

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



**TESIS DE GRADO**

**NIVELES DE HUMUS Y DENSIDADES DE TRASPLANTE EN  
EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE  
(*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) PIRETRO**

**Martha Irene Yujra Perez**

La Paz, Bolivia  
2006

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Agronomía  
Carrera de Ingeniería Agronómica

**NIVELES DE HUMUS Y DENSIDADES DE TRASPLANTE EN EL  
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE  
(*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) PIRETRO**

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

**Martha Irene Yujra Perez**

**Tutor:**

**Ing. M. Sc. Jorge Guzmán Calla** .....

**Asesor:**

**Ing. M. Sc. Celia Fernández Chávez** .....

**Comité Revisor:**

**Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera** .....

**Ing. M. Sc. Félix Rojas Ponce** .....

**APROBADA**

**Director de Carrera:**

**Ing. Ph. D. René Chipana Rivera** .....

*Dedicatoria:*

*Con mucho amor, respeto y gratitud, a mis queridos padres: Andrés Enrique Yujra O. y Martha Perez de Yujra, por su constante apoyo, quienes me enseñaron a luchar en la vida. Asimismo, a mi hermana Carola por su apoyo moral, y en especial a mi esposo José Luis y mi amado hijo Saúl .*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme concluir la carrera y siempre estar de mi lado.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, por haberme cobijado en sus aulas hasta terminar mi carrera profesional.

Al señor Decano de la Facultad de Agronomía Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera y al señor Vicedecano Ing. M. Sc. Félix Rojas Ponce, por su colaboración y confianza.

Un agradecimiento muy especial al señor tutor de la Tesis de Grado Ing. M. Sc. Jorge Guzmán Calla, por brindarme su amistad y confianza, asimismo, a la señora asesora Ing. M. Sc. Celia Fernández Chávez por su constante apoyo y colaboración desinteresada para la culminación de este trabajo.

A los señores revisores Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera e Ing. M. Sc. Félix Rojas Ponce por enriquecer con sus orientaciones la investigación.

Al Programa Agroquímico perteneciente a la Universidad Mayor de San Simón UMSS, en especial a la Ing. Ingrid Trigo por su colaboración desinteresada.

Al Proyecto Phusi Suyo quienes me colaboraron con las plántulas de piretro y datos importantes a cerca del cultivo. En especial al Ing. Oscar Rojas e Ing. Nilo Achá, quienes me apoyaron para la realización de la investigación.

A mi suegra María Gardía de Gutierrez y mis cuñados Vicky, Lupe, Lidia y Wilson, por su cariño y apoyo.

A todos mis amigos y compañeros de la Facultad en especial a: Yanet, Teresa, Máxima y Sara por compartir una amistad sincera.

## CONTENIDO

<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
Humus de lombriz.....	4
Definición.....	4
Propiedades del humus.....	4
Importancia del humus de lombriz.....	5
Ventajas del humus de lombriz.....	6
Aplicación del humus.....	8
Densidad de trasplante.....	8
Densidades de trasplante del cultivo de piretro.....	9
El piretro ( <i>Chrysanthemum cinerariifolium</i> (Trev.) Vis.).....	10
Origen.....	10
Descripción botánica de la planta de piretro.....	10
Posición Taxonómica.....	11
Requerimientos de suelo y clima del piretro.....	11
Fertilización.....	13
Manejo del cultivo.....	13
Establecimiento.....	13
Cosecha.....	14
Composición Química.....	14
Propiedades Insecticidas del Piretro.....	15
Usos y aplicaciones.....	16
El piretro como cultivo alternativo de rotación.....	16
Problemas de sanidad en el piretro.....	17
Producción mundial de piretro.....	17
Producción de piretro en Bolivia.....	17
Rendimientos de piretro.....	18
Mercado del piretro.....	19
Análisis de costos.....	19
Costos variables.....	19
Precio de campo de un insumo.....	20
Tamaño de la parcela.....	20
Rendimientos ajustados.....	20

Precio de campo del producto.....	20
Beneficio bruto de campo.....	21
Beneficio neto.....	21
Análisis de dominancia.....	21
Tasa de retorno marginal.....	21
Relación beneficio / costo.....	21
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
Localización.....	22
Materiales.....	23
Material biológico.....	23
Plántulas.....	23
Humus.....	23
Material de campo.....	24
Material de gabinete.....	24
Diseño de investigación.....	25
Descripción de los factores de estudio.....	26
Descripción del campo experimental.....	26
Dimensiones del área experimental.....	26
Dimensión de la unidad experimental.....	26
Croquis del experimento... ..	27
Método experimental.....	28
Muestreo de suelo.....	28
Preparación del terreno.....	28
Demarcación de las unidades experimentales.....	28
Incorporación del humus de lombriz.....	28
Trasplante.....	29
Muestreo de plantas.....	29
Labores culturales.....	29
Cosecha.....	29
Secado de las flores.....	30
Análisis químico de las flores de piretro.....	30
Variables estudiadas.. ..	30
Variables agronómicas.....	30
Peso de materia seca.....	30
Altura de la planta.....	30
Cobertura vegetal.....	31
Diámetro del disco floral.....	31
Número de inflorescencias por planta.....	31
Variables económicas.....	31
Precio de campo del producto.....	31
Rendimientos ajustados.....	31
Beneficio bruto.....	32
Beneficio neto.....	32
Tasa de retorno marginal.....	32
Relación beneficio / costo.....	32

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>33</b>
Características agroecológicas.....	33
Condiciones climáticas.....	33
Características del suelo.....	35
Cultivos y vegetación.....	36
Efecto de los tratamientos en el cultivo.....	37
Rendimiento en materia seca.....	37
Densidad de trasplante.....	38
Fertilización con humus de lombriz.....	38
Interacción densidad de trasplante con fertilización.....	39
Análisis de efectos simples para el rendimiento en materia seca de piretro en t ha <sup>-1</sup> .....	39
Altura de planta.....	42
Densidades de trasplante.....	43
Fertilización con humus.....	44
Interacción de la densidad de trasplante con la fertilización con humus de lombriz.....	45
Cobertura vegetal.....	46
Densidad de trasplante.....	47
Fertilización con humus.....	48
Interacción densidad de trasplante y humus.....	49
Diámetro de la inflorescencia.....	49
Densidad de trasplante.....	50
Fertilización con humus.....	50
Interacción densidad de trasplante con humus.....	51
Número de inflorescencias por planta.....	52
Densidad de trasplante.....	52
Fertilización con humus de lombriz.....	53
Interacción de la densidad de trasplante con el humus de lombriz.....	54
Contenido de piretrinas.....	55
Análisis de costos.....	57
Descripción de los costos.....	57
Beneficios netos.....	58
Análisis de dominancia.....	59
Análisis Marginal.....	60
Relación beneficio / costo.....	61
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>67</b>
<b>REVISION DE LITERATURA</b> .....	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>72</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición Química de las Flores de Piretro.....	15
Cuadro 2.	Análisis químico del humus de lombriz.....	24
Cuadro 3.	Registro de temperaturas y precipitación en la localidad de Tiwanaku gestión 2001 – 2002.....	33
Cuadro 4.	Análisis físico químico del suelo experimental. ....	35
Cuadro 5.	Análisis de varianza para rendimiento en materia seca en t-ha <sup>-1</sup> .....	37
Cuadro 6.	Análisis de varianza de los efectos simples para rendimiento en materia seca de piretro t ha <sup>-1</sup> .....	39
Cuadro 7.	Análisis de varianza para la altura de planta en cm.....	42
Cuadro 8.	Prueba de Duncan para la altura de planta en las densidades de trasplante.....	43
Cuadro 9.	Prueba de Dunnett para la altura de planta respecto a la fertilización con humus de lombriz.....	44
Cuadro 10.	Análisis de varianza para cobertura vegetal en cm <sup>2</sup> .....	46
Cuadro 11.	Prueba de Duncan para la cobertura vegetal en las densidades de trasplante.....	47
Cuadro 12.	Prueba de Dunnett para la cobertura vegetal respecto a la fertilización con humus de lombriz.....	48
Cuadro 13.	Análisis de varianza para diámetro del disco floral en cm.....	49
Cuadro 14.	Prueba de Dunnett para el diámetro del disco floral respecto a la fertilización con humus de lombriz.....	50
Cuadro 15.	Análisis de varianza para número de inflorescencias por planta.....	52
Cuadro 16.	Prueba de Duncan para el número de inflorescencias por planta en las densidades de trasplante.....	53
Cuadro 17.	Prueba de Dunnett para el número de inflorescencias por planta respecto a la fertilización con humus de lombriz.....	53
Cuadro 18.	Costos de producción para el cultivo de piretro en Bs ha <sup>-1</sup> .....	57
Cuadro 19.	Comparación de los beneficios netos de los tratamientos.....	58
Cuadro 20.	Análisis de dominancia de los tratamientos para el cultivo de piretro.....	59
Cuadro 21.	Análisis marginal.....	60
Cuadro 22.	Relaciones beneficio / costo de los tratamientos.....	61



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del área experimental.....	22
Figura 2.	Temperaturas registradas en la localidad de Tiwanaku gestión 2001 - 2002.....	34
Figura 3.	Efecto de la interacción de los factores en el rendimiento en materia seca de piretro.....	40
Figura 4.	Contenido de piretrinas por tratamientos.....	55
Figura 5.	Curva de beneficios netos de los tratamientos.....	62
Figura 6.	Gráfica de normalidad para la variable rendimiento en materia seca de ( <i>Chrysanthemum cinerariifolium</i> (Trev.) Vis.) piretro en t·ha <sup>-1</sup> .....	85
Figura 7.	Gráfica de normalidad para la variable altura de planta de ( <i>Chrysanthemum cinerariifolium</i> (Trev.) Vis.) piretro en cm <sup>2</sup> .....	85
Figura 8.	Gráfica de normalidad para la variable cobertura vegetal de <i>Chrysanthemum cinerariifolium</i> (Trev.) Vis.) piretro en cm <sup>2</sup> .....	86
Figura 9.	Gráfica de normalidad para la variable diámetro del disco floral de ( <i>Chrysanthemum cinerariifolium</i> (Trev.) Vis.) piretro en cm.....	86
Figura 10.	Gráfica de normalidad para la variable número de inflorescencia por planta de ( <i>Chrysanthemum cinerariifolium</i> (Trev.) Vis.) piretro en unidades.....	87

## RESUMEN

Las condiciones medioambientales adversas propias de algunas regiones del Altiplano, acompañadas de la presencia de: plagas, enfermedades y malezas afectan a la producción agrícola, causando pérdidas económicas y daños a la salud. Es aquí donde surge la importancia del empleo de insecticidas de origen natural, los cuales evitan que los productos agrícolas sean contaminados. Entre los productos naturales de mayor eficacia se encuentra el (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, planta cuyas flores contienen compuestos insecticidas. Es importante conocer las bondades del humus de lombriz, (Guerrero, 1993) menciona que, el humus de lombriz es uno de los abonos orgánicos de mejor calidad debido a su efecto en las propiedades biológicas del suelo. En el caso del piretro es una planta que alcanza una altura media de 0,45 - 0,60 m con tendencia a la formación de matas. Los capítulos florales se emplean para la fabricación de insecticidas por contener "piretrina", sustancia tóxica para los insectos pero inocua para los animales de sangre caliente. Se estudió el efecto de tres niveles de humus y tres densidades de trasplante en el comportamiento agronómico de piretro, en la población de Khasa Achuta ubicada en Tiwanaku, tercera sección provincia Ingavi a 72 km de la ciudad de La Paz, altitud de 3843 m, temperatura promedio de 7,9° C. Se emplearon 2376 plántulas de piretro, con una altura de 15 - 20 cm. Las densidades empleadas fueron: 30 cm, 50 cm y 70 cm entre plantas manteniéndose constante 60 cm entre surco. El humus que se utilizó fue la de lombriz roja californiana. La cantidad total fue 340 kg. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial en parcelas divididas.

Los más altos rendimientos de piretro se obtuvieron con 10 t·ha<sup>-1</sup> de humus, asociado a la densidad 60 cm surcos y 50 cm plantas que obtuvo un promedio de 1,825 t·ha<sup>-1</sup> en materia seca, pero no fue estadísticamente significativa a 5 ton·ha<sup>-1</sup> de humus con 60 cm surcos y 50 cm plantas, que logró un promedio en rendimiento de 1,759 t·ha<sup>-1</sup> en materia seca de piretro. Se superó la tasa de retorno marginal mínima aceptable del 100 % con el tratamientos T<sub>5</sub>. La mejor relación beneficio-costó correspondió al tratamiento T<sub>5</sub> con 2,51.

# 1 INTRODUCCION

La actividad agrícola en nuestro país está condicionada a una serie de factores negativos, entre estos están las condiciones medioambientales adversas y extremas propias de algunas regiones que acompañadas de la presencia de plagas, enfermedades y malezas afectan a la producción agrícola debido a la gran pérdida económica que causan.

Frente a ésta situación, los agricultores utilizan algunos insecticidas orgánicos sintéticos en forma exagerada, inclusive productos prohibidos como el Aldrin, Folidol, Tamarón y muchos otros que son considerados altamente tóxicos, para la salud humana, como para los animales, enemigos naturales de las plagas, y el medio ambiente en general. Esto principalmente debido al efecto residual de los compuestos en los productos cosechados.

Por ello la importancia del empleo de insecticidas de origen natural, caracterizados por su baja toxicidad, radica en preservar el medio ambiente y en especial evitar que los productos agrícolas sean contaminados. Entre los productos naturales de mayor eficacia se encuentra el piretro (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.), que es una planta herbácea, cuyas flores contienen compuestos insecticidas denominados piretrinas (PROYECTO PIRETRO, 1993).

El cultivo de las flores de piretro en Bolivia fue introducido el año 1954, de acuerdo al denominado "Plan Piretro", concebido por el Ministerio de Agricultura (MACA) para luego ser explotado comercialmente por la firma Pyrethrum de Bolivia Ltda. desde 1967 a 1974, (PYRBO, 1974).

En la actualidad se vienen realizando pruebas con la utilización de humus de lombriz californiana (*Eisenia foetida*), porque el desecho de su digestión es un producto fácilmente degradado por los microorganismos del suelo, y asimilable para las plantas, beneficioso en la producción de frutales, hortalizas, floricultura y

otras actividades agrícolas, con resultados que demuestran ser alentadores, (Compagnoni, 1995).

Por otra parte, las densidades poblacionales para los cultivos en general dependen del método de siembra, la época y el hábito de crecimiento. Asimismo, una alta población de plantas significa un efecto competitivo por la luz, agua, nutrientes y espacio físico. Esta competencia se refleja en el tamaño y rendimiento de la especie, (Holle, 1985)

La inexistencia de insecticidas orgánicos en el medio local, se considera un serio problema, existiendo hoy en día sólo repelentes caseros. Además el empleo de estos, demanda para los agricultores un alto costo por la mano de obra en su preparación y aplicación, con resultados no del todo satisfactorios ya que no proporcionan amplia seguridad a los cultivos que son afectados por plagas de importancia económica.

En base a las anteriores consideraciones, se planificó la ejecución del trabajo de investigación utilizando humus de lombriz y densidades de trasplante el cultivo de piretro, en condiciones del altiplano central, con el propósito de encontrar alternativas para mejorar el rendimiento de sus flores, de las cuales el subproducto es un insecticida orgánico que tiene la ventaja de tener una baja toxicidad y ser biodegradable, es decir que no se acumula en el medio ambiente por lo tanto no produce daños a la salud humana.

La ejecución preliminar de la investigación se justifica en el aporte de información agronómica para todos los agricultores quienes requieren el empleo de insecticidas orgánicos, desarrollando de esta manera una producción sostenible, toda vez que en la actualidad existe una alta demanda de alimentos libres de productos sintéticos como son los agroquímicos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto del humus de lombriz y la densidad de trasplante en el comportamiento agronómico de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Estudiar el efecto del humus de lombriz en el rendimiento en materia seca de las flores de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro.
- Determinar el efecto de la densidad de trasplante en el rendimiento en materia seca de las flores de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro.
- Comparar el contenido de piretrinas en los diferentes tratamientos.
- Analizar los costos de los tratamientos.

