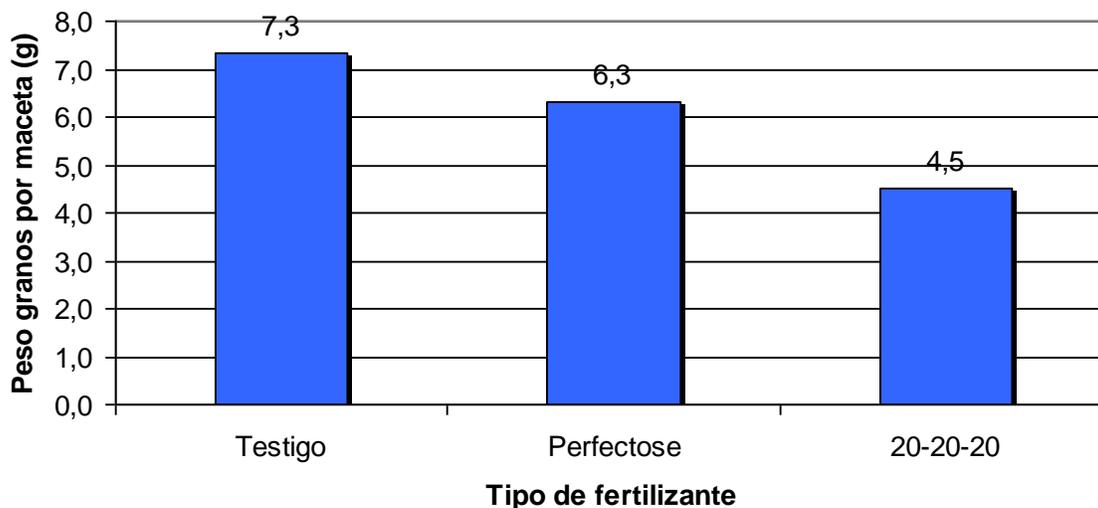


Figura 20. Efecto del tipo de fertilizante en el peso de grano total por maceta

5.3.9 Peso de vaina por maceta

Los resultados del análisis de varianza del anexo 1, detectan efectos significativos de la covariable número de plantas finales sobre el peso de vaina total en la maceta, esto significa que el efecto de competencia tiene una influencia sobre la formación de materia verde, por lo tanto es permisible ajustar los efectos medios en el peso de vaina mediante el análisis de covarianza.

El análisis detecta diferencia estadística en el efecto de fertilizante, de variedad y de sustrato, de interacción fertilizante y sustrato lo que indica que la media de al menos un nivel en estos factores es diferente del resto.

En el caso de efectos aleatorios el efecto de bloque es mayor a cero, por lo tanto el diseño gana en precisión, luego para evaluar el modelo, se determina que todos los efectos aleatorios son mayores a cero por lo tanto el modelo es eficiente para el análisis estadístico.



Fotografía 16. Pesaje de vainas

Efecto de variedad en el peso de vaina por maceta

En cuanto al peso de vaina, de manera similar al peso de grano la variedad, destaca la variedad de Arveja Pairumani 3, esto es debido al mayor peso del grano y la materia verde de esta variedad.

Huchani (2004), reporta diferencias altamente significativas en el rendimiento de vaina en verde entre variedades, y donde obtuvo mayores rendimientos de la variedad Pairumani 3 con respecto a la variedad Pairumani 1, por su parte Condori (2005) en la localidad de Coroico reporta diferencias estadísticas entre estas variedades donde Pairumani 3 logra un rendimiento superior a Pairumani 1, Condori atribuye estas diferencias al tamaño de vaina, peso de 100 semillas y tamaño de grano, confirmándose de ésta manera la diferencia debido a factores intrínsecos o genéticos en el rendimiento.

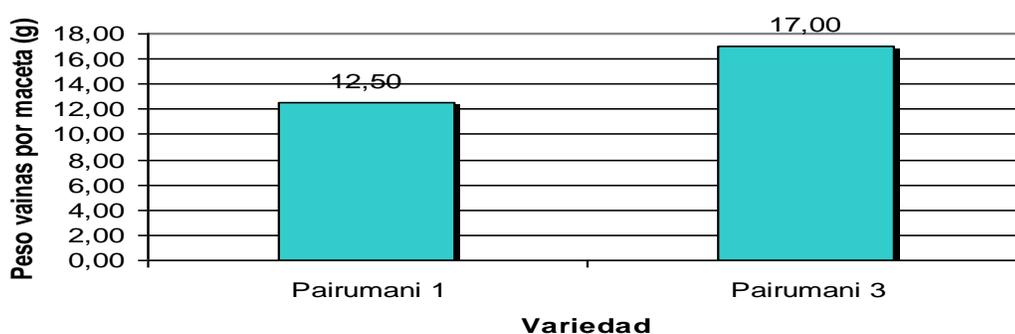


Figura 21. Efecto de la variedad en el peso de vaina por maceta

Análisis de la interacción Fertilizante por Tierra

La interacción significativa señala que el efecto de los fertilizantes en el peso de vaina por maceta es diferente en los distintos sustratos. Los dos factores no son independientes en el peso de vaina total. Esto se traduce en que para un tipo de fertilizante dado se tendrá un sustrato que muestre el mayor promedio de vainas por maceta.

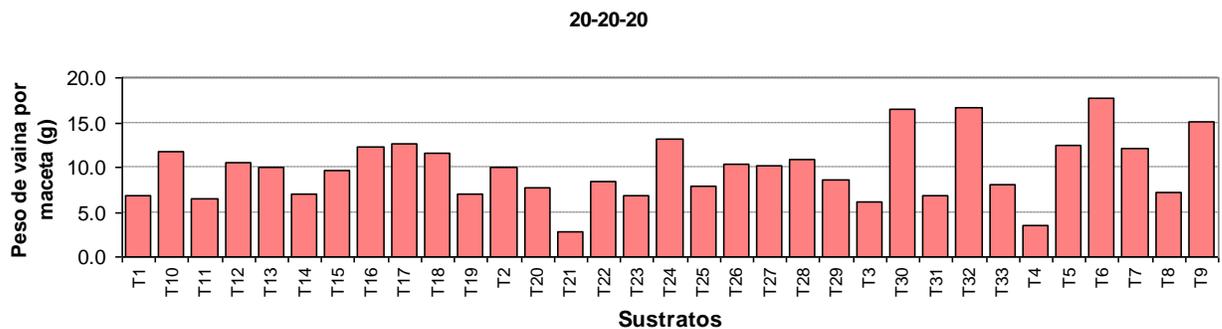
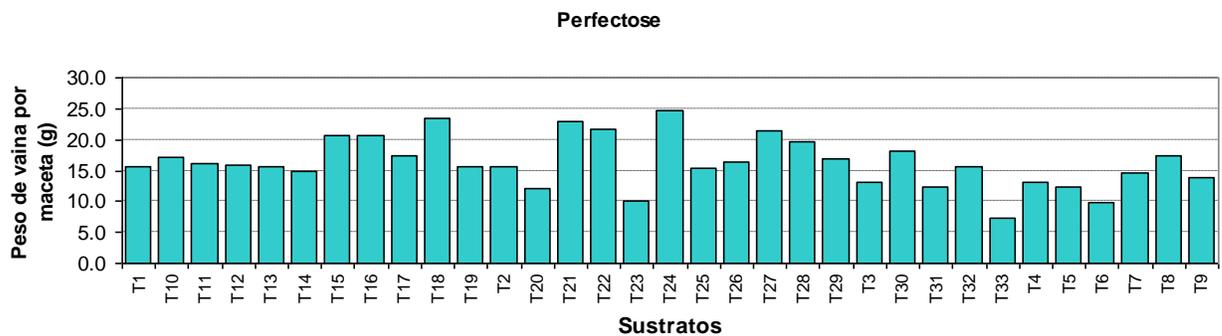
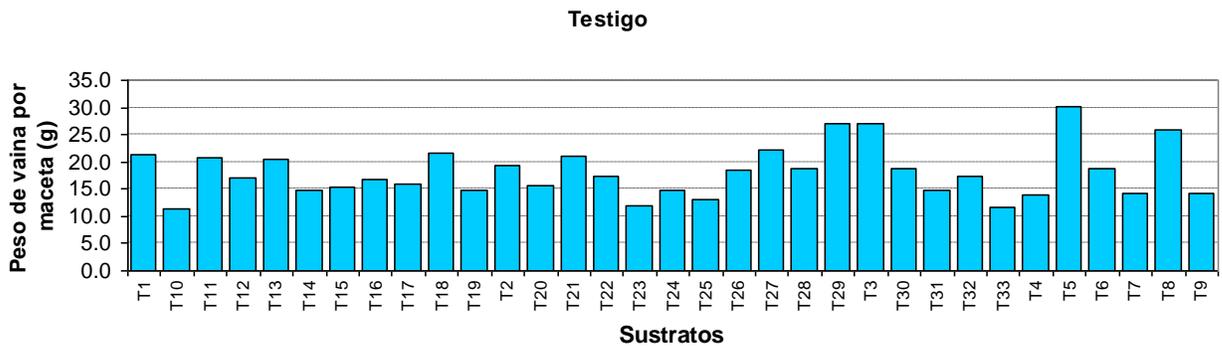