### **3 REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1 Humus de lombriz**

##### **3.1.1 Definición**

Es importante conocer la definición de humus de lombriz, y mucho más cuando se esta realizando un trabajo de investigación referido a este fertilizante orgánico, al respecto varios autores lo definen así :

Ocampo (1999), señala que el humus de lombriz es el resultado de la digestión de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), es un producto de color oscuro, liviano, totalmente inodoro.

Según Pineda (1994), se denomina humus de lombriz, a las deyecciones o estiércol de éstas, se le atribuyó este nombre por su semejanza con el humus del suelo.

Guerrero (1993), indica que los humus son excrementos de las lombrices dedicadas especialmente a transformar los residuos orgánicos.

Por su parte Gros (1991) precisa que, el término humus se aplica a las sustancias orgánicas variadas de color pardo y negrusco, resultantes de la descomposición de la materia orgánica por la acción de microorganismos del suelo así como las lombrices de tierra.

### 3.1.2 Propiedades del humus

Ocampo (1999), menciona que las propiedades que posee el humus de lombriz son cada vez más reconocidas en la producción agrícola de esta manera se lo considera como uno de los más poderosos fertilizantes de origen orgánico empleado en la actualidad. También poseen buen porcentaje de nitrógeno, potasio, carbono y enzimas tales como la proteasa, amilasa, lipasa, celulasa, que continúan ayudando a desintegrar la materia orgánica después de haber sido expulsada por las lombrices. Contienen además altas concentraciones auxinas que son hormonas de crecimiento en las plantas siendo capaz de mantener la humedad durante un espacio de tiempo prolongado.

Para la AOPEB (1998), el humus de lombriz está compuesto por nitrógeno, potasio, fósforo, es inodoro y soluble en agua, directamente asimilable por la planta, también posee una altísima carga microbiana del orden de los dos millones por cada gramo seco.

Chilon (1997), afirma que el humus de lombriz se caracteriza por su baja densidad, relación Carbono Nitrógeno C / N igual a 10, alta Capacidad de Intercambio Catiónico CIC, alta capacidad retentiva de humedad, color oscuro; el humus es la base de la fertilidad del suelo, porque influye en las características físicas, químicas y biológicas del mismo.

Según Pineda (1994), el humus de lombriz es biodinámico, tiene un mayor contenido mineral, contiene componentes tales como: enzimas, hormonas, vitaminas, microorganismos y otros, es nutritivamente más rico que el humus del suelo.

### 3.1.3 Importancia del humus de lombriz

Para Ocampo (1999), la importancia del humus de lombriz de acuerdo al análisis de radica principalmente en:

- **El doble efecto simultaneo.** Por un lado, aporta en apreciable proporción los elementos nutricionales que requiere la planta. Por otro sus partículas más pequeñas estabilizadas en colonia como coloide y con carga eléctrica negativa en su superficie, favorecen la absorción de lípidos y substancias nutritivas a través de las raíces de las plantas.
- **El gigantesco aporte de carga bacteriana.** Cerca de 20000 millones de colonias por gramo de humus de lombriz seco, enriquece al suelo más que ningún otro abono natural.
- **La acción biodinámica que desencadena en el suelo.** Mejora la estructura y textura de suelos, la torna permeable al agua y aire, retiene y libera los nutrientes para las plantas en forma natural y equilibrados, mejora las características de las plantas y ejerce un beneficio en el control de los elementos patógenos como: nemátodos, hongos y bacterias nocivas.
- **El abonamiento.** Se realiza en cualquier dosis, incluso directamente sobre las raíces sin ningún tipo de riesgo, con efectos que se mantienen actuando sobre el suelo durante un período de cinco años y finalmente el humus de lombriz no solo entra en la tierra, le devuelve su fertilidad inicial.

Según Rodale (1988), el humus de lombriz es de vital importancia para el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, lo airea y lo pulveriza. En realidad produce suelo superficial. Es por ello que, las lombrices californianas son un factor importante en la salud de las plantas.



### 3.1.4 Ventajas del humus de lombriz

Por la importancia que tiene este abono orgánico para la planta se distinguen muchas ventajas.

Para Ferruzi (1997), una ventaja de indiscutible importancia práctica es que el humus de lombriz aunque sea en dosis excesivas no quema ninguna planta, ni siquiera a las más tiernas.

Según Buxade (1997), las principales ventajas del humus de lombriz radican en:

- § El incremento de la capacidad de retención de agua en los suelos
- § La cohesión de los suelos arenosos y soltando los suelos arcillosos, actuando como enmienda,.
- § El comportamiento como sustancia tampón, por sus características cercanas a un pH neutro.
- § La facilidad de la aireación, y mejora la permeabilidad de los suelos.
- § El enriquecimiento de los suelos constituyendo agregados estables habitualmente carente de microorganismos patógenos y aporta flora microbiana.

De acuerdo con Guerrero (1993), el humus de lombriz es uno de los abonos orgánicos de mejor calidad debido particularmente a su efecto en las propiedades biológicas del suelo. Asimismo, “vivifica el suelo”, debido a la gran flora microbiana que contiene, lo cual permite que se realice la producción de enzimas importantes para la evolución de la materia orgánica del suelo. Además, por su alto contenido de ácidos fúlvicos favorece la asimilación casi inmediata de los nutrientes minerales por las plantas. También permite mejorar la estructura del suelo favoreciendo la aireación, permeabilidad, retención de humedad y disminuyendo la compactación del suelo, además los agregados del humus de lombriz son resistentes a la erosión hídrica.

PROCAMPO (1991), afirma que varias son las ventajas que presentan el cultivo de lombrices las principales son: evitar la erosión y degradación de los suelos, permitir mayor aeración de la tierra e infiltración del agua, mejorar la textura del suelo e incrementar la población de microorganismos, en conjunto estos factores posibilitan un aumento de la producción.

### **3.1.5 Aplicación del humus**

El humus de lombriz se aplica directamente al suelo no requiere dilución, pero es fundamental saber el volumen por unidad de superficie cultivada para ello:

AOPEB (1998), Indica que se debe aplicar un kilogramo de humus por cuatro metros cuadrados, para cualquier tipo de suelo; especialmente en áreas pequeñas, donde se va cultivar hortalizas y flores.

Al respecto, Pineda (1994), menciona que la dosificación depende básicamente del tipo del suelo y del cultivo. Sin embargo, recomienda como una referencia muy general aplicar un promedio de  $5000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; pero por experiencias personales mencionan que estas dosis resulta insuficiente en suelos arenosos, en tal caso sugieren que deberían llegarse por lo menos a  $8000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Por otro lado el mismo autor menciona que la aplicación del humus de lombriz debe ser localizada al momento de la siembra, en especies de muy poco distanciamiento recomienda incorporar una línea continua al fondo del surco: en cambio en plantas de mayor distanciamiento la aplicación debe ser por golpes, en el mismo lugar donde irán las plantas.

## **3.2 Densidad de trasplante**

Las densidades poblacionales son importantes, por que ellas determinan el grado de desarrollo y crecimiento de los cultivos en general, causando efectos competitivo, perdidas de superficie del cultivo o espacios inadecuados.

Por ello Holle (1985), sustenta que una alta población de plantas significa un efecto competitivo por la luz, agua, nutrimentos y espacio físico, tanto sobre la superficie como por debajo. Esta competencia se refleja en el tamaño de la planta, así como en el número de flores por planta.

El mismo autor menciona que, resulta evidente que el aprovechamiento de una determinada superficie exige una cantidad de plantas óptimas para su máximo desarrollo, cualquier variación sobre está cantidad de plantas óptimas, o la presencia de plantas ajenas al cultivo no deseables, tiene el carácter de factor limitante.

### **3.2.1 Densidad de trasplante del cultivo de piretro (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.)**

Herbotecnia, (2003) menciona, el trasplante se realiza cuando las plántulas a trasplantar hayan alcanzado una altura de 10 a 15 cm. La distancia de plantación puede ser de 70 cm entre líneas y 30 a 40 cm entre plantas, aunque esta distancia puede variar. Una densidad de alrededor de 50000 plantas por hectárea podrí a ser adecuado.

PROYECTO PIRETRO (1993) indica que las plántulas provenientes de almácigo y/o las de esquejes se trasplantan a surcos preparados a una distancia de 0,6 m entre surcos y 0,4 m entre plantas.

Por otra parte SESA (1994), menciona que, el marco de plantación deberá ser de 50 cm entre planta y 50 cm entre surco.

Según Carrión (1986), la densidad apropiada para el cultivo del piretro en ladera es de 40 cm de una planta a otra y entre surcos de 80 cm, y en lugares planos de 60 cm entre surcos. Además se debe considerar estas densidades porque una densidad de plantación estrecha perjudica el desarrollo normal del cultivo y en consecuencia da malas cosechas de flores.

Para el PROGRAMA AGROQUÍMICO (1987) la plantación de piretro debe realizarse con una distancia de 40 cm entre plantas y 60 cm entre surcos.

### **3.3 El piretro (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.)**

#### **3.3.1 Origen**

De acuerdo con Herbotecnia (2003), se menciona que el lugar de origen de la planta de piretro pertenece a la costa Dálmata.

Según Carrión (1986), el piretro es una planta originaria de las colinas rocosas del norte de África, de sus flores se obtienen las piretrinas.

Según Casida (1973) la planta de piretro es originaria de la costa Dálmata de Yugoslavia, y en la actualidad su cultivo está difundido por todo el mundo.

#### **3.3.2 Descripción botánica de la planta de piretro**

Herbotecnia (2003), señala que el piretro es una planta perenne con una altura de 0,45 a 0,65 m, raíz axonomorfa, tallo simple y delgado, hojas simples, pinnatilobadas. Forma matas, flores reunidas en capítulos solitarios, insertos en el extremo de largos pedúnculos, se asemejan a las "margaritas" de jardín, siendo las flores centrales de color amarillo hermafroditas y las de la periferia blancas. Sus semillas son aquenios alargados.

Para SESA (1994), indica que el *Chrysanthemum* sp es una planta de tallos rectos y hojas dentadas, pinnadas, hendidas o partidas de color verde claro por el envés, con pecíolo y estipulas, con un disco central de flores hermafroditas, rodeadas de flores femeninas liguladas, aunque en algunas variedades las lígulas cubren todo el disco.

El PROYECTO PIRETRO (1993), menciona que el piretro, es una planta herbácea, perenne, de la familia de las Asteraceae. Crece de 50 a 70 cm de altura. Posee tallos florales rectos, angulados y desnudos en el ápice. Sus hojas son pecioladas, con lóbulos redondeados y partidos, de color verde grisáceo. Las inflorescencias están dispuestas en forma de capítulo con flores tubulares amarillas al centro y liguladas de color blanco alrededor de las primeras. El aspecto de la inflorescencia es similar a la de la margarita común

Delhaye (1963), afirma que el piretro crece normalmente hasta una altura de 50 a 70 cm, es perenne, pero su edad útil para fines de producción es de cuatro años. La inflorescencia del Piretro presenta dos tipos individuales de flores sésiles; las que tienen pétalos blancos llamadas lígulas situadas al margen y denominadas en conjunto “rayo floral” y las amarillas que conforman el “disco floral” y se encuentran en el centro.

### 3.3.3 Posición Taxonómica

Según Tutin *et al.*, (1976)

División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Asteridae
Orden	:	Asterales

Familia	:	Asteraceae
Género	:	<i>Chrysanthemum</i>
Especie	:	<i>Chrysanthemum cinerariifolium</i> (Trev.) Vis.
N. Común	:	Piretro, pelitre, crisantemo y otros

### 3.3.4 Requerimientos de suelo y clima del piretro

Herbotecnia (2003), señala al piretro como, un cultivo que no es exigente a la calidad de suelo, aunque prospera mejor en suelos sílico-calcáreos. El subsuelo debe ser permeable porque el exceso de humedad perjudica por crear condiciones que favorecen el desarrollo de enfermedades que afectan sus raíces. La condiciones favorables son elevada luminosidad en climas templados o cálidos, con riego disponible. Puede realizarse el cultivo en condiciones de secano cuando las precipitaciones alcancen los 900 mm anuales, por lo general, no se logra un producto de alta calidad. Esta especie resiste bien las bajas temperaturas.

PESTICIDE POST (1997), indica que el piretro requiere un clima moderado con lluvias altas. Puede resistir un periodo alto de escarcha, crece mejor en tierras arcillosas con un volumen de humus alto.

PROYECTO PIRETRO (1993) describe al piretro, como una planta que puede cultivarse en una diversidad de suelos, en general de alta retención de humedad sin llegar a ser anegadizos. Las temperaturas, para el inicio de la floración, 15 ° C. Si la temperatura media excede los 25 ° C, es inhibida la formación de botones. Se acepta de forma general, que los cultivos situados entre 2700 a 3800 m.s.n.m., dan los contenidos más altos de piretrinas y los mayores rendimientos de flores por hectárea.

Según Carrión (1986), el piretro se puede cultivar en el Altiplano y en los Valles preferentemente por ser las zonas donde las plantas acumulan mayor porcentaje de piretrinas. Las condiciones climáticas son temperaturas de 9 a 15 ° C, que

corresponde a una altitud de 2700 a 3900 m y una precipitación de 400 a 1200 mm anuales y con una buena luminosidad. Los suelos pueden ser suelos antes cultivados, por poco favorable que parezca son muy buenos. Señala que los suelos más apropiados son sueltos, secos, permeables, relativamente profundos y más o menos fértiles.

El PROGRAMA AGROQUÍMICO (1987), afirma que el piretro, requiere de suelos profundos y bien drenados, en terrenos anegadizos los rendimientos son bajos. Suelos de origen volcánico, medianamente arcillosos, ligeramente ácidos y capaces de alta retención de humedad. Se desarrolla en áreas con precipitación de  $1000 \text{ mm}\cdot\text{año}^{-1}$ . De la misma manera, épocas secas provocan un acortamiento de los periodos de floración. Asimismo, señala que en altitudes de 2500 a 3500 m reportan cultivos altos en piretrinas y un mayor rendimiento por hectárea estableciéndose una relación directa con la altura. Altitudes superiores a 4000 m pueden ser satisfactorias en porcentaje de piretrinas pero los rendimientos por hectárea son inferiores.

### **3.3.5 Fertilización**

Carrión (1986), indica que no se tiene ninguna experiencia de abonos orgánicos para el cultivo del piretro pero en el momento del trasplante utiliza guano o humus descompuesto a razón de 10 a  $15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Según SESA (1994), la utilización de abonos de estiércol o de cualquier otro abono orgánico es de  $20000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  para el cultivo de flores. Este cultivo no es muy exigente en nutrientes, pero aplicaciones de 65 a  $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de superfosfato triple reportan rendimientos notables.

### **3.3.6 Manejo del cultivo**

#### **3.3.6.1 Establecimiento**

Para el PROGRAMA AGROQUÍMICO (1987), el establecimiento del cultivo de piretro requiere preparación del terreno, en una roturación del terreno, rastrado, mullido y trazado de surcos acorde a las distancias de cultivo y pendiente. Las plántulas provenientes de almácigo se trasplantan en surcos preparados. Es relativamente resistente a la sequía, pero para un rendimiento máximo es necesario adecuada provisión de agua durante el periodo de formación de la flor.

El mismo autor señala que a las 2 ó 6 semanas post-trasplante es conveniente un raleo y restitución de plantas. Prácticas importantes son los deshierbes, el riego, y el aporque.

#### **3.3.6.2 Cosecha**

Para Herbotecnia (2003) la cosecha se realiza en primavera, generalmente octubre o noviembre. La maduración ocurre en forma escalonada y se prolonga hasta mediados a fines del verano. El mejor momento de cosechar es cuando el capítulo floral está totalmente abierto o, al menos, dos tercios de las flores del centro lo están. Es importante realizar la cosecha en el momento de desarrollo indicado pues el rendimiento en piretrinas es mayor. Se recolectan las flores cortándolas por su base, a mano o con peines metálicos. El material cosechado debe conservarse bien ventilado para evitar su fermentación.