Figura 22. Interacción Fertilizante y Sustrato en el peso de vaina por maceta

Se observa que los sustratos se comportan de manera diferente en los niveles de fertilizante. T5 es el sustrato de mayor promedio en el Testigo (Sin fertilización), y esta es una combinación (1:0:3) sin arena. T5 es un sustrato que si bien tiene un valor destacado en el peso de vaina, tuvo una respuesta regular en las dos variables analizadas anteriormente (número y peso de granos por maceta), este sustrato no tiene ninguna parte de arena, el sustrato en este caso favoreció a la formación de materia verde pero no en la misma medida la producción de grano, Munier *et al.*, (1994), mencionan que el tamaño de la semilla es determinante en el rendimiento, de modo que si el tamaño de grano esta por debajo del potencial de la planta, el nitrógeno demandado no será exportado hacia las semillas sino que se quedara como excedente en las partes vegetativas.

En el nivel fijo de fertilizante Perfectose en cambio destaca T24 (2:3:1) y T18 (2:1:2) el primer sustrato caracterizado por alto contenido de arena pero también con tierra y materia orgánica, en tanto T18 al contrario tiene una baja proporción de arena, se logra un mayor peso de vaina con estos sustratos, posiblemente debido a su contenido de dos partes de tierra del lugar y complemento con materia orgánica.

En el fertilizante 20-20-20 (Extratrisple), con promedios menores a 20 g, destaca T6, la proporción de componentes para este sustrato es de (1:1:2) partes de tierra, arena y materia orgánica, la baja proporción de tierra del lugar en este caso se ve compensada por el efecto del Extratrisple que suple los nutrientes necesarios para formar biomasa, aunque no en la misma medida como la obtenida en el testigo y el Perfectose, esto se puede corroborar observando al sustrato T32 (tierra) en este nivel que también alcanza un promedio destacado, pero no lo hace en la misma medida que en los otros niveles de fertilización donde tiene una respuesta media en el peso de vaina por maceta.

El análisis detecta diferencia estadística en el efecto de fertilizante, de variedad y de sustrato, de interacción fertilizante y sustrato lo que indica que la media de al menos un nivel en estos factores es diferente del resto.

5.3.10 Número de vainas por planta

En el análisis estadístico del anexo 1, no se halló significancia del número de plantas sobre el número de vainas por planta, el efecto de competencia fue no significativo, por lo que se procede con el análisis de varianza sin considerar la covariable.

El análisis revela efecto de fertilizante, variedad y sustrato, lo que indica que la media de al menos un nivel en estos factores es diferente del resto. Respecto a la eficiencia del diseño empleado al ser la varianza mayor a cero, demuestra que el diseño fue bien aplicado, lográndose controlar el gradiente de variabilidad debido al cual se estratificaron las unidades en los bloques.

Por otro lado el efecto de la interacción Bloque y Fertilizante que corresponde al error de la parcela mayor es igual a cero, este aspecto causa que el modelo estadístico empleado pierda precisión.



Fotografía 17. Numero de Vainas por Planta

Efecto de variedad en el número de vainas por planta

La variedad Pairumani 1 logra estadísticamente mayor número de vainas por planta en comparación con variedad Pairumani 3, Pairumani 1 logra obtener un mayor número de vainas debido a que produce granos de menor tamaño lo que permite a la planta una mayor carga de vainas, aunque esto produce que se reduzca el peso de los granos. En tanto Pairumani 3, con un menor número de vainas planta debido a

que el tamaño de grano es mayor en comparación con la Pairumani 1. Este aspecto está relacionado con el número de granos descrito en secciones anteriores donde se menciona la compensación de los componentes del rendimiento, el número de vainas está en función al potencial genético de la planta y la oportunidad de expresarse en un ambiente determinado.

Huchani (2004), obtiene un promedio de 6 y 5 vainas por planta en las variedades Pairumani 1 y Pairumani 3 respectivamente, en tanto que Kantuta (2004) obtuvo un promedio de 11.5 vainas por planta. Las diferencias entre los valores reportados en otros estudios con los obtenidos en el presente ensayo se atribuyen principalmente a las diferentes condiciones de desarrollo de la planta (en maceta).

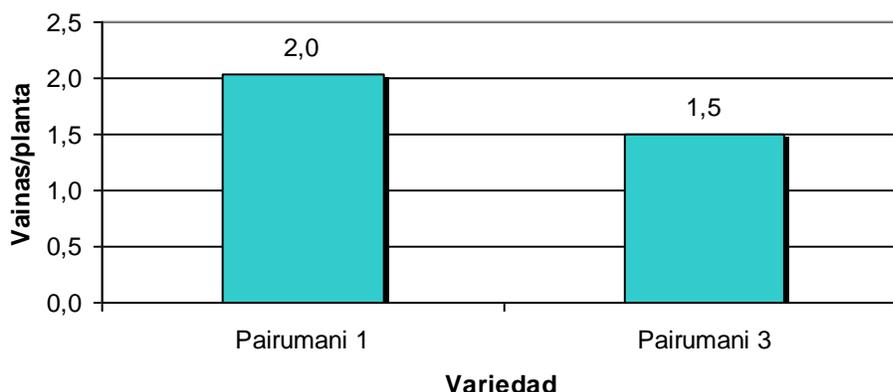


Figura 23. Efecto de la variedad en el número de vainas por planta

Efecto de Sustrato en número de vainas por planta

En la formación de número de vainas por planta se pueden ver promedios bastante diferenciados de manera que los mayores efectos se logran por los sustratos T5 (1:0:3), T18 (2:1:2), T28 (3:1:2), T27 (3:1:1) y T29 (3:1:3), la característica principal de estos sustratos es su bajo contenido de arena, por lo tanto mayor proporción de los componentes tierra y materia orgánica, garantiza un sustrato con considerable aporte de nutrientes, en el caso de T5 (1:0:3) si bien se destaca en la formación de peso y vainas por planta, no lo es en la misma magnitud para otras variables

descritas como el número de granos totales y el peso de granos donde tuvo una respuesta media.

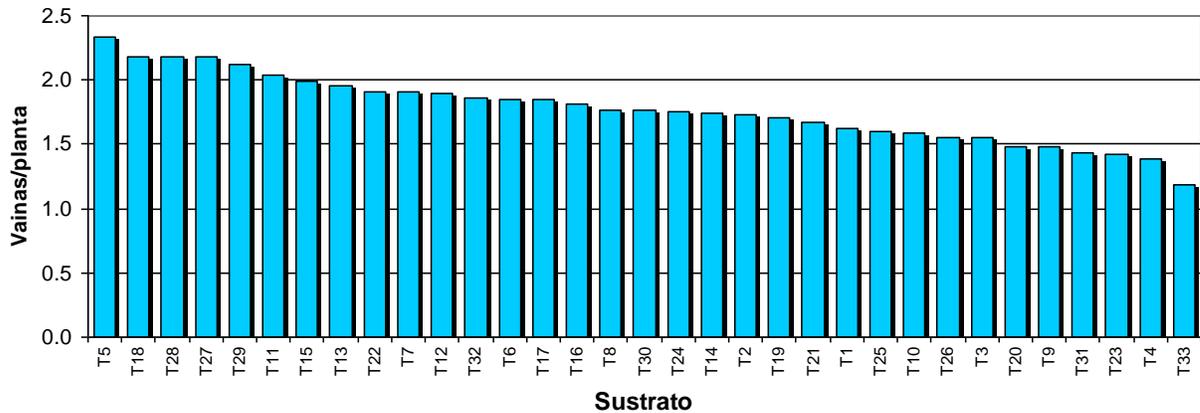


Figura 24. Efecto del sustrato en el número de vainas por planta

En esta variable los menores promedios se reportan para los sustratos T23 (2:3:0), T4 (0:3:1) y T33 (0:4:0), sustratos que se caracterizan por su bajo contenido de tierra y materia orgánica y en el caso de T33 solo la presencia de arena, de hecho son sustratos que apenas proporcionan nutrientes para la planta para formar alrededor de 1 vaina.

El cuadro siguiente presenta el análisis de medias del número de vainas por planta los promedios varían desde 1.2 hasta las 2.3 vainas, pero los sustratos que lograron los mayores promedios de altura, además de presentar una diferencia estadística con respecto a las demás son los sustratos desde T5 (1:0:3) hasta el sustrato T8 (1:2:2) recorriendo los promedios por orden de magnitud.

Cuadro 12. Comparaciones de t para el número de vainas por planta

Sustrato	Medias	Prueba de t
T5 (1:0:3)	2.33	a
T18 (2:1:2)	2.18	a b
T28 (3:1:2)	2.18	a b
T27 (3:1:1)	2.18	a b
T29 (3:1:3)	2.12	a b c
T11 (1:3:1)	2.04	a b c d
T15 (2:0:3)	1.99	a b c d e
T13 (2:0:1)	1.95	a b c d e f
T22 (2:2:2)	1.90	a b c d e f g
T7 (1:2:1)	1.90	a b c d e f g
T12 (1:3:2)	1.89	a b c d e f g
T32 (4:0:0)	1.86	a b c d e f g
T6 (1:1:2)	1.85	a b c d e f g
T17 (2:1:1)	1.85	a b c d e f g
T16 (2:1:0)	1.81	a b c d e f g
T8 (1:2:2)	1.76	a b c d e f g
T30 (3:2:1)	1.76	b c d e f g
T24 (2:3:1)	1.75	b c d e f g
T14 (2:0:2)	1.74	b c d e f g
T2 (0:1:3)	1.73	b c d e f g
T19 (2:1:3)	1.70	b c d e f g h
T21 (2:2:1)	1.67	b c d e f g h
T1 (0:0:4)	1.62	c d e f g h
T25 (3:0:1)	1.60	c d e f g h
T10 (1:3:0)	1.58	d e f g h
T26 (3:1:0)	1.56	d e f g h
T3 (0:2:2)	1.56	d e f g h
T20 (2:2:0)	1.49	e f g h
T9 (1:2:3)	1.48	e f g h
T31 (3:3:1)	1.43	f g h
T23 (2:3:0)	1.42	f g h
T4 (0:3:1)	1.39	g H
T33 (0:4:0)	1.18	H

Efecto de Fertilizante en el número de vainas por planta

No se evidencia diferencia estadística significativa entre el testigo y el Perfectose, pero ambos fertilizantes a su vez logran un mayor número de vainas por planta a la cosecha en comparación con el Extratriple 20.

Kantuta (2004), al evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización obtuvo un promedio de 11.5 vainas/planta para el nivel 150 kg N/ha y 10.75 para el testigo (sin fertilización) estos efectos no se diferenciaron estadísticamente.

Huchani (2004), al comparar el efecto de la inoculación no obtuvo significancia con respecto al testigo (sin inóculo). Los resultados del presente estudio se atribuyen a los tipos de fertilizantes empleados.

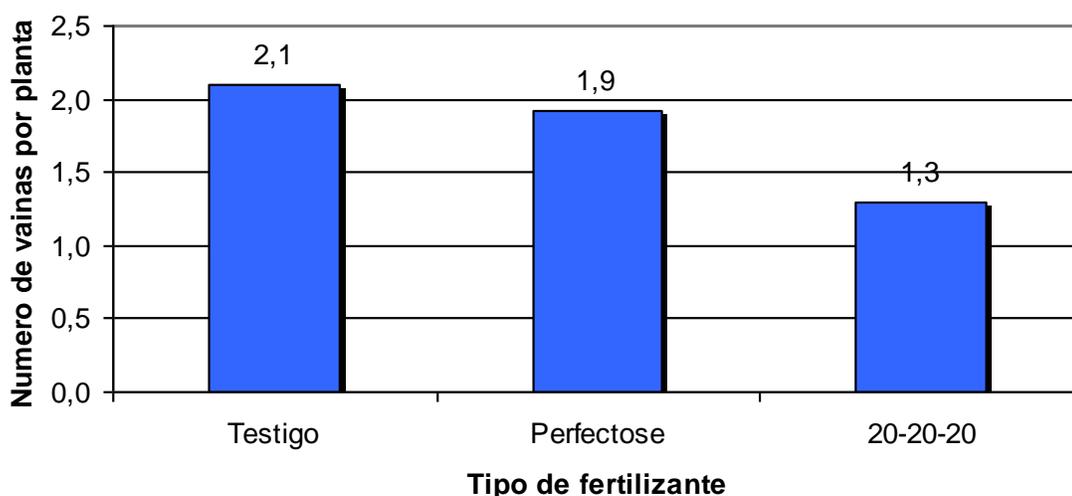


Figura 25. Efecto del tipo de fertilizante en el número de vainas por planta

5.3.11 Apariencia de planta

En la primera fecha de evaluación (floración) la apariencia más frecuente es Regular para todos los sustratos, luego destaca por su buena apariencia T19 (2:1:3), T5 (1:0:3) y T30 (3:2:1), en tanto uno de los sustratos con apariencia Mala elevada fue T21 (2:2:1), dada la floración secuencial del cultivo en esta fase la apariencia puede ser variable, pero es común observar plantas con buena apariencia.