El PROGRAMA AGROQUÍMICO (1987) indica que, luego de implantado el cultivo, este principia su floración a los siete meses, partiendo de semillas ó a los cuatro si lo hace de esquejes. Concluida la floración, se podan las plantas a 10 - 15 cm del suelo, a fin de obtener un mejor rebrote con las primeras lluvias de primavera. La eliminación de pedúnculos secos y partes dañadas se efectúa al mismo tiempo.



Casida (1973), afirma que el estado de desarrollo de las flores en la cosecha es importante para a buena calidad del producto. El contenido de piretrinas aumenta hasta el momento en que la mayoría de las flores del capitulo se abren. Tras la polinización, este contenido no disminuye.

### 3.3.7 Composición Química

Según Herbotecnia (2003), las piretrinas son sustancias tóxicas para los insectos pero inocuas para los animales de sangre caliente. Dos compuestos llamados Piretrina I y Piretrina II, que son ésteres de un mismo alcohol-cetona, la Piretrelona; ambos constituyen los principios insecticidas activos; resinas, aceite volátil, etc.

Casida (1973), indica que las piretrinas químicamente son ésteres formados por la combinación de dos ácidos carboxílicos: el crisantémico y el pirétrico, y tres ketoalcoholes, la piretrolona, anerolona y jasmolona.

La composición química se puede apreciar en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Composición Química de las Flores de Piretro**

Fracción	Constituyente	Formula	Composición
Piretrina I	Piretrina I	$C_{21}H_{23}O_3$	33,55 %
	Cinerina I	$C_{20}H_{28}O_3$	12,10 %
	Jasmolina I	$C_{21}H_{30}O_3$	4,35 %
Piretrina II	Piretrina II	$C_{22}H_{23}O_5$	27,70 %
	Cinerina II	$C_{21}H_{28}O_5$	16,30 %
	Jasmolina II	$C_{22}H_{30}O_5$	6,00 %

Fuente: Casida, (1973)

### 3.3.8 Propiedades Insecticidas del Piretro

Cremlyn (1992) señala que, el piretro es un insecticida de contacto obtenido de las cabezas florales de *Chrysanthemum cinerariifolium* y se ha usado como insecticida desde la antigüedad.

Según (Sastri, 1961). El piretro (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) es una planta que contiene en sus flores una mezcla de seis constituyentes insecticidas conocidos como "piretrinas". Son líquidos viscosos insolubles en el agua, pero solubles en muchos disolventes orgánicos.

PROGRAMA AGROQUÍMICO (1987), afirma que el piretro básicamente es un insecticida de contacto, cuyas propiedades se resumen en que:

- Los agentes activos no son tóxicos para los seres humanos, ni para los mamíferos. Las piretrinas no son persistentes en el medio ambiente, por lo tanto no dan lugar a una contaminación ambiental.
- Tiene amplio espectro de actividad contra diferentes especies de insectos. No crea resistencia en los insectos y el periodo de su efecto residual es corto.

#### 3.3.8.1 Usos y aplicaciones

Según (Herbotecnia, 2003), el piretro es utilizado contra plagas de la agricultura e insectos domésticos, como: mosquitos, chinches, pulgas, pulgones, cucarachas, etc. Su acción es por contacto y se lo aplica en forma de polvo o líquido, sólo o en mezclas con sustancias sinergizantes de su acción. En forma de espirales actúa repeliendo los mosquitos debido a los gases de su combustión. Utilizado también como vermicida. Producto de uso permitido en la producción orgánica.

El PROGRAMA AGROQUÍMICO (1987), afirma que, otros potenciales demandantes son los hospitales, comedores, hoteles, etc. Así como también en

las instituciones gubernamentales ó institucionales de salubridad en el control de pestes y otros. Su comercialización tradicional es en forma de polvo, producto de una fina molienda de flores secas, no obstante años recientes se ha adoptado la forma de extractos obtenidos mediante tratamientos de las flores con solventes. En la parte agrícola una de los más demandantes son los productores de la Asociación Nacional de Productores de Quinoa ANAPQUI quienes cultivan quinoa orgánica.

### **3.3.9 El piretro como cultivo alternativo de rotación**

Al margen de sus propiedades insecticidas, el PROYECTO PIRETRO (1993), introduce su cultivo dentro del sistema tradicional de rotación del agricultor de zonas de altura, como una actividad alternativa y complementaria, considerando que es una especie perenne, de reconocida adaptabilidad a la zona, conserva el suelo, tiene efectos repelentes a plagas del suelo y genera un ingreso económico al agricultor.

El mismo autor señala que, se reporta mayores rendimientos en cultivo de papa entre el 25 y 35 % en terrenos anteriormente cultivados con piretro, tanto en calidad, como cantidad de producción, atribuyendo a la acción de la especie contra los nemátodos.

### **3.3.10 Problemas de sanidad en el piretro**

PROYECTO PIRETRO (1993), menciona entre las enfermedades que atacan al piretro se tiene referencia de: *Rhizoctonia solani* que produce el “damping off”, en las plantas jóvenes causando pudriciones en tallos y raíces. *Botrytis cinerea* que ataca inflorescencias y hojas desarrollándose principalmente en plantaciones demasiado densas y también en las almacigueras, los efectos del ataque se acentúan a medida que la planta envejece.

El control consiste principalmente en métodos culturales racionales: limpieza de malezas, renovación de las plantaciones, instalación de cultivos en terrenos de buen drenaje y aireación mediante podas.

### **3.3.11 Producción mundial de piretro**

Según Levy (1991), las áreas más importantes de producción de piretro en el mundo están localizadas en las zonas montañosas y altas de Kenya, Tanzania, Ruanda, India, Japón, Ecuador, Brasil y Bolivia.

#### **3.3.11.1 Producción de piretro en Bolivia**

PROGRAMA AGROQUÍMICO (1987), menciona que el cultivo de piretro fue introducido en Bolivia a nivel experimental el año 1964 por el Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (MACA); luego en 1967 a 1974 ser explotado comercialmente por la firma Pyrethrum de Bolivia Ltda. (PYRBO). A partir de 1985 hasta la fecha, el Programa Agroquímico conjuntamente con la Universidad Mayor de San Simón promovió la fase industrial-comercial del cultivo con el fin de cubrir la demanda interna y exportar a países extranjeros.

Torrice (1973), menciona el cultivo de piretro fue introducido el año 1967, por la Corporación Boliviana de Fomento y la sociedad mixta con el nombre de Pyrethrum de Bolivia, siendo su objetivo principal el cultivo y la industrialización del piretro.

Según MACA (1976), el año 1967 se iniciaron las primeras plantaciones de piretro en la Provincia Manco Kapac. A fines del mismo año y principios de 1968 se lograron los trasplantes en la Isla del Sol, posteriormente, entre 1968 y 1969 se ampliaron algunas plantaciones. Hacia 1970 se hicieron los primeros ensayos de plantaciones en la zona de Copacabana, habiéndose en 1971 arrancado un plan en cooperación con el Ministerio de Agricultura.

### 3.3.11.2 Rendimientos de piretro

Según Herbotecnia (2003), el rendimiento de piretro varia de 0,4 a 0,5 t·ha<sup>-1</sup> de flores secas. El contenido promedio de piretrinas en una flor de calidad ronda por el 1%.

PROGRAMA AGROQUÍMICO (1987) señala que, el rendimiento de piretro en Cochabamba es de 0,5 a 1 t·ha<sup>-1</sup> en la primera cosecha.

Leigue (1991), menciona que los rendimientos de la planta de piretro, varían con las condiciones climáticas, el suelo y las características genéticas de las plantas. Aunque, son posibles rendimientos mayores a 1 t·ha<sup>-1</sup> de flores secas.

Según UNCTAD/GATT (1973), rendimientos altos en flores secas de piretro están entre 1 a 1,5 t·ha<sup>-1</sup> con un contenido de piretrinas variable entre el 1 y 2 %. Los reportados en Bolivia están entre los 0,2 a 0,5 t·ha<sup>-1</sup>.

Para el MACA (1976), las zonas aptas para el cultivo de piretro, se encuentran ubicadas en las cabeceras de valle y puna situadas entre los 2700 y 4000 m.s.n.m. y comprenden los departamentos de La Paz, Cochabamba, Chuquisaca y Potosí. El área de mayor producción e industrialización del piretro en Bolivia se localiza en Cochabamba.

El mismo autor señala que las zonas seleccionadas y potencialmente aptas para el cultivo del piretro en Cochabamba se encuentran entre los 2800 - 3600 m.s.n.m. y comprenden cuatro áreas que corresponden a:

**Zona A:** Provincia Tiraque : Sacabambifla, Pairumani, Rodeo, Pucahuasi.

**Zona B:** Provincia Chapare : Sacaba-Corani.

**Zona C:** Provincia Carrasco y Mizque : Lope Mendoza, Pujltu Huasi, Pojo.

**Zona D:** Provincia Tiquipaya : Puca-Puca, Titiri, Chapisirca.

### **3.3.11.3 Mercado del piretro**

El piretro tiene un mercado mundial cuyo consumo de extracto alcanza a 350 t·año<sup>-1</sup>, con un valor aproximado de 150 millones de dólares. Según el Instituto Nacional de Estadística (PROGRAMA AGROQUÍMICO, 1987), la demanda nacional de extracto de piretro al 25 % es de 12 t·año<sup>-1</sup>.

## **3.4 Análisis de costos**

### **3.4.1 Costos variables**

De acuerdo con CIMMYT (1988), los costos que varían son los costos por hectárea relacionados con los insumos comprados, que pueden variar según lo exija una determinada tecnología o tratamiento. Estos pueden ser: mano de obra, insumos agrícolas, la maquinaria, equipos especiales, materiales empleados; mismos que varían de un tratamiento a otro.

### **3.4.2 Precio de campo de un insumo**

Según CIMMYT (1988), el precio de campo de un insumo variable, es el valor que se paga para usar una unidad adicional del insumo en la parcela experimental. Por lo tanto se debe expresar en términos de unidades monetarias por las unidades físicas de venta.

### **3.4.3 Tamaño de la parcela**

Para CIMMYT (1988), los rendimientos calculados con base en parcelas pequeñas a menudo sobreestiman el rendimiento de un campo entero debido a errores cometidos al medir la superficie cosechada. Esto debido a que, las parcelas pequeñas tienden a ser más uniformes que las grandes.

#### **3.4.4 Rendimientos ajustados**

CIMMYT (1988), menciona que el rendimiento ajustado de cada tratamiento es el valor promedio reducido en un cierto porcentaje con el fin de reflejar la diferencia entre el dato experimental y el del agricultor que podría lograr con ese tratamiento.

Los rendimientos que se obtienen en condiciones experimentales a menudo son mayores a los que el agricultor lograría con los mismos tratamientos.

#### **3.4.5 Precio de campo del producto**

Según CIMMYT (1988), el precio de campo del producto se define como: el valor que tiene para el agricultor una unidad adicional de producción en el campo, antes de la cosecha. Para calcularlo se toma el precio que el agricultor recibe o podría recibir y se le restan todos los costos relacionados con la cosecha y venta, estos son proporcionales al rendimiento, se pueden expresar por kg de producto.

#### **3.4.6 Beneficio bruto de campo**

CIMMYT (1988), afirma que el beneficio bruto de cada tratamiento se calcula multiplicando el precio del producto por el rendimiento ajustado y se expresa en unidades monetarias por unidades de rendimiento que puede ser pesado en kg.

#### **3.4.7 Beneficio neto**

Para CIMMYT (1988), el beneficio neto se calcula restando el total de los costos que varían, del beneficio bruto de campo. De esta manera se tiene la cantidad monetaria que se obtiene de una determinada actividad económica.

#### **3.4.8 Análisis de dominancia**

Según CIMMYT (1988), se efectúa ordenando los tratamientos de menor a mayor costo, se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajo.

#### **3.4.9 Tasa de retorno marginal**

Para CIMMYT (1988), es el cociente entre los beneficios marginales por los costos marginales expresado en porcentajes. Indicando lo que se puede esperar ganar, cuando se decide cambiar una práctica o conjunto de prácticas por otra.

#### **3.4.10 Relación beneficio / costo**

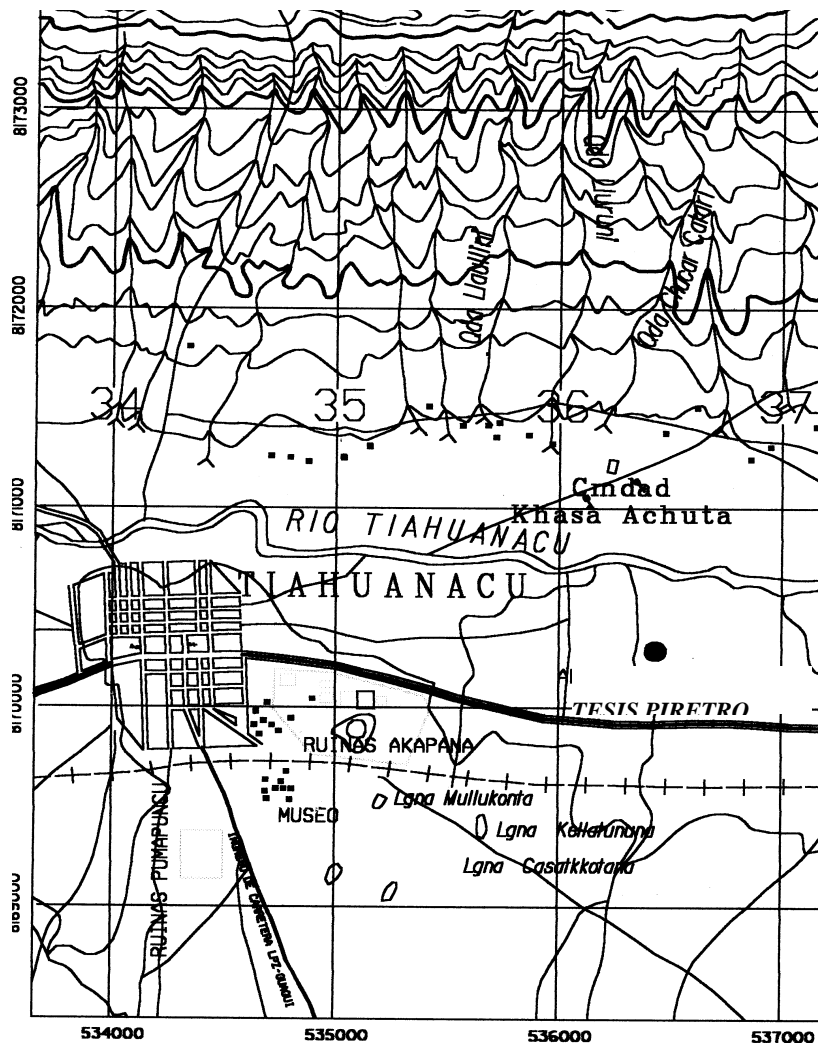
De acuerdo con CIMMYT (1988), la relación beneficio costo se calcula a partir del cociente entre el beneficio bruto y el total de los costos. Si una relación es inferior a la unidad se incurre en pérdidas, una relación superior a la unidad significa que la actividad económica es rentable. Asimismo, en una relación igual a la unidad no se obtienen utilidades pero que se recupera la cantidad invertida.



## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la población de Khasa Achuta, que pertenece al municipio de Tiwanaku, tercera sección municipal de la provincia Ingavi del departamento de La Paz. Dicha población se encuentra a 72 km de distancia de la ciudad de La Paz, en detalle se puede apreciar en la Figura 1.



FUENTE: Información cartográfica del Instituto Geográfico Militar (IGM), 1980

Fig. 1. Ubicación del área experimental

Geográficamente se sitúa entre los paralelos: 16 ° 27 ' y 16 ° 40 ' latitud Sur, 68 ° 35 ' y 68 ° 57 ' longitud Oeste. La altitud promedio es de 3843 m.s.n.m. El municipio alcanza en extensión territorial 640,1 km<sup>2</sup> y fisiográficamente el 59,8 % de su superficie son llanuras, el 17,7 % colinas y el 22,45 % corresponde a serranías.