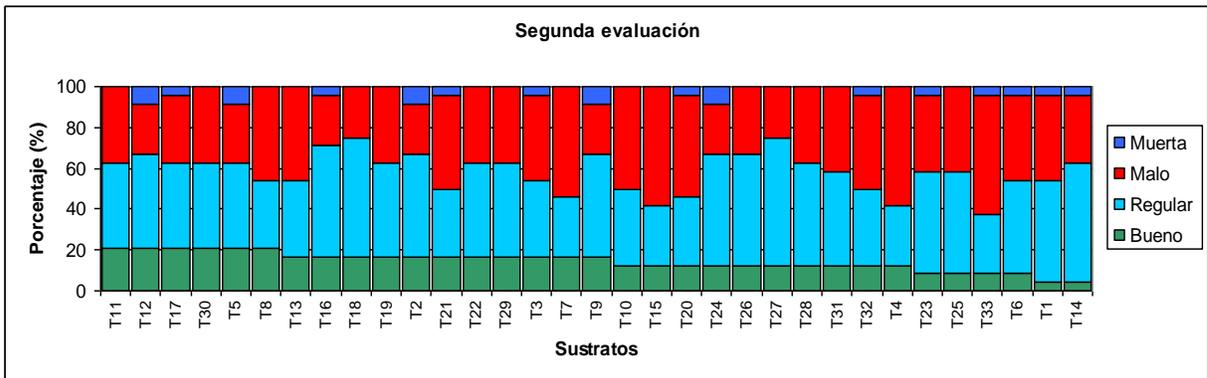
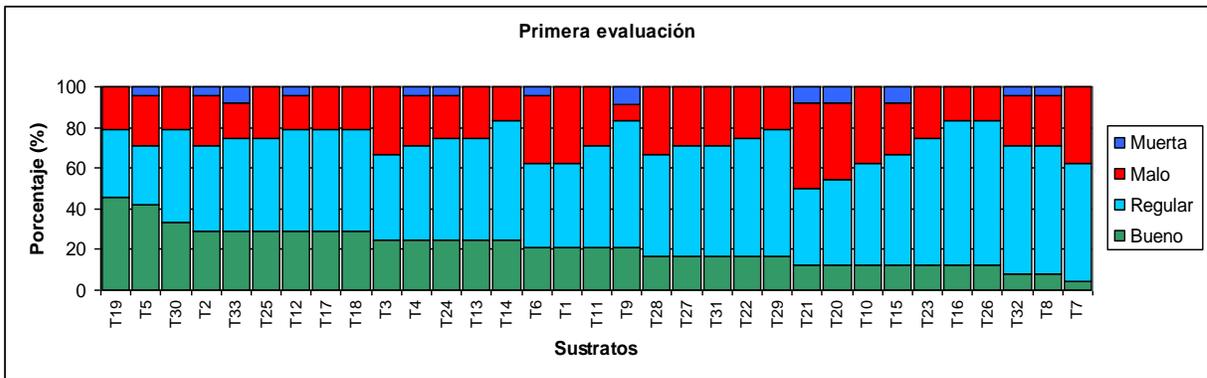


Figura 26. Apariencia de planta por sustrato (%)

En la segunda evaluación (madurez fisiológica) la proporción de las frecuencias de apariencia cambia, la apariencia “mala” se da en mayor proporción en T33 (arena). El resto de sustratos presenta en mayor proporción a la apariencia “regular”, la fase de madurez fisiológica se caracteriza por la senescencia foliar, es la etapa donde las vainas cambian a color amarillo, las semillas finalizan el llenado con un contenido de agua inferior al 55%, ya que llegan a representar casi un 40% del peso seco total de la planta, esta progresión es rápida a lo largo del tallo (González, 2001).



**Fotografía 18. Apariencia
Planta Buena**

Plantas con la Totalidad de
Hojas Verdes y Vigorosas
Planta Vigorosa de buen
Porte



**Fotografía 19. Apariencia
Planta Regular**

Plantas con más de 20
Hojas secas color café y
marchito.
Planta inclinada de porte
medio



**Fotografía 20. Apariencia
Planta Mala o Muerta**

Plantas con la totalidad de
las hojas cafés y secas.
Planta echada o muerta de
porte bajo y seco

5.4 Análisis Físico Químico de los sustratos.

En el anexo 2, se detalla el análisis físico-químico de los sustratos que tuvieron la mejor respuesta y los sustratos compuestos por un solo componente (T1: 100% MO, T32: 100% Tierra del lugar, T33: 100% Arena).

Cuadro 13. Características Físico-Químicas

Sustrato	T1	T18	T29	T30	T32	T33	T27
Arena	38	46	42	55	25	76	50
Arcilla	22	22	24	21	32	16	22
Limo	40	32	34	24	43	8	28
Clase textural	F	F	F	FYA	FY	FA	F-FYA
pH (agua)	6.99	7.23	7.2	7.47	6.21	8.07	7.27
pH (KCL)	7.01	7.22	7.21	7.45	5.86	7.94	7.22
CIC (meq/100gS^o)	33.65	15.88	17.86	10.82	7.89	7.89	11.45
MO (%)	7.84	5.33	5.43	2.44	2.63	3.03	2.74
N. Total (%)	0.51	0.16	0.2	0.08	0.12	0.1	0.12
P. Asim. (ppm)	107.55	64.72	68.16	43.27	32.62	10.74	43.75

Los tratamientos que obtuvieron los mejores promedios en las variables de respuesta, T18(2:1:2), T27 (3:1:1), T29 (3:1:3), T30 (3:2:1), T32 (4:0:0) tienen texturas de Franco a Franco arcillosas, sus valores de pH varían de 7.21 a 7.45, valores adecuados, hallándose entre los rangos descritos como adecuados para el cultivo entre 6.5-7.5 según Iñiguez y 5.5-6.5 de acuerdo a Raymond citados por Huchani (2004) y Kantuta (2004), respectivamente, se debe mencionar el mayor grado de acidez de T32 (Tierra), si bien se encuentra en los rangos del cultivo, el pH que tiende a ácido podría afectar la actividad simbiótica.

La capacidad de intercambio catiónico de estos sustratos combinados varía de 10.82 a 17.86 mayores al valor de CIC de T32 (Tierra del lugar con 7.89 de meq/100g suelo) que es el parámetro de referencia, este aspecto puede estar influenciado por el pH, un aumento en los valores del pH suele asociarse con un aumento de la capacidad de intercambio catiónico ya que se aumenta la proporción de bases del complejo de cambio y se disminuye la concentración de Al, H y Mn cambiables, por otro lado, el contenido de materia orgánica varía de 2.44 a 5.33% aspecto relacionado con la proporción de componentes en los sustratos.

5.5 Análisis económico

Análisis de costos para sustratos

Cuadro 14. Resumen de costos fijos y variables para sustratos por 100 macetas

Sustrato	Total CF (Bs.)	Total CV (Bs.)	Costo Total (Bs.)
T7 (1:2:1)	170	46,6	216,6
T9 (1:2:3)	170	66,2	236,2
T16 (2:1:0)	170	22,1	192,1
T18 (2:1:2)	170	41,7	211,7
T27 (3:1:1)	170	34,3	204,3
T29 (3:1:3)	170	53,9	223,9
T30 (3:2:1)	170	51,5	221,5
T32 (4:0:0)	170	9,8	179,8
T33 (0:4:0)	170	68,6	238,6

En el cuadro 17 y la figura 27 de costos parciales se observa que los sustratos con mejor respuesta (T27, T18, T29) presentan costos medios en relación a los demás sustratos, por ejemplo en el caso de T33 que corresponde a arena y que tuvo menor respuesta, y considerado un sustrato testigo a su vez presenta el mayor costo debido a la mayor precio de arena. En general los sustratos más económicos son los que están compuestos por mayores partes de tierra del lugar y menos proporción de arena y materia orgánica como es el caso de T16 aunque este sustrato mostro una respuesta media en las variables de respuesta.