Esta región es favorecida en cuanto a medios de acceso, por la existencia de la carretera asfaltada entre Río Seco y Desaguadero. (UCB, UAC - Tiwanaku).

## **4.2 Materiales**

### **4.2.1 Material biológico**

#### **4.2.1.1 Plántulas**

Para llevar a cabo el experimento se utilizaron plántulas de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.), piretro en una cantidad de 2376 con una altura entre 15 y 20 cm aproximadamente. Estas se obtuvieron de los almácigos del PROYECTO PHUSI SUYO – Cochabamba, de la región de Tiraque.

Esta especie de crisantemo se caracteriza por contener un porcentaje importante de piretrinas a diferencia de las otras especies de crisantemo, las que por lo general se consideran plantas ornamentales, (Larson, 1988).

#### **4.2.1.2 Humus**

El humus que se utilizó fue el de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en una cantidad de 340 kg para todo el experimento se eligió este abono en virtud a que es orgánico, no daña al suelo más aun por el contrario posee la capacidad de mejorarlo en sus propiedades físicas y químicas a medida que se lo utiliza,

además es de fácil aplicación, y la disponibilidad de nutrientes es rápida. Las características del humus empleado se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis químico del humus de lombriz

Elemento	Cantidad
pH 1:5 agua	7,5
C,E, mmhos/cm 1:5 muestra/agua	1,93
K intercambiable	2,3 %
Fósforo Total	0,35 %
Materia orgánica humificada	12,7 %
Nitrógeno total	1,8 %
Relación C/N	7,1

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas, Fac. de Cs, Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinaria "Martín Cárdenas" U,M,S,S Cochabamba (2001).

Observando el cuadro de análisis del humus se puede mencionar que la conductividad eléctrica de 1,9 mmhos / cm se encuentra en el rango normal, lo que indica que el humus no tiene problemas de sales, en cuanto al Potasio se puede afirmar que su contenido de 0,56 es moderado, esto indica que se tiene 0,56 kg de K en 100 kg de humus. Asimismo, el contenido de Fósforo es moderado 0,29 % lo que significa que se tienen 0,29 kg de P en 100 kg de humus, en cambio el Carbono muestra un contenido muy alto de 12,43 %, el nitrógeno muestra un valor de 1,27 que se ubica en un rango alto, Finalmente para la relación C / N se encontró un valor de 9,78 lo que significa que está en equilibrio.

#### 4.2.2 Material de campo

Se emplearon: palas, picotas, rastrillo, azadón, balanza de peso, vernier, regla, estacas, marbetes, flexómetros, registros, marcadores, cámara fotográfica.

#### 4.2.3 Material de gabinete

Material de escritorio, computadoras, programa computarizado de análisis de datos SAS-system Versión 8.02.

### 4.3 Diseño de investigación

Se utilizó el arreglo factorial de parcelas divididas en un diseño experimental de bloques completos al azar, esto a raíz de existir una leve pendiente en el terreno que fue considerada como fuente de variabilidad entre bloques, mismos que fueron dispuestos en forma perpendicular a dicha fuente, correspondiendo al modelo lineal aditivo, (Calzada, 1970):

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + (\text{ik} + (\text{j} + ((\text{ij} + (\text{ijk})))$$

Donde :

Y <sub>ijk</sub>	:	Una observación al azar
(	:	Promedio general
(k	:	Efecto del k-ésimo bloque
(I	:	Efecto de la i-ésima densidad
(ik	:	Error de la parcela principal
(j	:	Efecto del j-ésimo nivel de humus
((ij	:	Efecto de la interacción de la i-ésima densidad y el j-ésimo nivel de humus
(ijk	:	Error experimental

Las densidades de trasplante se sortearon en las parcelas principales y los niveles de humus en las sub-parcelas.

#### 4.3.1 Descripción de los factores de estudio

Factor A: Densidades de trasplante

a1 = 60 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, (50000 plantas(ha-1)

a2 = 60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas, (30000 plantas(ha-1)

a3 = 60 cm entre surcos y 70 cm entre plantas, (20000 plantas(ha-1)

Factor B: Fertilización con humus de lombriz

b1 = 0 t de humus(ha-1

b2 = 5 t de humus(ha-1

b3 = 10 t de humus(ha-1

**Cuadro 3. Detalle de los tratamientos con los factores en estudio para el cultivo de piretro (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.)**

Factor A		Factor B		
		Fertilización con humus de lombriz		
		<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>b<sub>3</sub></b>
Densidad de trasplante		0 t ha <sup>-1</sup>	5 t ha <sup>-1</sup>	10 t ha <sup>-1</sup>
<b>a<sub>1</sub></b>	60 cm surcos, 30 cm plantas	<b>T<sub>1</sub></b> = 60 cm surcos, 30 cm plantas con 0 t ha <sup>-1</sup> de humus	<b>T<sub>2</sub></b> = 60 cm surcos, 30 cm plantas con 5 t ha <sup>-1</sup> de humus	<b>T<sub>3</sub></b> = 60 cm surcos, 30 cm plantas con 10 t ha <sup>-1</sup> de humus
<b>a<sub>2</sub></b>	<b>60 cm surcos, 50 cm plantas</b>	<b>T<sub>4</sub></b> = 60 cm surcos, 50 cm plantas con 0 t ha <sup>-1</sup> de humus	<b>T<sub>5</sub></b> = 60 cm surcos, 50 cm plantas con 5 t ha <sup>-1</sup> de humus	<b>T<sub>6</sub></b> = 60 cm surcos, 50 cm plantas con 10 t ha <sup>-1</sup> de humus
<b>a<sub>3</sub></b>	<b>60 cm surcos, 70 cm plantas</b>	<b>T<sub>7</sub></b> = 60 cm surcos, 70 cm plantas con 0 t ha <sup>-1</sup> de humus	<b>T<sub>8</sub></b> = 60 cm surcos, 70 cm plantas con 5 t ha <sup>-1</sup> de humus	<b>T<sub>9</sub></b> = 60 cm surcos, 70 cm plantas con 10 t ha <sup>-1</sup> de humus

#### 4.3.2 Descripción del campo experimental

Tomando en cuenta las características del cultivo de piretro, ya que requiere suficiente espacio para su desarrollo, se tomaron las dimensiones de las unidades experimentales del trabajo de investigación.

##### 4.3.2.1 Dimensiones del área experimental

Superficie total del campo experimental.....	720 m <sup>2</sup>
Superficie de cada bloque .....	225 m <sup>2</sup>
Ancho de pasillos entre bloques.....	0,50 m
Número de bloques.....	3
Número de pasillos.....	2

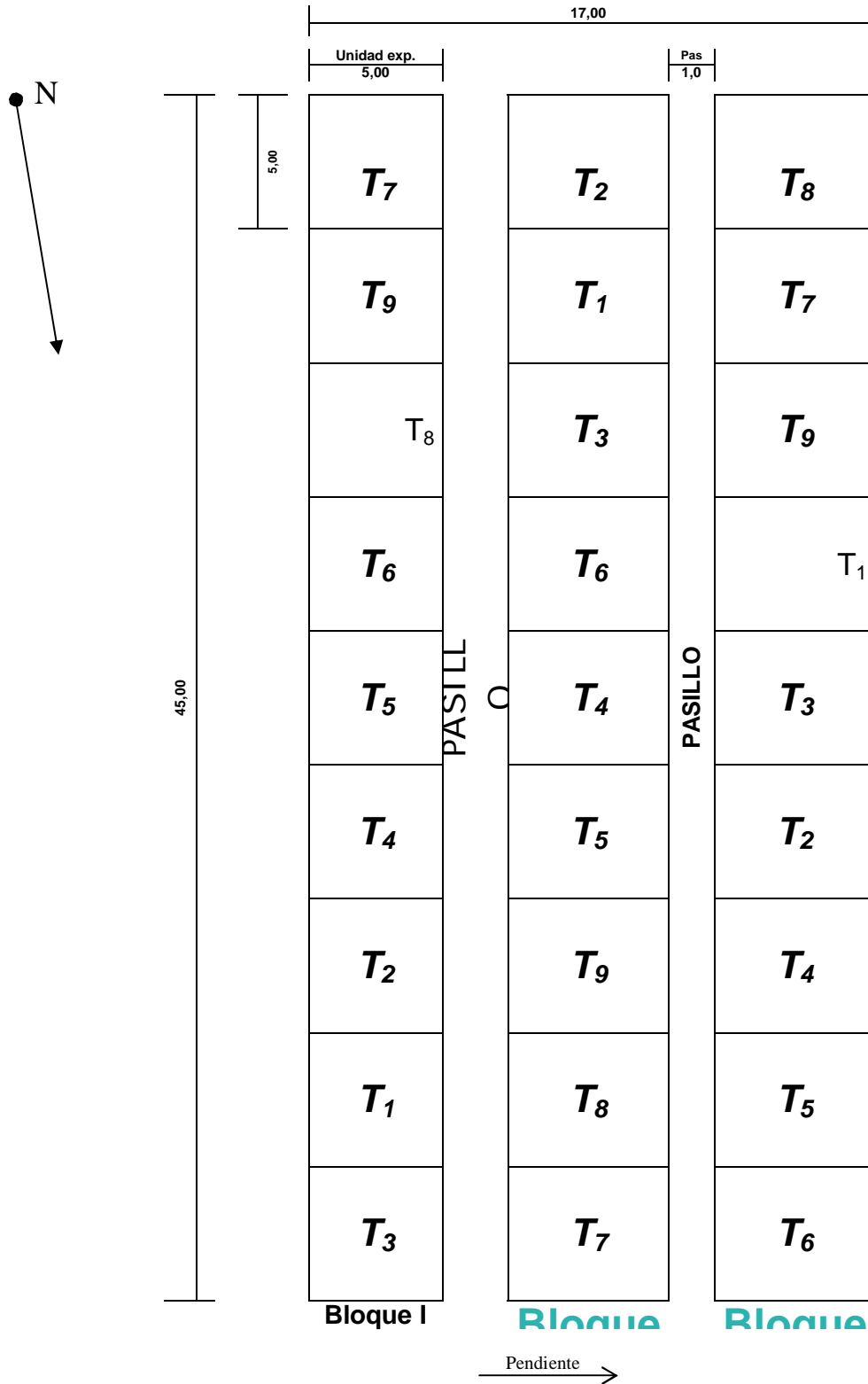
##### 4.3.2.2 Dimensión de la unidad experimental

Ancho de la unidad experimental.....	5 m
Largo de la unidad experimental.....	5 m
Superficie de la unidad experimental.....	25 m <sup>2</sup>

### 4.3.3 Croquis del experimento

En el croquis se aprecia la distribución en campo de los tratamientos.

Esc.: 1: 250



## **4.4 Método experimental**

### **4.4.1 Muestreo de suelo**

Para el análisis físico-químico del suelo se tomaron 25 submuestras del área experimental a una profundidad aproximada de 25 cm, siguiendo un recorrido en zigzag. Luego se mezcló y se destinó una muestra de 2 kg al laboratorio.

### **4.4.2 Preparación del terreno**

Se efectuó una arada mecanizada utilizando un tractor con arado y rastra de discos, a una profundidad aproximada de 30 cm, luego se procedió a realizar un desterronado, mullido y un nivelado del terreno, (ver Anexo 5, foto 1).

### **4.4.3 Demarcación de las unidades experimentales**

Se procedió a delimitar las unidades experimentales empleando una cinta métrica, pitas plásticas y estacas de 0,5 m. Cada unidad experimental midió 25 m<sup>2</sup>, es decir 5 m de ancho y 5 m de largo, con pasillos de 0,5 m entre bloques; como se contó con 9 tratamientos y 3 bloques la superficie total fue de 720 m<sup>2</sup> resultando 27 unidades experimentales que de forma cuadrangular (ver Anexo 5, foto 2) .

### **4.4.4 Incorporación del humus de lombriz**

Se procedió a abrir hoyos para incorporar el humus de lombriz en forma localizada, estos se hicieron de acuerdo a las densidades de trasplante mismas que fueron distribuidas en las parcelas principales, dejando dentro de las sub-parcelas a la fertilización húmica, la aplicación se efectuó a razón de 0 kg·m<sup>-2</sup>, 0,5 kg(m-2, 1 kg(m-2, que representan 0 t(ha-1, 5 t(ha-1 y 10 t(ha-1 respectivamente. (ver Anexo 5, foto 3). Cabe hacer notar que la actividad se realizó dos días antes del trasplante.

### **4.4.5 Trasplante**

Se realizó empleando las plántulas de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro de 15 - 16 cm de altura. Teniendo el debido cuidado de no doblar la parte radical, toda vez que se procedió a trasplantar con raíz desnuda. Tomando lógicamente las densidades en estudio, (ver Anexo 5, foto. 4).

#### 4.4.6 Muestreo de plantas

De cada unidad experimental se tomaron al azar 5 plantas, eliminando 3 filas de borduras y 2 surcos de cabeceras, debido a la fertilización orgánica.

#### 4.4.7 Labores culturales

Se efectuaron riegos dos veces por semana, (ver Anexo 5, foto 5). El primer deshierbe se realizó a un mes del trasplante y el segundo dos meses después.

Los aporques fueron dos, el primero dos meses después del trasplante y el segundo a tres meses del mismo. Esto con el fin de dejar el suelo suelto aireado y favorecer el desarrollo de las raíces del cultivo.

No se presentaron plagas ni enfermedades, por ello no se siguió ningún manejo fitosanitario.

#### 4.4.8 Cosecha

Transcurridos los seis meses se realizó la cosecha de las inflorescencias manualmente, cuando las flores tubulares del capítulo estaban abiertas, y las lígulas se encontraban en posición horizontal, debido a que en este estado el contenido de piretrinas es alto, se evaluó sólo la primera cosecha, (ver Anexo 5, foto 6).

#### 4.4.9 Secado de las flores



Recolectadas las flores se pusieron sobre estantes a la sombra en un lugar aireado, en capas delgadas, separadas por cada tratamiento, removiéndolas periódicamente durante tres semanas para lograr un secado uniforme, que fue determinado cuando alcanzaron un peso constante.

#### 4.4.10 Análisis químico de las flores de piretro

Se enviaron las muestras al laboratorio del PROGRAMA AGROQUÍMICO de la Universidad Mayor de San Simón en Cochabamba, donde se realizó el análisis químico. Por lo informado primero se realizó una molienda, para el análisis se realizó en un cromatógrafo Líquido de Alta Performance (HPLC) marca SHIMADZU equipado con una columna de fase reversa, la detección se llevó a cabo a 240 nm con mezcla de acetonitrilo : agua (70:30) como solvente de elusión.

#### 4.5 Variables estudiadas

##### 4.5.1 Variables agronómicas

###### 4.5.1.1 Peso de materia seca

Esta variable se obtuvo secando la totalidad de las flores cosechadas por unidad experimental, a temperatura ambiente, durante tres semanas hasta alcanzar un peso constante, la variable fue expresada en t/ha-1.

###### 4.5.1.2 Altura de la planta

Se obtuvo con la utilización de una regla, la medición se obtuvo desde la base del tallo hasta la inflorescencia, de las cinco plantas muestreadas por unidad experimental, la misma que se expresó en cm, (ver Anexo 6, Foto 7 y 8) .

#### **4.5.1.3 Cobertura vegetal**

Se realizó una medición del área de cobertura vegetal de la planta tomando en cuenta tanto el largo y ancho de la planta en  $\text{cm}^2$  (ver Anexo 6 Fig. 9).

#### **4.5.1.4 Diámetro del disco floral**

La información de esta variable se la obtuvo con un vernier realizando la medición del diámetro del disco floral constituido por las flores tubulares que se encuentran al centro de la inflorescencia, los resultados obtenidos fueron expresados en cm, (ver anexo 6, foto 10).

#### **4.5.1.5 Número de inflorescencias por planta**

Cuando la floración llegó aproximadamente a un 50 % en todo el experimento y las inflorescencias estaban abiertas, se obtuvo esta variable por simple conteo de las plantas muestreadas, (ver Anexo 6, foto 11).

### **4.5.2 Variables económicas**

#### **4.5.2.1 Precio de campo del producto**

Variable que se calculó según el precio que se pudo recibir por el producto al venderlo, restándole los gastos relacionados con la cosecha y venta del mismo, precio que se estableció a 19,00 Bs por cada kg de flores de piretro secas.

#### **4.5.2.2 Rendimientos ajustados**

El rendimiento ajustado se calculó en  $\text{t ha}^{-1}$  teniendo en cuenta una reducción del 10 % para cada tratamiento, utilizando los criterios mencionados en CIMMYT,

(1988) debido a que: se cultivó en condiciones de experimentación, en parcelas pequeñas donde el manejo es más sencillo y sin pérdidas en la cosecha.

#### **4.5.2.3 Beneficio bruto**

El beneficio bruto de cada tratamiento se calculó multiplicando el precio de campo determinado sobre la base de los precios del mercado que fue de 19,00 Bs. por kilogramo de producto seco, por el rendimiento ajustado, expresándolo en  $t\ ha^{-1}$ .

#### **4.5.2.4 Beneficio neto**

Se determinó restando el total de los costos del beneficio bruto por cada tratamiento, expresándolo en  $Bs\ ha^{-1}$ .

#### **4.5.2.5 Tasa de retorno marginal**

Se realizó comparando los incrementos en beneficios y en costos, por las agregaciones que se hicieron en los tratamientos y se expresaron en porcentajes, para compararlos con la tasa mínima aceptable del 100 %.

#### **4.5.2.6 Relación beneficio / costo**

Se calculó relacionando el beneficio bruto con los costos parciales de producción, para la evaluación económica final, una relación inferior a 1 significó que se incurrieron en pérdidas y una relación superior a la unidad significó que la actividad económica fue rentable.

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Características agroecológicas

#### 5.1.1 Condiciones climáticas

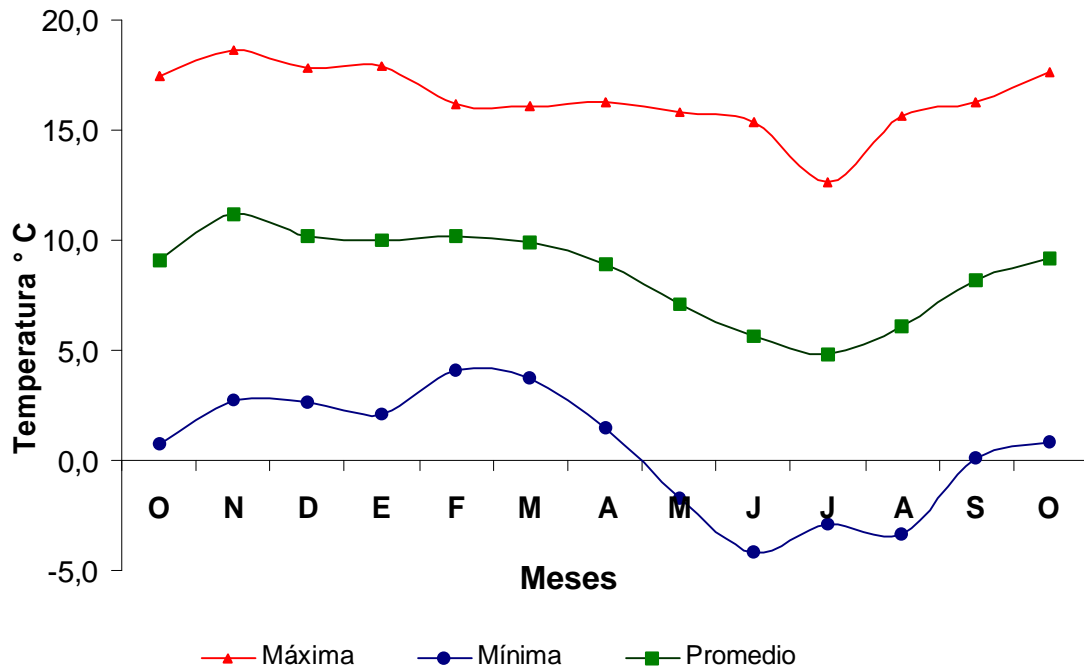
Uno de los factores predominantes en el desarrollo de todo cultivo es el clima, su importancia radica en la adaptabilidad que tienen las especies y el rendimiento es el reflejo de la influencia de las condiciones climáticas reinantes éstas se presentan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Registro de temperaturas y precipitación en la localidad de Tiwanaku gestión 2001 –2002**

Mes	Temperatura ° C			Precipitación (mm)
	Máxima	Mínima	Promedio	
Octubre	17,5	0,7	9,1	9,3
Noviembre	18,6	2,7	11,2	8,6
Diciembre	17,8	2,6	10,2	9,6
Enero	17,9	2,1	10	99,1
Febrero	16,2	4,1	10,15	98,6
Marzo	16,1	3,7	9,9	55,7
Abril	16,3	1,5	8,9	87,9
Mayo	15,8	-1,7	7,05	7,6
Junio	15,4	-4,2	5,6	0,6
Julio	12,6	-2,9	4,85	1,2
Agosto	15,6	-3,4	6,1	5,4
Septiembre	16,3	0,1	8,2	5,4
Octubre	17,6	0,8	9,2	9,3
Promedio	16,4	0,5	8,5	
Total				398,3

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, (2002)

Considerando los datos del Cuadro 3 de registro de temperaturas se obtuvo la gráfica de temperaturas de la Figura 2.



**Fig. 2. Temperaturas registradas en la localidad de Tiwanaku gestión 2001 - 2002**

En el Figura 2 se puede apreciar el comportamiento climático en base a las temperaturas registradas ya características de la zona, en la que se destaca una temperatura máxima extrema de 18,6° C, con mínimas extremas de - 4,2° C, y un promedio anual de 8,5° C.

La temperatura promedio ambiente durante el periodo de investigación fue de 9,4° C. Las temperaturas fueron similares a las registradas en años anteriores, mismas que se consideraron como adecuadas para el desarrollo del piretro (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis), ya que se puede cultivar en el Altiplano y en los Valles altos preferentemente por ser las zonas donde las plantas acumulan mayor porcentaje de piretrinas. Las temperaturas óptimas para la especie fluctúan entre 9 y 15° C, el inicio de la floración requiere 14° C por un periodo no menor a 6 semanas. Además, temperaturas superiores a 24° C inhiben la formación de botones florales.

La precipitación pluvial en el período de cultivo fue de 358,5 mm y en la campaña agrícola 2001 - 2002 fue 398,3 mm. Teniendo un promedio de precipitación de la zona en 320 mm en los 2 últimos años, (SENAMHI, 2000). Como el cultivo de piretro requiere una precipitación de 400 a 1200 mm anuales bien distribuidos, por lo que hubo la necesidad de efectuar riego frecuente.

## 5.2 Características del suelo

Después de realizado el análisis de suelo, los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis físico-químico del suelo experimental.

Arena	47 %
Arcilla	69 %
Limo	20 %
Clase Textural	YA
Grava	0,1 %
Carbonatos libres	P
pH Agua (1 : 5)	7,71
pH Cl K (1 : 5)	7,70
C. E. ds m <sup>-1</sup> (1 : 5)	2,664
Cationes de cambio	
Al+H (cmol(+) kg suelo <sup>-1</sup> )	0,07
Ca (cmol(+) kg suelo <sup>-1</sup> )	17,22
Mg (cmol(+) kg suelo <sup>-1</sup> )	8,1
Na (cmol(+) kg suelo <sup>-1</sup> )	0,29
K (cmol(+) kg suelo <sup>-1</sup> )	2,06
TBI (cmol(+) kg suelo <sup>-1</sup> )	27,67
CIC (cmol(+) kg suelo <sup>-1</sup> )	27,74
SAT. Bases	99,7 %
Materia Orgánica	3,58 %
Fósforo disponible mg kg <sup>-1</sup>	21,69
Nitrógeno total	0,2 %
Potasio total	0,12 %
Fósforo asimilable	3,38 ppm

Fuente: Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la U.M.S.A 2001

De acuerdo al análisis físico-químico de la muestra de suelo enviada a laboratorio, se tiene una textura arcillo-arenosa, lo cual influye en la permeabilidad y el

lixiviado de nutrientes. Presenta un pH = 7,7 alcalinidad ligera; la conductividad eléctrica fue de  $2,664 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$ , teniendo ligeros problemas de acumulación de sales. Por tratarse de un suelo localizado en el altiplano, no contiene altas cantidades de iones de aluminio e hidrógeno sólo  $0,07 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg} \text{ suelo}^{-1}$ , lo que incide directamente en su pH. Sin embargo, la presencia de materia orgánica es media por encontrarse entre 2 y 4 % ya que llega al 3,58 %, el fósforo asimilable es bajo por encontrarse por entre 0 y 6 ppm por ser de 3.38 ppm. El nitrógeno total es de contenido medio en 0,2 % de N.

La capacidad de intercambio catiónico CIC, llega a  $27,74 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg} \text{ suelo}^{-1}$  es alta lo que incide en la alta capacidad de retener nutrientes, el grado de saturación de bases es alto de 99,7 %, que favorece a la fertilidad actual del suelo y el ión calcio es el elemento que se halla en mayor proporción con  $17,22 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg} \text{ suelo}^{-1}$  esto incrementa a la movilidad de los cationes de cambio.

Por lo tanto se puede decir que es un suelo apto para el cultivo del piretro. Sin embargo, al incrementar la fertilidad con el empleo de humus de lombriz se pretendió encontrar diferencias en el rendimiento y contenido de piretrinas.

### **5.3 Cultivos y vegetación**

El sistema de producción es de tipo tradicional, sin ninguna tecnología introducida de manejo, siendo el principal cultivo de esta zona la papa, tanto dulce como amarga. Además cultivan en menor proporción cebada forrajera.

La vegetación natural predominante en la zona experimental esta conformada por: chillca (*Baccharis salicifolia*), paja brava (*Stipa ichu*), t'ola (*Baccharis floribunda*) y kishuara (*Buddleia coriaceae*).

## 5.4 Efecto de los tratamientos en el cultivo

### 5.4.1 Rendimiento en materia seca

Los resultados de las unidades experimentales se expresaron en  $t \cdot ha^{-1}$ , con el fin de analizarlos en base a cifras comerciales tal como se aprecia en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Análisis de varianza para rendimiento en materia seca en  $t \cdot ha^{-1}$**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr	
Bloque	2	0,879	0,440	32,243	0,0034	**
Densidad de trasplante	2	1,433	0,716	52,534	0,0013	**
Error de parcela principal	4	0,055	0,014			
Fertilización con humus	2	8,244	4,122	162,542	0,0001	**
Interacción (densidad x humus)	4	0,359	0,090	3,540	0,0396	*
Error experimental	12	0,304	0,025			
Total	26	11,274	0,434			

C.V = 15,8 %                      Prom. = 1,04  $t \cdot ha^{-1}$

El coeficiente de variación de 15,8 % es aceptable, puesto que su valor es menor al 30 % recomendado para trabajos de campo por (Calzada, 1970), y se puede decir que los datos obtenidos son confiables. El promedio general del experimento fue 1,04  $t \cdot ha^{-1}$  en materia seca de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, siendo superior al promedio de literatura de 1,0  $t \cdot ha^{-1}$ . Esto principalmente atribuible a los altos rendimientos de los tratamientos con humus. Sin embargo, por ser un dato que podría estar influenciado por valores extremos, se procedió a analizar cada una de las fuentes de variación.

Mediante el Cuadro 5 de análisis de varianza de rendimiento del piretro se demuestra que, existieron diferencias significativas entre bloques, lo cual significa que la fuente de variabilidad que para el caso fue la pendiente, se manifestó en el análisis mediante el modelo, por lo que se ganó eficiencia (ver Anexo ).



#### 5.4.1.1 Densidad de trasplante

Las densidades de trasplante muestran diferencias significativas en el rendimiento de materia seca de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, a un nivel del 5 % de significancia. El mayor promedio se obtuvo con la densidad  $a_2 = 60$  cm entre surco y 50 cm entre plantas con  $1,30 \text{ t ha}^{-1}$ , seguido de la densidad  $a_1 = 60$  cm entre surco y 30 cm entre plantas con  $0,98 \text{ t ha}^{-1}$ , la densidad  $a_3 = 60$  cm entre surco y 70 cm entre plantas, con  $0,74 \text{ t ha}^{-1}$  de materia seca. Esto indica que a una óptima densidad se obtuvieron mayores rendimientos, lo se puede atribuir a que con la densidad  $a_2$  no se presentaron competencias, ni por espacio físico ni por nutrientes entre las plantas, concordando con la aseveración de (Perez, 1994) en el sentido de que un aumento excesivo en la densidad provoca un menor número de plantas y menor cantidad de flores por planta.

Por su parte Holle (1985), menciona que una alta población de plantas significa un efecto competitivo por la luz, agua nutrientes y espacio tanto en la superficie como por debajo, esta competencia se refleja el número de flores por planta lo que influye directamente en el rendimiento en materia seca de piretro.

#### 5.4.1.2 Fertilización con humus de lombriz

El efecto del nivel de fertilización con humus mostró diferencias estadísticas, advirtiéndose mayor promedio con el nivel de fertilización  $b_3 = 10 \text{ t ha}^{-1}$  de humus de lombriz, con  $1,41 \text{ t ha}^{-1}$ . Sin embargo, dicho promedio no fue estadísticamente superior al del nivel de fertilización  $b_2 = 5 \text{ t ha}^{-1}$  de humus de lombriz, que alcanzó  $1,39 \text{ t ha}^{-1}$  de materia seca de inflorescencias de piretro, en cambio el nivel  $b_1 = 0 \text{ t ha}^{-1}$  de humus de lombriz mostró un promedio significativamente inferior a los anteriores de  $0,23 \text{ t ha}^{-1}$ .

Con ello se puede señalar que la incorporación del humus ayudó a la especie en su desarrollo, debido al aporte de Nitrógeno, Potasio, Fósforo y principalmente de

microorganismos, además por su baja conductividad eléctrica contribuyo a mejorar el suelo de cultivo siendo mayormente asimilable por la planta, respecto a ello (Compagnoni, 1995), menciona que el aporte de humus de lombriz provoca la liberación gradual de nutrientes, limitan las perdidas por lixiviación de los mismos, favoreciendo la absorción paulatina según las exigencias de las plantas cultivadas.

#### **5.4.1.3 Interacción densidad de trasplante con fertilización humus de lombriz**

La interacción de los factores principales de estudio fue estadísticamente significativa, indicando que un cambio de nivel del factor humus de lombriz afecta significativamente al comportamiento de los niveles del factor densidad de trasplante y viceversa. Para verificar si éste cambio es significativo se obtuvo el análisis de varianza de los efectos simples.

#### **5.4.1.4 Análisis de efectos simples para el rendimiento en materia seca de piretro en t·ha<sup>-1</sup>**

En el afán de estudiar cada uno de los niveles del factor fertilización con humus de lombriz en las densidades de trasplante, se procedió a su análisis en el Cuadro 6.