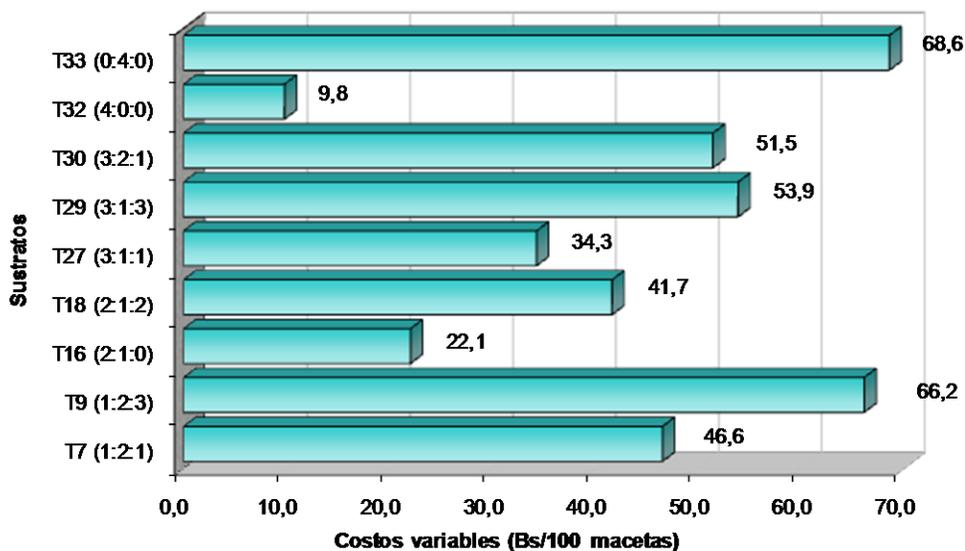


Figura 27. Análisis de costos variables para 100 macetas

Análisis de costos para fertilizantes

Cuadro 15. Resumen de costos fijos y variables para fertilizantes por 100 macetas

Fertilizante	Total CF (Bs.)	Total CV (Bs.)	Costo Total (Bs.)
Perfectose	170	31	201
Extratriples	170	70,5	240,5
Testigo (*)	170	0	170

Su costo es igual al CF=170 Bs.

En el análisis de costos, en lo que se refiere al testigo su costo total es equivalente al costo fijo, puesto que en costos variables los principales ítems correspondieron al costo del material y el costo de la mano de obra para su aplicación. Entre la aplicación de Perfectose y Extratriples, la opción más económica es el Perfectose, sin embargo en los análisis previos no se ha evidenciado diferencias entre la no aplicación (testigo) y Perfectose, por lo que no se recomendaría la aplicación de ningún tipo de fertilizante.

6. CONCLUSIONES

En función a los objetivos planteados para determinar el sustrato y tipo de fertilizante para macetas en programas de mejoramiento genético en el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani en la sección arvejas, las conclusiones del trabajo son:

- Se han determinado efectos significativos de los sustratos sobre la emergencia, siendo los sustratos de composición menos compacta los que más favorecen la emergencia.

El T33 compuesto de Arena únicamente con clase textural Franco Arcilloso Arenoso.

El T9 teniendo una parte de tierra, dos partes de arena y tres partes de materia orgánica.

El T16 formado de dos partes de tierra y una parte de arena.

Y el T7 con una parte tierra, dos partes arena y una parte de materia orgánica

Aunque esta superioridad no garantiza los mismos resultados en otras características a nivel de grano, vaina y desarrollo.

- Respecto al número y peso de granos por unidad experimental, al número y peso de vainas por maceta, se han determinado diferencias estadísticas, logrando identificar 3 sustratos con los mayores promedios en dichas variables los cuales son:

El T27 formado de tres partes de tierra del lugar, una parte de arena y una de materia orgánica, siendo un suelo Franco-Franco Arcilloso Arenoso.

El T18 compuesto de dos partes de tierra, una parte de arena y dos partes de materia orgánica, llegando a formar un sustrato Franco.

El T29 que también es Franco y este a su vez esta conformado por tres partes de tierra una parte de arena y tres partes de materia orgánica. Y en segunda instancia:

El T30 con característica Franco Arcilloso Arenoso compuesto de tres partes de tierra dos partes de arena y una parte de materia orgánica.

Y el T32 con 4 partes enteramente de tierra del lugar llegando a ser Franco Arenoso.

- En el factor fertilizante se han determinado efectos en las siguientes variables: altura de planta, longitud de vaina, número de granos/planta, número de granos, maceta, peso grano/maceta, peso de vaina/maceta, número de vainas/maceta. En todos los casos el suelo del lugar y el Perfectose tuvieron un mayor efecto que el Extratriple.
- La interacción Fertilizante y Sustrato fue significativa en el peso de vaina/maceta.
- En variedades se ha determinado diferencias estadísticas en las siguientes variables: emergencia, altura, días floración, número de granos por maceta, número de vainas por planta, donde fue superior en promedio la variedad de Arveja Pairumani 1.
- Referente al peso de grano por maceta, peso de vaina por maceta se determinó diferencia a favor de la variedad de Arveja Pairumani 3.
- El análisis de costos parciales determina que los sustratos más económicos son los compuestos por mayores proporciones de tierra de lugar (T16), y costos medios para los sustratos de mejor respuesta (T27, T18, T29).
- Considerando que la composición de sustratos menos compactos, favorecen a la emergencia de las plantas, además de considerar que la planta en maceta, para poder desarrollarse de forma más eficiente, necesita de un estímulo extra, ya que cuando las condiciones del suelo no se encuentran con los niveles adecuados de nutrientes; una capa de escoria se puede formar en las raíces de las plantas y es ahí donde las plantas empiezan a morir. Si el suelo es rejuvenecido con nutrientes adecuados, la capa de formación de escoria puede revertir permitiendo a la planta absorber dichos nutrientes.

7. RECOMENDACIONES

Se pone a consideración un nuevo estudio con los sustratos T27 compuesto de tres partes de tierra del lugar, una parte de arena y otra parte de materia orgánica, siendo un suelo Franco-Franco Arcilloso Arenoso, T18 compuesto de dos partes de tierra una parte de arena y dos partes de materia orgánica, llegando a ser un suelo Franco y T29 que también es Franco y este a su vez está conformado por tres partes de tierra una parte de arena y tres partes de materia orgánica, y esta en segunda instancia a T30 con característica Franco Arcilloso Arenoso compuesto de tres partes de tierra dos partes de arena y una parte de materia orgánica y T32 con 4 partes enteramente de tierra del lugar llegando a ser Franco Arenoso, utilizando productos orgánicos naturales que beneficie a la planta y suelo, para crear una planta más saludable y robusta, que incremente el crecimiento de la raíz y mejore la apariencia de la planta de forma simultánea, para que así exista un incremento de la raíz, esta a su vez permita a las plantas resistir las variaciones de climas extremos, además de amenazas naturales tales como plagas e insectos, hongos, moho e incluso sequías, utilizando enriquecedores biológicos para suelos.

8. LITERATURA CITADA

- ACOSTA, L.W. 1990. Diferentes épocas de siembra con variedades de arveja en la zona del Chaco húmedo. Tesis de grado. Universidad autónoma Juan Misael Saracho, Tarija, Bolivia.
- AGRICULTURA TECNICA, 2007. Publicación de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Avenida Vicente Mendez # 515 casilla 426. Chillan, Chile.
- ARGENBIO, 2003-2004. Ketchum Argentina. www.porquebiotecnologia.com.ar Consultado el 5 de mayo del 2009.
- CABRERA RAÚL ISKANDER. 2002 Manejo de Sustratos para la Producción de Plantas Ornamentales en maceta. Department of Horticultural Sciences Texas A&M University. Coit Road, Dallas, Texas (USA).
- CANOVAS, F. DÍAZ, J.R. 1993. Cultivos sin suelo. Curso Superior de Especialización. Ed. Instituto de Estudios Almerienses. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. Almería.
- CANOVAS, F.; MAGNA, J.J. Y BOUKHALFA, A. 1997. Cultivos sin suelo. Hidroponía. En Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos del Sureste español. Ed. Instituto de la Caja Rural de Almería. Almería.
- CARROUE Y GATEL 1995: Geographie de la mondialisation, Colin U.
- CASTAÑOS, C. 1993 Horticultura manejo simplificado. Ed. Bruno García Chávez, Dora Chávez, México D. F. 315.
- CASSERES, E. 1979. Producción de Hortalizas, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura 3ra Ed. IICA, San José, Costa Rica. 272p.
- CAVAZOS T. Y RODRÍGUEZ O. 1992. Manual de prácticas de física de suelos. Trillas. México, DF. 99pp.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES FITOECOGENÉTICAS DE PAIRUMANI (CIFP). 1994. Plan operativo técnico-sub. Programa de leguminosas. Pairumani Bolivia.