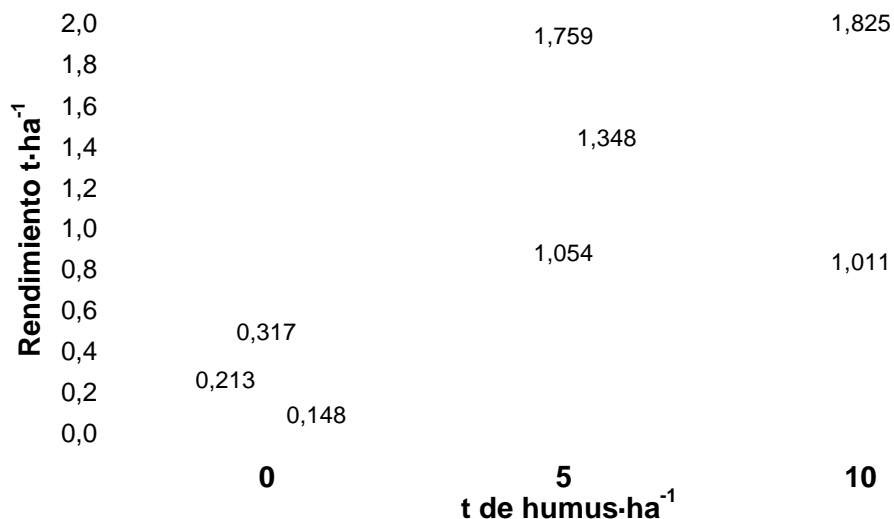
**Cuadro 6. Análisis de varianza de los efectos simples para rendimiento en materia seca de piretro t·ha<sup>-1</sup>**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr	
Densidades (0 t ha <sup>-1</sup> )	2	0,044	0,022	0,875	3,49	NS
Densidades (5 t ha <sup>-1</sup> )	2	0,752	0,376	15,036	3,49	*
Densidades (10 t ha <sup>-1</sup> )	2	0,996	0,498	19,924	3,49	*
Niveles de humus (Dens. 30 x 60 cm)	2	2,675	1,338	53,510	3,49	*
Niveles de humus (Dens. 50 x 60 cm)	2	4,359	2,179	87,177	3,49	*
Niveles de humus (Dens. 70 x 60 cm)	2	1,569	0,785	31,385	3,49	*
Error	12	0,304	0,025			

En el Cuadro 6 se puede apreciar diferencias significativas de rendimiento en materia seca en todos los efectos simples, excepto en las densidades dentro del nivel de  $0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , en el que fueron todos similares siendo los más bajos promedios del experimento, lo que indica que en este punto los rendimientos se comportan de manera similar.

Sin embargo, a medida que se fue incrementando el nivel de humus de lombriz a  $b_2 = 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $b_3 = 10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , se apreciaron diferencias en los efectos simples, obteniéndose mayores rendimientos con la presencia de éste fertilizante orgánico, que proporciona a la planta sustancias nutritivas para su desarrollo y rendimiento.

Para ilustrar gráficamente se obtuvieron las curvas de promedios de la Figura 3.



*Fig. 3. Efecto de la interacción de los factores en el rendimiento en materia seca de piretro*

En la Figura 3 se eligió al rendimiento en materia seca como variable dependiente y la fertilización con humus como variable independiente y se puede constatar que en el nivel  $b_1 = 0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de humus de lombriz se observaron los menores rendimientos, con  $a_1 = 60 \text{ cm}$  surco y 30 entre plantas se obtuvo  $0,213 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , con

$a_2 = 60$  cm surco y 50 entre plantas fue  $0,317 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  y con  $a_3 = 60$  cm surco y 70 cm entre plantas el promedio llegó a  $0,140 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  en materia seca de flores de piretro (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) siendo este último el rendimiento más bajo de todos, atribuible a un elevado espaciamiento entre plantas.

Con el nivel de humus  $b_2 = 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , el rendimiento más bajo fue con  $a_3 = 60$  cm surco y 70 cm entre plantas  $1,054 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a continuación  $a_1 = 60$  cm surco y 30 cm entre plantas con  $1,348 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  y el mayor promedio se logró con  $a_2 = 60$  cm surco y 50 cm entre plantas con  $1,759 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de flores secas de piretro.

Asimismo, para el nivel de humus  $b_3 = 10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , se obtuvo el mayor rendimiento de todo el experimento de  $1,835 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  en materia seca de flores de piretro con  $a_2 = 60$  cm surco y 50 cm entre plantas, seguido de  $a_1 = 60$  cm surco y 30 cm entre plantas, con  $1,391 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  y como el menor se tuvo al nivel  $a_3 = 60$  cm surco y 70 cm entre planta, con  $1,011 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Se puede observar que la densidad tuvo bastante influencia en estos resultados, ya que un elevado número de plantas o un menor número de las mismas, promovió rendimientos bajos frente a una población recomendable que reportó los mejores rendimientos en ambos niveles de aplicación humus de lombriz.

Los mayores rendimientos obtenidos por los tratamientos T5 = 60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas con  $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  y T6 = 60 cm entre surcos y 70 cm entre plantas con  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de humus de lombriz con  $1,825$  y  $1,759 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  respectivamente, se atribuye a la aplicación del humus de lombriz que proporcionaron a las plantas de piretro niveles adecuados de Nitrógeno, Potasio, Fósforo principalmente de microorganismos coadyuvando a la actividad microbiana del suelo, haciendo a los nutrientes solubles en agua y directamente asimilable por la especie.

Coincidiendo con Guerrero (1993), que el humus de lombriz permite mejorar la estructura del suelo favoreciendo la aireación, permeabilidad, retención de

humedad y disminuyendo la compactación del suelo, además los agregados del humus de lombriz son resistentes a la erosión hídrica. Empero, complementándose a los niveles de humus con una apropiada densidad de trasplante para que no exista competencia por estos nutrientes. Al respecto, (Perez, 1994), menciona que resulta evidente que el aprovechamiento de una determinada cantidad de plantas exige una superficie óptimas para su máximo desarrollo, cualquier variación sobre esta cantidad de plantas óptimas, o la presencia de plantas ajenas al cultivo no deseables, tiene un carácter limitante. Por su parte (Carrión, 1986), señala que debe considerarse adecuadas densidades porque una densidad de plantación estrecha perjudica el desarrollo normal del cultivo y en consecuencia se obtienen malas cosechas de flores.

#### 5.4.2 Altura de planta

El análisis para la altura de planta fue muy similar al rendimiento en materia seca en cuanto a efectos principales y los resultados se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la altura de planta en cm

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr	
Bloque	2	267,71	133,85	53,42	0,001	*
Densidad de trasplante	2	43,95	21,97	8,77	0,035	*
Error de parcela principal	4	10,02	2,51			
Fertilización con humus	2	45,44	22,72	7,47	0,008	*
Interacción (densidad x humus)	4	34,77	8,69	2,86	0,071	ns
Error experimental	12	36,51	3,04			
Total	26	438,403	16,862			

C.V. = 2,67 %

Prom. = 65,44 cm

Mediante el análisis de varianza se pudo evidenciar que el coeficiente de variación fue de 2,67 %, lo cual indica que, los datos obtenidos durante el trabajo de campo son confiables para su análisis, como menciona (Calzada, 1970), además presentaron normalidad y homogeneidad de varianzas (Ver Anexo), significando que hubo un buen manejo del experimento. Asimismo, se observa un promedio

general de 65,44 cm de altura para las plantas de piretro que fue similar al promedio de literatura de 65 cm, pero por tratarse de un valor que puede estar influenciado por datos extremos en el experimento, se procedió a analizar cada una de las fuentes de variación.

Se observa además que, existieron diferencias significativas entre bloques al 5 % de incertidumbre, ello demuestra que el diseño fue apropiado, ya que se atribuyó la mencionada variación a la pendiente misma que fue atenuada con el modelo estadístico, con el que se ganó eficiencia.

#### 5.4.2.1 Densidades de trasplante

Las densidades de trasplante también muestran diferencias estadísticas a un nivel del 5 % de significancia en cuanto a la altura de planta en cm, indicando que el factor densidad de trasplante tuvo efecto sobre la variable altura de planta, y se observó que a una densidad más poblada se presentaron mayores alturas así como a una menor población las alturas de planta fueron inferiores, se efectuó la comparación de promedios mediante la prueba de Duncan en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Prueba de Duncan para la altura de planta en las densidades de trasplante**

Densidad de trasplante	Promedio	Duncan
30 cm entre plantas y 60 cm entre surcos	67,79 cm	A
50 cm entre plantas y 60 cm entre surcos	65,84 cm	B
70 cm entre plantas y 60 cm entre surcos	63,71 cm	B

En el Cuadro 8 se presenta el análisis de Duncan para los promedios obtenidos en las tres densidades de trasplante, reportándose como mejor promedio a la densidad  $a_1 = 60$  cm entre surcos y 30 cm entre plantas con una altura de 67,79 cm, seguida de  $a_2 = 60$  cm entre surcos y 50 cm entre plantas, que logró una altura de 65,8 cm, en cambio la densidad  $a_3 = 60$  cm entre surcos y 70 cm entre plantas obtuvo la altura más baja del experimento con 63,7 cm. Como se observa

en los resultados la densidad más poblada  $a_1$ , presento la mayor altura de planta en el experimento, esto se explica a que existió competencia por espacio físico, nutrientes y elongación de los tallos por alcanzar la luz que es vital para la fotosíntesis y por ende se obtuvo mayor crecimiento de las plantas.

Al respecto (SESA, 1994) menciona que a mayor densidad aumenta la altura de la planta esto se justifica, que al estar las plantas más juntas entre si, ocupa un menor espacio por planta existe una competencia de plantas por alcanzar la luz para realizar su proceso fotosintético. Asimismo, (Holle, 1985), sostiene una alta población de plantas significa un efecto competitivo por la luz y agua, Esta competencia se refleja en el tamaño de la planta.

#### 5.4.2.2 Fertilización con humus

La fertilización con humus mostró diferencias estadísticas al 5 % de riesgo, respecto a la altura de planta para el cultivo de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, por lo que se realizó la prueba Dunnett de comparación de promedios contra el nivel sin fertilización con humus de lombriz, el cual manifestó un promedio de 63,84 cm de altura; tal como se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Prueba de Dunnett para la altura de planta respecto a la fertilización con humus de lombriz

Comparación de promedios	Diferencia	Dunnett	
10 t·ha <sup>-1</sup> con 0 t·ha <sup>-1</sup> de humus de lombriz	67,02 – 63,84 = 3,18	2,05	*
5 t·ha <sup>-1</sup> con 0 t·ha <sup>-1</sup> de humus de lombriz	65,44 – 63,84 = 1,6	2,05	ns

En el Cuadro 9 se puede evidenciar que el nivel  $b_1 = 0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de humus de lombriz, dio un promedio de 63,8 cm de altura, seguida de  $b_2 = 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  con 65,44 cm de altura, y la mayor altura reportada en el experimento fue de  $b_3 = 10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de humus de lombriz que logró una altura de 67,02 cm. Los resultados que se obtuvieron muestran que a un incremento de humus de lombriz, existió un mayor

crecimiento en las plantas y con el nivel de humus  $0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  se obtuvo un menor crecimiento, esto posiblemente debido a la presencia de hormonas para el crecimiento de las plantas contenidas en el humus.

Al respecto, (Pineda, 1994), menciona que una mejor asimilación de los nutrientes del suelo de cultivo obedece básicamente a una eficiente dosificación de humus de lombriz. Asimismo, Ocampo (1999), menciona que el humus de lombriz contiene concentraciones de auxinas que son hormonas de crecimiento en las plantas y capaz de mantener la humedad durante un espacio de tiempo prolongado.

#### **5.4.2.3 Interacción de la densidad de trasplante con la fertilización con humus de lombriz**

La interacción no fue estadísticamente significativa a un nivel del 5 % de significancia, es decir que, los factores no interactúan, por lo que a distintos niveles de humus de lombriz el comportamiento en la altura de planta en cada densidad de trasplante fue independiente; por lo que no fue necesario realizar el análisis de efectos simples.



### 5.4.3 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal fue una variable que contribuyó en gran manera al estudio de la especie, desde el punto de vista de espacio físico ocupado por las plantas de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, es así que su análisis de varianza se detalla en el Cuadro 10.

**Cuadro 10. Análisis de varianza para cobertura vegetal en cm<sup>2</sup>**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr
Bloque	2	2713237,3	1356618,7	169,5	0,0001 **
Densidad de trasplante	2	4629256,5	2314628,2	289,1	0,0001 **
Error de parcela principal	4	32020,40	8005,10		
Fertilización con humus	2	1049099,6	524549,8	14,0	0,0007 **
Interacción (densidad x humus)	4	212071,51	53018,62	1,4	0,2885 ns
Error experimental	12	450406,16	37533,84		
Total	26	9086094,6	349465,2		

C.V. = 10,27 %      Prom. = 1885,9 cm<sup>2</sup>

De acuerdo al análisis de varianza de la cobertura vegetal de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, se observa que el coeficiente de variación para la cobertura de planta fue aceptable por ser del 10,27 % atribuido a datos confiables. Además a una distribución normal de datos y varianzas homogéneas (ver Anexo. 4) que son requeridas para la utilización de diseños experimentales según (Calzada, 1970). El promedio general del experimento fue de 1858,9 cm<sup>2</sup>, el resultado obtenido fue por el empleo de diferentes densidades en el cultivo de piretro, ya que se tuvieron densidades muy estrechas como también densidades muy espaciadas, que permitió mayor o menor crecimiento de la cobertura.

Además existieron diferencias significativas entre bloques al 5 % de significancia, lo cual demuestra que la pendiente como fuente de variabilidad influyo en el modelo, ganando eficiencia, (Calzada, 1970).

### 5.4.3.1 Densidad de trasplante

En las densidades de trasplante como efecto principal también muestran diferencias significativas al 5 % de riesgo. Para un mejor análisis de estos promedios se procedió a realizar la prueba de promedios de Duncan que se puede ver en el Cuadro 11.

**Cuadro 11. Prueba de Duncan para la cobertura vegetal en las densidades de trasplante**

Densidad de trasplante	Promedio	Duncan
70 cm entre plantas y 60 cm entre surcos	2221,51 cm <sup>2</sup>	A
50 cm entre plantas y 60 cm entre surcos	2133,71 cm <sup>2</sup>	A
30 cm entre plantas y 60 cm entre surcos	1302,53 cm <sup>2</sup>	B

El cuadro 11 se puede observar como promedio mayor a la densidad  $a_3 = 60$  cm entre surcos y 70 cm entre plantas con una cobertura de 2221,51 cm<sup>2</sup>, seguida de la densidad  $a_2 = 60$  cm entre surcos y 50 cm entre plantas que logró una cobertura de 2133,71 cm<sup>2</sup>, ambas coberturas no fueron diferentes entre sí, pero significativamente superiores a la densidad  $a_1 = 60$  cm entre surcos y 30 cm entre plantas obtuvo el menor promedio del experimento con 1302,54 cm<sup>2</sup> cobertura de vegetal de la planta de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro.

Como se puede apreciar en los resultados la densidad  $a_3$ , presentó la mayor cobertura vegetal del experimento, esto debido a que existió mayor espacio entre las plantas lo que propició un mayor crecimiento, en comparación con las densidades  $a_1$  y  $a_2$ , que presentaron menores coberturas por estar más pobladas y existir una competencia de espacio entre ellas, llegando inclusive a unirse entre plantas en la densidad  $a_1$ . Por su parte (Holle, 1985) menciona que, mayores densidades de poblaciones contribuyen lógicamente a interceptar mayor cantidad de radiación solar permitiendo que sea alcanzada más rápidamente la cobertura total del suelo.

### 5.4.3.2 Fertilización con humus

El efecto principal del nivel de fertilización con humus también mostró diferencias estadísticas a un nivel del 5 % de significancia tal como se muestra en el análisis de varianza y para demostrar cual de los niveles del factor fertilización reportó mayor cobertura vegetal de planta para el cultivo de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, se realizó la prueba de Dunnett, que se puede apreciar en el Cuadro 12.

**Cuadro 12. Prueba de Dunnett para la cobertura vegetal respecto a la fertilización con humus de lombriz**

Comparación de promedios	Diferencia	Dunnett
10 t·ha <sup>-1</sup> con 0 t·ha <sup>-1</sup> de humus de lombriz	1749,3 – 1308,6 = 440,7	228,5 *
5 t·ha <sup>-1</sup> con 0 t·ha <sup>-1</sup> de humus de lombriz	1699,8 – 1308,6 = 391,2	228,5 *

La cobertura vegetal más baja resultó de la no aplicación de humus de lombriz obteniéndose un promedio de 1308,62 cm<sup>2</sup>, seguida del nivel b<sub>2</sub> = 5 t·ha<sup>-1</sup> con 1699,8 cm<sup>2</sup>, y la más sobresaliente fue reportada por el nivel de humus b<sub>3</sub> = 10 t·ha<sup>-1</sup> que logró un promedio de 1749,34 cm<sup>2</sup>.