- CONDORI CUEVA BEATRIZ. 2006. Comportamiento Agronómico de cinco variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) con manejo Ecológico (En la localidad de Coroico). Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía-UMSA. 72 p.
- CIAMPITTI I. A. Y F. O. GARCIA. 2007 Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de micronutrientes secundarios. Informaciones agronómicas #33 Archivo Agronómico # 11 Instituto Internacional de nutrición de plantas. Programa Latinoamérica – Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires Argentina.4p.
- CIFP. 2001. (Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani) Informe Anual año 2000 – 2001, Matriz de Planificación 2001- 2002. Cochabamba, Bolivia 80 p.
- CRESPO, M. 1989. Diagnostico sobre la producción e investigación de la haba, arveja, garbanzo y lenteja en Bolivia. En: III cursos cortos en investigación de haba, lenteja, arveja y garbanzo en la Subregión Andina. PROCINDINO (Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para la Subregión Andina). Quito, Ecuador. Pasto, Colombia. Septiembre de 1989.
- EVANS F. 1983. Fisiología de los cultivos. Hemisferio Sur. Buenos Aires Argentina.
- Fernández, M. M., Aguilar, M. I., Carrique, J. R., TORTOSA, J.; GARCÍA, C.; LÓPEZ, M.; PÉREZ, J.M. (1998). Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- FAO (organización de Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación, IT). 1992. Anuario de producción. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, IT. 265p.
- FERNÁNDEZ, M. M., AGUILAR, M. I., CARRIQUE, J. R., TORTOSA, J.; GARCÍA, C.; LÓPEZ, M.; PÉREZ, J.M. (1998). Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- GALLOWAY, D. J. 1985. Flora of New Zeland Lichens. P. S. Hasselberg, New Zeland Government Printer, Wellington. 662p.

- GARABITO M., 2006. Utilización del rechazo de arveja de arveja china (*Pisum sativum L.*), para el engorde de conejos en el municipio Amatitlan-Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tesis de Grado.
- GONZÁLES MARIO, 2001. Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum L.*). Universidad de Valladolid- España. Tesis doctoral.
- GRACIANO E. 2000. Elementos de agrología: Fundamento teóricos para la etapa I del curso de edafología aplicada II Cuarta edición.
- GARCIA, A. 1952. Horticultura. Editorial. Salvat. Barcelona España. 414p.
- GERDING, M. 1992. Control biológico de afidos en cereales. Serie Quilamapu # 36p. In Gerding, M. (Ed.). Taller internacional de Control Biológico del Afido Ruso del Trigo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Quilamapu, Chillan, Chile.
- GENP PERU srl, GENP BOLIVIA Ltda., Hoja informativa extra triple 20.20.20
- HEATH, M., HEBBLETWAITE, P.D. 1984, A basis for improving the dried pea crop, Outlook Agric. 202 p. .
- HUCHANI. M. 2004. Introducción de variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) en dos épocas de siembra con inoculación de *Rhizobium* en la comunidad de Amarete (Provincia Bautista Saavedra). Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía-UMSA. 66 p.
- IBTA 1996. Manejo agronómico de la Arveja, Instituto Boliviano de Tecnología agropecuaria. Programa nacional de leguminosas de Grano (PNLG). Cochabamba, Bolivia. ICA. 1991. Hortalizas Manual de asistencia técnica #28. Instituto colombiano Agropecuario.
- IICA (Instituto Interamericano e Cooperación para Agricultura, CR). 1991. (en línea). Consultado 9 julio 2008. Disponible en: <http://www.iicaet.org//>.
- INE (Instituto Nacional de Estadística), 2001, estadísticas agrícolas 1992 – 2001. La Paz, Bolivia. Ministerio de Planeamiento y Coordinación. 36p.

- INFOAGRO. 2003. Variedades (en línea) consultado 9 de jun. 2009. Disponible en:
www.infoagro.com/hortalizas/gusantes.htm.
- JUAN ANTONIO MARTÍN ARMAS. 2007. Tratamientos Bioecológicos, S.A. Cannabis Magazine Edición Digital
- KANTUTA, R. 2004. Efecto de densidades de siembra y niveles de fertilización para la producción de semilla de arveja (*Pisum sativum* L.) en el Valle Bajo de Cochabamba. Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía-UMSA. 83 p.
- LLURBA, M. 1997. Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. Revista Horticultura N° 125 - Diciembre 1997.
- MACA (Ministerio de Asuntos Campesinos y agropecuarios, BO). 1993. Mapa Ecológico de Bolivia. La Paz, BO. s.p.
- MARIO CRESPO MARQUES. 1989. Investigación para la producción de haba, lenteja, arveja y garbanzo en la subregión andina, Quito Ecuador
- MAROTO, J.V. 1990. Elementos de Horticultura General. Editorial. Mundi-Prensa. Madrid España.
- MARTÍNEZ, E Y GARCÍA, M. 1952. Cultivos sin suelo: hortalizas en clima mediterráneo. Edición. Horticultura, Madrid España.
- MATEO, B. J. M. 1969. Leguminas de Grano Ed. Revolucionaria. L Habana, Cuba 550p
- MILAN, M. MOREIRA, A. 1996. (*Pisum sativum* L.) En: Meneses. R.; Waaijenberj, H. y Pierola, L. (editores). Las Leguminosas en la Agricultura Boliviana. Revisión de información. Cochabamba, Bolivia; Proyecto de Rhizobiología – Bolivia (CIAT, CIF, PNLG – CIFP - WAU)
- MARN (Ministerio de medio Ambiente y Recursos Naturales), 2000. Reglamento de organización y Funciones del Ministerio 14 de febrero de 2000 Republica Del Salvador.

- MUNIER JOLAIN, N. G. Y DTHION, C. 1994 Seed growth rate in grain legumes I. Effect of assimilate availability on seed growth rate. Journal of Experimental Botany Vol. 49. 369p.
- OELKE ET AL 1991. (*quinoa*). Presentación del curso Gran crop production and management, Departamento de Agronomía, Universidad de Wisconsin, Madison. Disponible en: www.corn.agronomy.wisc.edu
- PAREDES, FERNÁNDEZ WILMER, 2007. Mejoramiento genético en plantas Universidad Nacional de San Agustín Arequipa – PERÚ
- PROCIANDINO, 2008. Programa cooperativo de innovación tecnológica agropecuaria para la región andina, IICA/PROCIANDINO. Caracas Venezuela.
- RAMÍREZ, J. 1992 Cultivo de Arvejas. Ed. Acción un maestro mas, Voluntariado para la educación y salud campesina. Serie Agropecuaria. La Paz, Bolivia. 16p.
- RAMOS A., 1986. El guisante, En: El cultivo de las leguminosas de Grano. León, F. Franco, A. Ramos Ed. Valladolid.
- RAYMOND, A. G. 1989. Producción de semillas de plantas de hortaliza Ed. Mundiprensa, Madrid, España. 330p.
- RED DE REVISTAS CIENTÍFICAS DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE, ESPAÑA Y PORTUGAL E-GNOSIS, 2003. Mejoramiento Genético Vegetal in Vitro. Universidad de Guadalajara México.
- RIVA, E.A., ISASI, T.M. Y BIANCHINI. 1974. Técnica de hibridación en Arveja. Estación experimental Agropecuaria INTA. San Pedro Argentina.
- SADE, A. 1997. Cultivos bajo condiciones forzadas. Nociones generales. Ed. Hazera España 90, S.A. Tel Aviv. Israel.
- SÁNCHEZ DE LORENZO-CÁCERES JOSÉ MANUEL, 1995. Árboles Ornamentales de la Región de Murcia, publicado con la ayuda del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de la Región de Murcia. España.