El resultado revela una vez más que, el humus aplicado como fertilizante al suelo, ejerció influencia positiva sobre la cobertura vegetal de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, ya que el humus le aportó nutrientes esenciales para la expansión de la misma, y se observó que a mayor presencia del fertilizante orgánico se tuvo una mayor cobertura vegetal.

Respecto a ello, (Compagnoni, 1995) menciona que, el empleo del humus de lombriz en la floricultura favorece a la absorción paulatina, según las exigencias de las plantas a lo largo de todo el período de cultivo y además, contribuyen a mejorar la mezcla de nutrientes desde el punto de vista físico.

### 5.4.3.3 Interacción densidad de trasplante y humus

En cuanto a la interacción de factores para la presente variable, no se encontró diferencias estadísticas al 5 % de incertidumbre, lo que demuestra una clara independencia de los mismos. Es decir que en distintos niveles de humus de lombriz las densidades de trasplante se comportaron de manera similar, destacándose la densidad  $a_2$ , y el nivel de humus  $b_3$ ; como se apreció en el análisis de los efectos principales.

### 5.4.4 Diámetro del disco floral

El diámetro del disco floral fue una variable que no presentó diferencias entre las plantas de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, tal como lo muestra su análisis de varianza del Cuadro 13.

**Cuadro 13. Análisis de varianza para diámetro del disco floral en cm**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr
Bloque	2	0,0253	0,0126	2,89	0,1672 ns
Densidad de trasplante	2	0,0164	0,0082	1,87	0,2664 ns
Error de parcela principal	4	0,0175	0,0044		
Fertilización con humus	2	0,0318	0,0159	21,23	0,0001 **
Interacción (Densidad x humus)	4	0,0027	0,0007	0,91	0,4885 ns
Error experimental	12	0,0090	0,0007		
Total	26	0,1026	0,0039		

C.V. = 3,21 %                      Prom. = 0,85 cm

El diámetro del disco floral reveló un coeficiente de variación aceptable del 3,21 % significando que el manejo experimental fue eficiente, y los datos son confiables, por estar debajo del 30 % recomendado para trabajos de campo, asimismo, estos datos muestran normalidad y homogeneidad de varianzas, que son requisitos exigidos para la aplicación del diseño experimental, (Calzada, 1970). Por otra

parte el promedio general del experimento fue 0,85 cm de diámetro. Este promedio refleja un comportamiento similar por presentarse escasas diferencias alrededor del mismo, por ello no se apreciaron diferencias estadísticas en la fuentes de variación estudiadas, siendo más que nada una característica propia de la especie.

De acuerdo al Cuadro 13 de análisis de varianza del diámetro del disco floral del piretro se observa que, no existieron diferencias significativas entre bloques, lo cual demuestra que esta variable no fue afectada por la fuente de variabilidad atribuida a la pendiente en el terreno, (Calzada, 1974).

#### 5.4.4.1 Densidad de trasplante

El efecto principal de densidades de trasplante, no muestra diferencias significativas al 5 %, esto por tratarse de una característica anatómica y que difícilmente puede variar bajo las condiciones en las que se cultivó, es decir no es influenciada por el número de plantas por superficie.

#### 5.4.4.2 Fertilización con humus

El efecto del nivel de fertilización con humus fue el único que mostró diferencias estadísticas al 5 % de significancia. Por tanto se puede afirmar que, el humus influye en el diámetro del disco floral en el piretro.

Cuadro 14. Prueba de Dunnett para el diámetro del disco floral respecto a la fertilización con humus de lombriz

Comparación de promedios	Diferencia	Dunnett
10 t·ha <sup>-1</sup> con 0 t·ha <sup>-1</sup> de humus de lombriz	0,88 cm – 0,80 cm = 0,063 cm	0,032 *
5 t·ha <sup>-1</sup> con 0 t·ha <sup>-1</sup> de humus de lombriz	0,87 cm – 0,80 cm = 0,08 cm	0,032 *

El Cuadro 14 reportó como mejor nivel  $b_3 = 10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de humus de lombriz, con 0,88 cm de diámetro y como la segunda  $b_2 = 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  que logró 0,867 cm de

diámetro, pero el nivel  $b_3$  no fue estadísticamente superior al nivel de humus  $b_2$ . En cambio el nivel de humus  $b_1 = 0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , fue la de menor diámetro con 0,80 cm. Esto demuestra que la incorporación del humus es importante para el aumento del diámetro del disco floral de la planta de piretro, y existió una respuesta favorable al incremento del fertilizante orgánico por una mayor expansión celular y por ende de los tejidos de planta, así se obtuvieron diámetros mayores con los niveles 5 y 10  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de humus de lombriz. Al respecto, (Ocampo,1999), señala que el humus de lombriz proporciona a la planta todas las sustancias nutritivas para su desarrollo y máximo rendimiento. Es un fertilizante orgánico asimilable por las plantas, que puede ser suministrado con garantía porque aun colocando en exceso no “quema” a la especie. También poseen buen porcentaje de Nitrógeno, Potasio, Carbono. Contienen además altas concentraciones auxinas que son las hormonas para el crecimiento de las plantas.

#### **5.4.4.3 Interacción densidad de trasplante con humus**

En cuanto a la interacción del factor densidad de trasplante con el factor fertilización con humus de lombriz, no presentó diferencias significativas al 5 % de riesgo, lo que demuestra la independencia de los factores, esto por tratarse de una característica anatómica de la planta de piretro la cual se mantiene casi constante hasta llegar al momento de la cosecha.

### 5.4.5 Número de inflorescencias por planta

Esta variable, contribuyo en gran manera al estudio de la especie de la planta de piretro, desde el punto de vista de la cantidad de inflorescencia que presenta cada mata. Los detalles se presentan en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Análisis de varianza para número de inflorescencias por planta

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr	
Bloque	2	11105,05	5552,5	11,48	0,022	*
Densidad de trasplante	2	12497,5	6248,7	12,93	0,018	*
Error de parcela principal	4	1933,8	483,5			
Fertilización con humus	2	2887,3	1443,7	9,19	0,003	*
Interacción (Densidad x humus)	4	567,7	141,9	0,90	0,492	ns
Error experimental	12	1884,6	157,05			
Total	26	30876,1	1187,5			

C.V. = 8,2 %                      Prom. = 152,41  
 inflorescencias/planta

De acuerdo al cuadro de análisis de varianza del número de botones por planta se demuestra que, existieron diferencias significativas entre bloques, lo cual indica que la fuente de variabilidad, pendiente se manifestó en el modelo, ganando eficiencia. El coeficiente de variación del 7,52 % indica que los datos obtenidos son confiables y el buen manejo del experimento por estar por debajo de los 30 % exigidos para trabajos de campo, según (Calzada, 1970). El promedio general de 152,41 botones por planta se puede atribuir a que en el experimento existió tres densidades diferentes, existieron datos extremos que fueron analizados específicamente mediante los promedios de los efectos principales de los factores en estudio.

#### 5.4.5.1 Densidad de trasplante

Las densidades de trasplante, muestran diferencias significativas al 5 % de riesgo, esto demuestra que este factor ejerció influencia sobre esta variable, para un mejor análisis se procedió a la prueba de Duncan del Cuadro 16.

**Cuadro 16. Prueba de Duncan para el número de inflorescencias por planta en las densidades de trasplante**

Densidad de trasplante	Promedio	Duncan
50 cm entre plantas y 60 cm entre surcos	182,6 Inflorescencias/planta	A
30 cm entre plantas y 60 cm entre surcos	140,9 Inflorescencias/planta	A
70 cm entre plantas y 60 cm entre surcos	133,8 Inflorescencias/planta	B

En el Cuadro 16 se muestra el análisis de Duncan para los promedios obtenidos en las tres densidades de trasplante, reportándose como mejor promedio a la densidad  $a_2 = 60$  cm entre surcos y 50 cm entre plantas, con 182,6 inflorescencias por planta, seguido de  $a_1 = 60$  cm entre surcos y 30 cm entre plantas con 140,9 inflorescencias, en cambio la densidad  $a_3 = 60$  cm entre surcos y 70 cm entre plantas obtuvo el promedio más bajo con 133,8. Como se observa en los resultados la densidad más apropiada para el experimento fue la  $a_2$ , esto se explica a que no existió competencia por espacio físico, nutrientes y dando lugar al desarrollo de los tallo florales y por ende a un mayor número de inflorescencias.

Al respecto, (SESA, 1994) menciona que al estar las plantas más juntas entre sí, existe competencia y retardo en el desarrollo floral. Asimismo, (Holle, 1985), sostiene que una alta población significa un efecto competitivo por la luz y agua.

#### 5.4.5.2 Fertilización con humus de lombriz

El efecto del nivel de fertilización con humus mostró diferencias estadísticas al 5 % de significancia, se realizó la prueba de Dunnett del Cuadro 17.



**Cuadro 17. Prueba de Dunnett para el número de inflorescencias por planta respecto a la fertilización con humus de lombriz**

Comparación de promedios	Diferencia	Dunnett
10 t·ha <sup>-1</sup> con 0 t·ha <sup>-1</sup> de humus de lombriz	165,9 – 140,8 = 25,1	14,7 *
5 t·ha <sup>-1</sup> con 0 t·ha <sup>-1</sup> de humus de lombriz	150,4 – 140,8 = 9,4	14,7 NS

Mediante el Cuadro 17 se pudo evidenciar que el nivel  $b_1 = 0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de humus de lombriz, dio un promedio de 140,8 seguida de  $b_2 = 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  con 150,4, y el mayor reportado en el experimento fue de  $b_3 = 10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de humus de lombriz que logró 165,9 inflorescencias por planta. Los resultados que se obtuvieron muestran que a un incremento de humus de lombriz, existió un mayor desarrollo de inflorescencias en las plantas, en cambio con el nivel de humus  $0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  se obtuvo una menor cantidad de éstas, posiblemente debido a la insuficiencia de sustancias para el desarrollo de las plantas contenidas en el humus de lombriz.

Al respecto, (Pineda, 1994) menciona que una mejor asimilación de los nutrientes del suelo de cultivo obedece básicamente a una eficiente dosificación de humus de lombriz. Asimismo, Ocampo (1999), menciona que el humus de lombriz contiene concentraciones de hormonas de crecimiento en las plantas y capaz de mantener la humedad durante un espacio de tiempo prolongado.

#### **5.4.5.3 Interacción de la densidad de trasplante con el humus de lombriz**

En cuanto a la interacción del factor densidad de trasplante con el factor fertilización con humus de lombriz respecto a la variable número de botones por planta, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas al 5 % de riesgo, lo que demuestra una independencia de los factores, es decir que se mantiene el comportamiento de los niveles de un factor respecto al cambio de nivel del otro factor. Por ello no se procedió al análisis de efectos simples.

## 5.5 Contenido de piretrinas

De acuerdo a los análisis de laboratorio del PROGRAMA AGROQUÍMICO de la Universidad Mayor de San Simón de la ciudad de Cochabamba, se obtuvo los datos por tratamiento que se aprecian en la Figura 4.

### Fig. 4. Contenido de piretrinas por tratamientos

En la Figura 4 de contenido de piretrinas se puede observar que el máximo porcentaje de piretrinas se obtuvo con el tratamiento a3 = 60 cm entre surcos y 70 cm entre plantas con el nivel de humus b3 de 10 t ha<sup>-1</sup>, con 1,16 % de piretrinas.

Por otra parte, se puede evidenciar que el contenido más bajo de piretrinas contenidas en las flores del piretro, se obtuvo del tratamiento que resulta de la combinación de 60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas con 0 t(ha<sup>-1</sup> de humus.

Cabe recalcar que todos los tratamientos que no se incorporó humus tuvieron los contenidos más bajos de el experimento, inclusive en relación con los obtenidos

en Cochabamba cuyo menor valor es del 1,1 % en piretrinas (Programa Agroquímico, 1987), no obstante la aseveración del Proyecto piretro en el sentido que, los cultivos de piretro situados entre los 2700 a 3800 m de altitud dan los contenidos más altos de piretrinas inclusive hasta un 2,2 %, no fue así. Sin embargo, también afirman que el desarrollo de las plantas por encima de los 3800 m puede ser afectado negativamente por temperaturas demasiado bajas, esto se puede tomar en cuenta toda vez que el experimento tuvo lugar a 3843 m.s.n.m.

Este porcentaje bajo también se puede atribuir al tiempo de secado de las flores, el mismo que fue muy prolongado, lo cual influyó en un bajo porcentaje de piretrinas en el experimento.

## 5.6 Análisis de costos

### 5.6.1 Descripción de los costos

En el Cuadro 18 se muestra como los costos variables de los tratamientos para una hectárea, afectan al costo total.

**Cuadro 18. Costos de producción para el cultivo de piretro en Bs·ha<sup>-1</sup>**

Descripción	Unidad	Precio	Cant.	Tratamientos								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>COSTOS FIJOS</b>												
<b>Insumos</b>												
Agua para riego	global	50,00	1	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
<b>Herramientas</b>												
Palas	pieza	25,00	20	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Chontillas	pieza	10,00	20	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
<b>Mano de obra</b>												
Preparación del terreno		90,00	1	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
<b>Labores culturales</b>												
Riegos	jornal	25,00	15	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00
Aporques	jornal	25,00	20	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Deshierbes	jornal	25,00	20	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Cosecha	jornal	25,00	20	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
<b>Total costos fijos</b>				<b>2715,00</b>	<b>2715,00</b>	<b>2715,00</b>	<b>2715,00</b>	<b>2715,00</b>	<b>2715,00</b>	<b>2715,00</b>	<b>2715,00</b>	<b>2715,00</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>												
<b>Insumos</b>												
Humus	kg	1,50		0,00	7500,00	15000,00	0,00	7500,00	15000,00	0,00	7500,00	15000,00
Plántulas	unidad	0,6	-	2500,00	2500,00	2500,00	1500,00	1500,00	1500,00	1000,00	1000,00	1000,00
<b>Mano de obra</b>												
Aplicación de humus	jornal	25,00	20	0,00	500,00	1000,00	0,00	500,00	1000,00	0,00	500,00	1000,00
<b>Total costos variables</b>				<b>2500,00</b>	<b>10500,00</b>	<b>18500,00</b>	<b>1500,00</b>	<b>9500,00</b>	<b>17500,00</b>	<b>1000,00</b>	<b>9000,00</b>	<b>17000,00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>5215,00</b>	<b>13215,00</b>	<b>21215,00</b>	<b>4215,00</b>	<b>12215,00</b>	<b>20215,00</b>	<b>3715,00</b>	<b>11715,00</b>	<b>19715,00</b>

Fuente: Elaboración propia

El mayor costo total fue el del tratamiento T<sub>3</sub> = densidad de 60 cm entre surco y 70 cm entre plantas con 10 t·ha<sup>-1</sup> de humus, con 21215,00 Bs ha<sup>-1</sup>, y como tratamiento con menor costo se ubica el T<sub>7</sub> = densidad de 60 cm entre surco y 30 cm entre plantas con 0 t·ha<sup>-1</sup> de humus, con 3715,00 Bs ha<sup>-1</sup>.

## 5.6.2 Beneficios netos

Los resultados del análisis económico realizado en el cultivo de piretro, considerando los beneficios netos se presentan en el Cuadro 17.