- SENAMHI. 2001. Registros de datos de las Estaciones Meteorológicas de Colomi (Provincia Chapare), Tiraque (Provincia Tiraque) y Tarata (Provincia Esteban Arce).
- SIPCAM INAGRA 2007, Catalogo de nutrientes
- SOMMER C. 1979. Bodenverdichtung und ihre Beurteilung. *Zeitschr. Kulturtechnik Flurbereinigung*. pp20: 257-268.
- TERRES, V., ARTETXE, A. Y BEUNZA, A. 1997. Caracterización física de los sustratos de cultivo. *Revista Horticultura* N° 125 - Diciembre 1997.
- TRUONG, H.H.; DUTHION, C., 1993. Time of flowering of pea(*pisum stivum* l) as a function of leaf appearance and and node of fist flower. *Ann. Bot.*, 72:133-142
- URRESTARAZU, M. 1997. Manual De Cultivo Sin Suelo. Edición. Servicio de Publicaciones Universidad de Almería, Almería España.
- VIGLIOLA, M. I. 1992. Manual de Horticultura. Ed. Hemisferio sur S.A. Buenos Aires Argentina. 234 p.
- VILLARROEL, J. 1997. Manual Práctico para la interpretación de Análisis de suelos en Laboratorio de AGRUCO Universidad Mayor de San Simón Cochabamba 34p.
- WINTERS Y HARDOLD, F. 1972. Cultivo de hortalizas en la región del caribe. Centro regional de ayuda técnica. Agencia para el desarrollo internacional (A.I.D.) Buenos Aires Argentina.

ANEXOS

Análisis Estadístico

Análisis de covarianza para emergencia

FV	GLD	GLN	F	P>F	Sig.
Nº Plantas	1	562	44.09	0.0001	**
FERTILIZANTE	2	6.1	0.21	0.8149	Ns
VARIEDAD	1	10.5	50.26	0.0001	**
F*V	2	9.1	0.20	0.8202	ns
SUSTRATO	32	552	4.33	0.0001	**
V*S	32	552	1.16	0.2495	ns
F*S	64	552	1.03	0.4278	ns
F*V*S	64	552	0.91	0.6693	ns

Efectos Aleatorios

$$\sigma_{\text{Bloques}}^2 = 6.10$$

$$\sigma_{\text{ea}}^2 = 0.18$$

$$\sigma_{\text{eb}}^2 = 0.25$$

$$\sigma_{\text{ec}}^2 = 3.13$$

Análisis de covarianza para la altura de planta final

FV	GLD	GLN	F	P>F	Sig.
Nº Plantas	1	473	20.42	0.0001	**
FERTILIZANTE	2	6.04	5.91	0.0378	*
VARIEDAD	1	566	12.16	0.0005	**
F*V	2	562	0.12	0.8833	ns
SUSTRATO	32	562	1.44	0.0581	ns
V*S	32	562	1.09	0.343	ns
F*S	64	562	1.16	0.1973	ns
F*V*S	64	562	0.97	0.5506	ns

Efectos Aleatorios

$$\sigma_{\text{Bloques}}^2 = 61.97$$

$$\sigma_{\text{ea}}^2 = 32.11$$

$$\sigma_{\text{eb}}^2 = 0$$

$$\sigma_{\text{ec}}^2 = 349.47$$

Análisis Estadístico

Análisis de covarianza para los días a la Floración

FV	GLD	GLN	F	P>F	Sig.
Nº Plantas	1	87.4	21.11	0.0001	**
FERTILIZANTE	2	5.93	0.59	0.5833	ns
VARIEDAD	1	10.1	5.53	0.0404	*
F*V	2	7.49	1.84	0.2244	ns
SUSTRATO	32	540	0.92	0.6036	ns
V*S	32	540	0.78	0.7971	ns
F*S	64	540	0.9	0.6904	ns
F*V*S	64	540	0.91	0.6693	ns

Efectos Aleatorios

$$\sigma_{\text{Bloques}}^2 = 5.182$$

$$\sigma_{\text{ea}}^2 = 15.497$$

$$\sigma_{\text{eb}}^2 = 0.748$$

$$\sigma_{\text{ec}}^2 = 249.530$$

Análisis de covarianza para la longitud de vaina

FV	GLD	GLN	F	P>F	Sig.
Nº Plantas	1	496	12.99	0.0003	**
FERTILIZANTE	2	5.95	24.56	0.0013	**
VARIEDAD	1	11.3	22.12	0.0006	**
F*V	2	8.96	0.53	0.6081	ns
SUSTRATO	32	547	1.14	0.2732	ns
V*S	32	547	0.82	0.7522	ns
F*S	64	547	1.02	0.4349	ns
F*V*S	64	547	1.1	0.2818	ns

Efectos Aleatorios

$$\sigma_{\text{Bloques}}^2 = 0.79$$

$$\sigma_{\text{ea}}^2 = 0.11$$

$$\sigma_{\text{eb}}^2 = 0.06$$

$$\sigma_{\text{ec}}^2 = 2.07$$

Análisis Estadístico

Análisis de covarianza para el número de granos por planta

FV	GLD	GLN	F	P>F	Sig.
Nº Plantas	1	544	5.56	0.0187	*
FERTILIZANTE	2	6.02	19.01	0.0025	**
VARIEDAD	1	9.8	4.31	0.0651	Ns
F*V	2	8.6	0.05	0.9507	Ns
SUSTRATO	32	551	1.41	0.0713	Ns
V*S	32	551	0.76	0.8301	Ns
F*S	64	551	1.06	0.3587	Ns
F*V*S	64	551	1.05	0.3862	Ns

Efectos Aleatorios

$$\sigma_{\text{Bloques}}^2 = 0.532$$

$$\sigma_{\text{ea}}^2 = 0.039$$

$$\sigma_{\text{eb}}^2 = 0.107$$

$$\sigma_{\text{ec}}^2 = 1.209$$

Análisis de covarianza para el número de granos total por maceta

FV	GLD	GLN	F	P>F	Sig.
Nº Plantas	1	566	5.17	0.0233	*
FERTILIZANTE	2	15	9.84	0.0019	**
VARIEDAD	1	16.6	16.41	0.0009	**
F*V	2	14.9	0.45	0.647	ns
SUSTRATO	32	551	2.24	0.0002	**
V*S	32	551	0.95	0.5516	ns
F*S	64	551	1.16	0.1949	ns
F*V*S	64	551	0.96	0.5615	ns

Efectos Aleatorios

$$\sigma_{\text{Bloques}}^2 = 142.3$$

$$\sigma_{\text{ea}}^2 = 0.0$$

$$\sigma_{\text{eb}}^2 = 18.2$$

$$\sigma_{\text{ec}}^2 = 157.5$$

Análisis Estadístico

Análisis de varianza para nudos productivos

FV	GLD	GLN	F	P>F	Sig.
FERTILIZANTE	2	5.99	28.58	0.0009	**
VARIEDAD	1	8.98	7.04	0.0264	*
F*V	2	8.97	0.2	0.8248	ns
SUSTRATO	32	559	1.43	0.0619	ns
V*S	32	559	0.73	0.8642	ns
F*S	64	559	0.99	0.4918	ns
F*V*S	64	559	1.17	0.1878	ns

Efectos Aleatorios

$$\sigma_{\text{Bloques}}^2 = 0.205$$

$$\sigma_{\text{ca}}^2 = 0.006$$

$$\sigma_{\text{eb}}^2 = 0.021$$

$$\sigma_{\text{ec}}^2 = 0.512$$

Análisis de covarianza para el peso de grano total por maceta

FV	GLD	GLN	F	P>F	Sig.
Nº Plantas	1	550	9.28	0.0024	**
FERTILIZANTE	2	6.08	6.87	0.0275	*
VARIEDAD	1	11	11.57	0.0059	**
F*V	2	9.23	0.51	0.614	Ns
SUSTRATO	32	552	2.12	0.0004	**
V*S	32	552	0.81	0.757	Ns
F*S	64	552	1.08	0.3137	Ns
F*V*S	64	552	0.97	0.5397	ns

Efectos Aleatorios

$$\sigma_{\text{Bloques}}^2 = 0,01281$$

$$\sigma_{\text{ca}}^2 = 0,00059$$

$$\sigma_{\text{eb}}^2 = 0,00074$$

$$\sigma_{\text{ec}}^2 = 0,01358$$

Análisis Estadístico

Análisis de covarianza para el peso de vaina por maceta

FV	GLD	GLN	F	P>F	Sig.	
Nº plantas		1	483	6.28	0.0125	*
FERTILIZANTE		2	6.06	22.27	0.0016	**
VARIEDAD		1	12.3	26.75	0.0002	**
F*V		2	9.34	1.61	0.2509	ns
SUSTRATO		32	551	1.85	0.0035	**
V*S		32	551	1.04	0.4148	ns
F*S		64	551	1.45	0.0169	*
F*V*S		64	551	1.2	0.1519	ns

Efectos Aleatorios

$$\sigma_{\text{Bloques}}^2 = 0,01281$$

$$\sigma_{\text{ca}}^2 = 0,00059$$

$$\sigma_{\text{eb}}^2 = 0,00074$$

$$\sigma_{\text{ec}}^2 = 0,01358$$

Análisis de varianza para el número de vainas por planta

FV	GLD	GLN	F	P>F	Sig.	
FERTILIZANTE		2	15	14.95	0.0003	**
VARIEDAD		1	15	19.05	0.0006	**
F*V		2	15	0.37	0.6943	ns
SUSTRATO		32	557	1.87	0.003	**
V*S		32	557	0.76	0.8314	ns
F*S		64	557	0.98	0.5226	ns
F*V*S		64	557	1.13	0.2357	ns

Efectos Aleatorios

$$\sigma_{\text{Bloques}}^2 = 0.35$$

$$\sigma_{\text{ca}}^2 = 0$$

$$\sigma_{\text{eb}}^2 = 0.07$$

$$\sigma_{\text{ec}}^2 = 0.88$$

MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
DIVISION DE QUIMICA

ANEXO 2

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *JAIME MARCELO TORRICO ESPEJO*
PROCEDENCIA : *Departamento COCHABAMBA,*
PAYRUMANI.

N° SOLICITUD: *319 / 2008*
FECHA DE RECEPCION : *11 / noviembre / 2008*
FECHA DE ENTREGA : *26 / noviembre / 2008*

N° Lab.	CODIGO	ARENA %	ARCILLA %	LIMO %	CLASE TEXTURA	GRAVA %	CARBO NATOS LIBRES	pH en agua 1:5	pH en KCl 1N 1:5	C.E. mS/cm 1:5	CATIONES DE CAMBIO (meq / 100 gr suelo)						SAT. BAS. %	M. O. %	N TOTAL %	P Asim. ppm	
											Al + H	Ca	Mg	Na	K	TBI					CIC
1256 /2008	T 1	38	22	40	F	18.8	PP	6.99	7.01	0.684	0.35	25.60	5.86	0.41	1.42	33.30	33.65	99.0	7.84	0.51	107.55
1257 /2008	T 18	46	22	32	F	6.8	PP	7.23	7.22	0.282	0.22	11.97	2.67	0.34	0.68	15.66	15.88	98.6	5.33	0.16	64.72
1258 /2008	T 29	42	24	34	F	11.7	PP	7.20	7.21	0.278	0.20	13.58	3.02	0.33	0.73	17.66	17.86	98.9	5.43	0.20	68.16
1259 /2008	T 30	55	21	24	FYA	5.7	PP	7.47	7.45	0.188	0.15	8.08	1.86	0.37	0.36	10.67	10.82	98.6	2.44	0.08	43.27
1260 /2008	T 32	25	32	43	FY	6.9	P	6.21	5.86	0.081	0.13	5.60	1.53	0.28	0.35	7.76	7.89	98.3	2.63	0.12	32.62
1261 /2008	T 33	76	16	8	FA	2.1	PP	8.07	7.94	0.113	0.10	6.17	1.13	0.31	0.18	7.79	7.89	98.7	3.03	0.10	10.74
1262 /2008	T 37	50	22	28	F-FYA*	6.4	PP	7.27	7.22	0.124	0.13	8.49	2.01	0.31	0.51	11.31	11.45	98.8	2.74	0.12	43.75

OBSERVACIONES,-

- * Franco a Franco Arcilloso Arenoso.
Cationes de Cambio extraidos con acetato de amonio 1N.
- ** Fosforo Asimilable (P Asimil)
- C.E. Conductividad eléctrica en deciSiemens por metro.
- C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.
- T.B.I. Total de Bases de Intercambio.
- M.O. Materia Orgánica.

CARBONATOS LIBRES

A Ausente
P Presente
PP Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL

F : Franco
L : Limoso
A : Arenoso
Y : Arcilloso
YA : Arcilloso Arenoso
FYA : Franco Arcilloso Arenoso
FA : Franco Arenoso
AF : Arenoso Franco
FY : Franco Arcilloso
YL : Arcilloso Limoso
FYL : Franco Arcilloso Limoso
FL : Franco Limoso



[Handwritten Signature]

RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA

ANEXO 3.**PRESUPUESTO**

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio/Unidad	Tipo/Cambio	Total Bs	Total Sus
Extratriples 20 20 20	4	Kg.	22	8,02	88	10,97
Perfectose Hurmahal	1	Lt.	200	8,02	200	24,94
Jornales Trabajados	6	días	25	8,02	150	18,70
Arena	4	Cubo	35	8,02	140	17,46
Variedad Pairumani 1	0,792	Kg.	5	8,02	3,96	0,49
Variedad Pairumani 3	1,188	Kg.	6	8,02	7,13	0,89
Bolsas Plásticas	1000	Unidades	0,2	8,02	200	24,94
Papel	100	Hojas	0,12	8,02	12	1,50
Marcadores	2	Unidades	5	8,02	10	1,25
Engrapadora	1	Unidades	7	8,02	7	0,87
Gastos personales	4	Meses	400	8,02	1600	199,50
Fotocopias	1000		0.15	8,02	1500	187,03
Análisis de lab. Suelos	4	1	168,42	8,02	673,68	84,00
Total					4591,77	57254

COSTOS VARIABLES FERTILIZANTE PARA 100 MACETAS

Perfectose	Unidades	Costo unitario (Bs.)	Cantidad	Sub Total (Bs.)
Material	Lt.	200	0,03	6
Aplicación	jornal	25	1	25
Total costo variables				31

Extratriple	Unidades	Costo unitario (Bs.)	Cantidad	Sub Total (Bs.)
Material	kg	22	1,5	33
Aplicacion	jornal	25	1,5	37,5
Total costo variables				70,5

Testigo (*)

Su costo es igual al CF=170 Bs.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO UTILIZANDO EL PROC MIXED DE SAS

```
options ls=100 ps=100 nodate nonumber;
data DPDBCAA;
```

```
input blq Fert Var Tier $ Alt1 Alt2 Altfinal App1a1 App1a2 df emerg2 lv ngp1 ngtue Nonuprod
Nplfinal pvue pgrtue vpl;
cards;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model Alt1= Nplfinal Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model Alt2= Nplfinal Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model Altfinal= Nplfinal Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier
Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model App1a1= Nplfinal Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model App1a2= Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model df=Nplfinal Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model emerg2=Nplfinal Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model lv=Nplfinal Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model ngpl=Nplfinal Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model ngtue=Nplfinal Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model Nonuprod = Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model pgrtue =Nplfinal Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model pvue =Np1final Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```

```
proc mixed data=DPDBCAA;
class blq Fert Var Tier;
model vpl = Fert Var Fert*Var Tier Var*Tier Fert*Tier Fert*Var*Tier/ddfm=satterth;
random blq blq*Fert blq*Var*Fert;
lsmeans Fert Var Tier/pdiff;
run;
```