**Cuadro 19. Comparación de los beneficios netos de los tratamientos**

Tratamiento	Rendimiento kg·ha <sup>-1</sup>		Beneficio bruto Bs·ha <sup>-1</sup>	Costo total Bs·ha <sup>-1</sup>	Beneficio Neto Bs·ha <sup>-1</sup>
	Medio	Ajustado			
1 Densidad 60 × 30 cm con 0 t de humus·ha <sup>-1</sup>	213,3	192,0	3647,40	5215,00	-1567,60
2 Densidad 60 × 30 cm con 5 t de humus·ha <sup>-1</sup>	1347,7	1212,9	23045,67	13215,00	9830,70
3 Densidad 60 × 30 cm con 10 t de humus·ha <sup>-1</sup>	1391,0	1251,9	23786,10	21215,00	2571,10
4 Densidad 60 × 50 cm con 0 t de humus·ha <sup>-1</sup>	317,0	285,3	5420,70	4215,00	1205,70
5 Densidad 60 × 50 cm con 5 t de humus·ha <sup>-1</sup>	1759,0	1583,1	30078,90	12215,00	17863,90
6 Densidad 60 × 50 cm con 10 t de humus·ha <sup>-1</sup>	1825,3	1642,8	31212,63	20215,00	10997,60
7 Densidad 60 × 70 cm con 0 t de humus(ha-1	147,7	132,9	2525,70	3715,00	-1189,30
8 Densidad 60 × 70 cm con 5 t de humus(ha-1	1054,3	948,9	18028,53	11715,00	6313,50
9 Densidad 60 × 70 cm con 10 t de humus(ha-1	1011,0	909,9	17288,10	19715,00	-2426,90

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 19 se muestra el rendimiento medio obtenido para cada tratamiento convertido a una hectárea, posterior a ello se observa este mismo pero reducido en 10 %, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el productor podría obtener con la implementación de los tratamientos, al respecto el CIMMYT (1988) como regla general aplica un ajuste del 5 al 30 %, y para el trabajo de investigación se redujo un 5 % porque se efectuó un manejo dedicado del cultivo y un 5 % debido a que se realizó una

cosecha sin pérdidas del producto haciéndose un 10 % de ajuste.

Asimismo, se observan los beneficios brutos de campo, calculados a partir del producto del rendimiento ajustado y el precio de venta por kg de flores secas de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro de 19,00 Bs. La penúltima columna muestra el total de costos de producción para cada tratamiento, tomándose en cuenta los costos por la compra de plántulas de almácigo, el humus y gastos derivados de su aplicación, descritos en detalle en el Cuadro 16. La última columna es sin duda la más importante porque muestra claramente como los tratamientos van diferenciándose, y como el caso de T1, T7 y T9 que reportan beneficios negativos, de los rendimientos bajos. Lo que no ocurre con el T5 y T6 que son los más beneficiosos, debido fundamentalmente a sus altos rendimientos

### 5.6.3 Análisis de dominancia

En el Cuadro 20 se pueden apreciar los tratamientos dominados y los tratamientos no dominados.

Cuadro 20. Análisis de dominancia de los tratamientos para el cultivo de piretro

	Tratamiento	Costo total Bs ha <sup>-1</sup>	Beneficio Neto Bs ha <sup>-1</sup>	
7	Densidad 60 × 70 cm con 0 t de humus·ha <sup>-1</sup>	3715,00	-1189,30	Dominado
4	Densidad 60 × 50 cm con 0 t de humus·ha <sup>-1</sup>	4215,00	1205,70	No dominado
1	Densidad 60 × 30 cm con 0 t de humus·ha <sup>-1</sup>	5215,00	-1567,60	Dominado
8	Densidad 60 × 70 cm con 5 t de humus·ha <sup>-1</sup>	11715,00	6313,50	No dominado
5	Densidad 60 × 50 cm con 5 t de humus(ha-1)	12215,00	17863,90	No dominado
2	Densidad 60 × 30 cm con 5 t de humus(ha-1)	13215,00	9830,70	Dominado
9	Densidad 60 × 70 cm con 10 t de humus(ha-1)	19715,00	-2426,90	Dominado
6	Densidad 60 × 50 cm con 10 t de humus(ha-1)	20215,00	10997,60	Dominado
3	Densidad 60 × 30 cm con 10 t de	21215,00	2571,10	Dominado

humus(ha-1)			
-------------	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 20 se observa que los tratamientos se hallan en orden creciente según sus costos, los tratamientos T7= Densidad 60 × 70 cm con 0 t de humus(ha-1, T1= Densidad 60 × 30 cm con 0 t de humus(ha-1, T2= Densidad 60 × 30 cm con 5 t de humus(ha-12, T9= Densidad 60 × 70 cm con 10 t de humus(ha-1 , T6= Densidad 60 × 50 cm con 10 t de humus(ha-1, y T3= Densidad 60 × 30 cm con 10 t de humus(ha-1, son dominados, significando que sólo existen tres tratamientos con mayores beneficios netos en relación a tratamientos con mayor costo que son; T4= Densidad 60 × 70 cm con 0 t de humus(ha-1, T8= Densidad 60 × 30 cm con 0 t de humus(ha-1, T5= Densidad 60 × 30 cm con 5 t de humus(ha-1. Al respecto el (CIMMYT, 1988), señala que cuando se tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos más bajos se trata de un tratamiento dominado.

En el presente caso al utilizar 10 t de humus(ha-1 se incurre en mayores costos variables, ello afecta al costo total resultando una ganancia menor e inclusive pérdidas al emplear estas alternativas de producción de piretro.

#### 5.6.4 Análisis Marginal

En el análisis marginal del Cuadro 21, se puede evidenciar que ya no se encuentra los tratamientos que reportan pérdida de la cantidad invertida.

Cuadro 21. Análisis marginal

Tratamiento		Costo Total Bs ha <sup>-1</sup>	Costo Marginal	Beneficio Neto Bs ha <sup>-1</sup>	Beneficio Marginal	Tasa de retorno marginal (TRM %)
4	60 cm surcos, 50 cm plantas y 0 t·ha <sup>-1</sup>	4215,00		1205,70		
8	60 cm surcos, 70 cm plantas y 5 t·ha <sup>-1</sup>	11715,00	7500,00	6313,50	5107,80	68,1 %
			500,00		11550,40	2310,1 %

5	60 cm surcos, 50 cm plantas y 5 t·ha <sup>-1</sup>	12215,00	17863,90		
---	--	----------	----------	--	--

Fuente: Elaboración propia

Este análisis reveló una tasa de retorno marginal TRM máxima del 2310,1 %, que significa que el beneficio neto aumenta 23,1 veces con relación al incremento de costos entre los tratamientos T<sub>8</sub> y T<sub>5</sub>. Asimismo, se observó al pasar de T<sub>4</sub> al T<sub>8</sub>, el beneficio aumenta en 0,68 unidades en relación a los costos al respecto, (CIMMYT, 1988) indica que el análisis marginal consiste en comparar los incrementos en beneficios y los incrementos en costos por las agregaciones que se hacen en los ensayos de campo, para revelar la manera en que los beneficios netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida crece. Para el presente caso los costos jugaron un papel fundamental en la TRM, porque al emplear humus la inversión es mayor pero la ganancia se incrementa notablemente por los altos rendimientos. Por ello la mejor alternativa de todas será la del tratamiento T<sub>5</sub>, en función al beneficio por cantidad invertida ya que se encuentra dentro de la tasa de retorno del productor que es del 100 %.

### 5.6.5 Relación beneficio / costo

Mediante el análisis del Cuadro 22, se pudo apreciar los tratamientos por hectárea que son aceptables y los que se deberán rechazar.

Cuadro 22. Relaciones beneficio / costo de los tratamientos

N	Tratamiento	Beneficio bruto Bs ha <sup>-1</sup>	Costo total Bs ha <sup>-1</sup>	Relación b / c
1	Densidad 60 × 30 cm con 0 t de humus·ha <sup>-1</sup>	3648,00	5215,00	<b>0,70</b>
2	Densidad 60 × 30 cm con 5 t de humus·ha <sup>-1</sup>	23045,67	13215,00	<b>1,74</b>
3	Densidad 60 × 30 cm con 10 t de humus·ha <sup>-1</sup>	23786,10	21215,00	<b>1,12</b>
4	Densidad 60 × 50 cm con 0 t de humus·ha <sup>-1</sup>	5420,70	4215,00	<b>1,29</b>
5	Densidad 60 × 50 cm con 5 t de humus·ha <sup>-1</sup>	30078,90	12215,00	<b>2,46</b>
6	Densidad 60 × 50 cm con 10 t de humus·ha <sup>-1</sup>	31212,63	20215,00	<b>1,54</b>
7	Densidad 60 × 70 cm con 0 t de humus·ha <sup>-1</sup>	2525,10	3715,00	<b>0,68</b>
8	Densidad 60 × 70 cm con 5 t de humus·ha <sup>-1</sup>	18028,53	11715,00	<b>1,54</b>



9	Densidad 60 x 70 cm con 10 t de humus·ha <sup>-1</sup>	17288,10	19715,00	<b>0,88</b>
---	--	----------	----------	-------------

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se puede evidenciar que al emplear el tratamiento T<sub>1</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>9</sub> se incurrió en pérdidas de las cantidades invertidas porque este valor fue inferior a la unidad. En el T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> con 1,12 y 1,29 respectivamente, se aprecia una leve superioridad respecto a la unidad, es decir que se recuperó la inversión, pero no se obtuvo la mejor ganancia del experimento, misma que si ocurrió en los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub> y T<sub>8</sub> con 1,74; 2,46; 1,54 y 1,54 respectivamente, ya que son ampliamente superiores a la unidad lo que significa que, si se utilizan éstas alternativas por cada unidad monetaria invertida en la actividad se recupera la inversión, mas una ganancia de 0,74; 1,46; 0,54; y 0,54 unidades monetarias respectivamente, esto porque los rendimientos obtenidos varían al multiplicarlos por el precio de venta único de 19,00 Bs, reportan las diferencias mencionadas.

### **Fig. 5. Curva de beneficios netos de los tratamientos**

En la curva de beneficios netos, se puede apreciar que el tratamiento con mayor beneficio neto fue el T<sub>5</sub>, correspondiente a 60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas con 5 t·ha<sup>-1</sup> de humus, seguido por el T<sub>6</sub> 60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas con 10 t·ha<sup>-1</sup> de humus. La diferencia entre ellos fue de 6866,90 Bs.

Además por debajo de estos se encuentran los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> con 9830,70; 6313,50; 2571,10; 1205,70 Bs respectivamente.

Cabe recalcar que los demás tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>9</sub> reportaron valores negativos de beneficios netos, en el caso del T<sub>1</sub> y T<sub>7</sub> por su bajo rendimiento y en el caso del T<sub>9</sub> además del rendimiento por su alto costo ya que se emplea 10 t de humus de lombriz por hectárea, por lo que se puede afirmar que éstos son económicamente inviables.

## **6 CONCLUSIONES**

Luego del análisis estadístico y económico se llegó a concluir que:

### **Referente a la aplicación de humus de lombriz:**

El aporte suplementario del humus fue favorable para el cultivo de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro. El mejor promedio fue 10 t de humus·ha<sup>-1</sup> con 1,41 t·ha<sup>-1</sup> en materia seca de flores de piretro. Dicho promedio no fue estadísticamente superior al nivel de 5 t de humus·ha<sup>-1</sup> que alcanzó 1,39 t·ha<sup>-1</sup>, lo que indica que este último fue inferior en 0,02 t·ha<sup>-1</sup> que son 20 kg(ha-1. En cambio el nivel 0 t(ha-1 de humus mostró un promedio muy inferior de 0,23 t(ha-1 diferente en 1,18 t(ha-1 del nivel 10 t(ha-1. Esto se atribuye a la calidad del fertilizante orgánico por estar disponible casi inmediatamente para la planta.

La altura de planta del cultivo de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, fue favorecida con la fertilización con humus de lombriz, de tal modo que se obtuvieron promedios de 65,4 y 67,02 cm obtenidos por los niveles de 5 y 10 t de humus(ha-1 respectivamente, en cambio con el nivel 0 t(ha-1, se obtuvo 63,8 cm.

La cobertura vegetal estuvo influenciada por la aplicación del humus de lombriz y se manifestó con los promedios de: 5 t(ha-1 que logró 2499,8 cm<sup>2</sup>, el más

sobresaliente fue el nivel de 10 t(ha-1 con 2549,34 cm<sup>2</sup>, el nivel de humus 0 t de humus·ha<sup>-1</sup> fue el más bajo de todo el experimento por que obtuvo 2108,62 cm<sup>2</sup>.

El diámetro del disco floral fue afectado por la aplicación suplementaria de humus de lombriz al suelo, es así que, se tuvo una mejor respuesta a la fertilización de 10 t·ha<sup>-1</sup> con un promedio de 0,88 mm de diámetro, seguido del nivel 5 t·ha<sup>-1</sup> que logró 0,86 mm y por debajo de ellos con 0,80 el nivel sin fertilización.

La aplicación del fertilizante no ejerció influencia en el número de inflorescencias por planta, es decir sólo afectó al peso y tamaño de las mismas.

### **Referente a la densidad de trasplante:**

Cultivar piretro bajo una densidad 60 cm entre surco y 50 cm entre planta, fue superior respecto al rendimiento, llegando a un promedio de 1,30 t·ha<sup>-1</sup> en materia seca, con 60 cm entre surco y 30 cm entre plantas se obtuvo 0,98 t·ha<sup>-1</sup>. De la misma forma, la densidad 60 cm entre surco y 70 cm entre plantas sólo alcanzó 0.74 t·ha<sup>-1</sup>,

Se pudo observar que en la densidad más poblada se obtuvo menor rendimiento debido a que existe poco espacio, lo opuesto ocurre en la más espaciada en la que se puede decir que existe una pérdida de superficie de cultivo. En cambio con un espacio apropiado el rendimiento es alto.

La densidad de trasplante tuvo influencia en la altura de planta. Se reportó como mejor promedio 60 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, con 66,7 cm, seguido de 60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas, que logró 65,8 cm, en cambio la densidad 60 cm entre surcos y 70 cm entre plantas fue bajo con 63,7 cm.

La cobertura vegetal fue afectada por las densidades de trasplante. Se presentó como promedio mayor a la densidad 60 cm entre surcos y 70 cm entre plantas

con 2521,51 cm<sup>2</sup>, seguida de la densidad 60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas que logró 2433,71 cm<sup>2</sup>, ambas no fueron significativamente diferentes entre sí, pero superiores a la densidad 60 cm entre surcos y 30 cm entre plantas que obtuvo el menor promedio del experimento con 2202,54 cm<sup>2</sup>.

El diámetro del disco floral no fue afectado por la densidad de trasplante, se observaron valores muy próximos al promedio general obtenido de 0,85 mm

En el número de inflorescencias por planta no fue influenciado por las densidades de trasplante. Por lo que se alcanzaron promedios de 173,31 inflorescencias por planta con 60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas, seguida de la densidad 60 cm entre surcos y 30 cm entre plantas que logró 171,98, en cambio la densidad 60 cm entre surcos y 70 cm entre plantas obtuvo el promedio más bajo del experimento con 147,7 inflorescencias.

#### **Referente a la interacción de los factores:**

Existió interacción entre los factores de estudio, es así que los más altos rendimientos en materia seca fueron de 10 ton·ha<sup>-1</sup> de humus asociado con la densidad de trasplante 60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas de la que se obtuvo un promedio de 1,825 t·ha<sup>-1</sup> en materia seca, diferente a 5 t·ha<sup>-1</sup> de humus con la densidad 60 cm entre surcos y 50 cm plantas cuyo rendimiento fue 1,759 ton·ha<sup>-1</sup> en materia seca de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro.

En cambio para la altura de planta, cobertura vegetal, diámetro de inflorescencia y número de inflorescencias por planta no existió interacción significativa. Lo que demuestra una independencia de los factores en estudio.

#### **Referente al contenido de piretrinas:**

Se evidenció respuesta por parte de la especie a las variaciones de densidad de trasplante y nivel de humus aplicado, toda vez que el mayor contenido de piretrinas se obtuvo con la densidad 60 cm surcos y 70 cm plantas que pertenece al nivel de humus 10 t·ha<sup>-1</sup>. Asimismo, la relación porcentual en promedio de piretrinas en las flores fue similar a lo obtenido en regiones productoras del país como Cochabamba.

El contenido de piretrinas no superó el máximo reportado en los lugares tradicionales de producción, a pesar de la altitud 3843 m.s.n.m. en la que se llevó a cabo el trabajo de investigación, es decir que no se incrementó el contenido de piretrinas con la altura

#### **De acuerdo al análisis de costos:**

Los tratamientos económicamente dominados fueron: T<sub>7</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>6</sub>, y T<sub>3</sub>, por presentar elevados costos en comparación con sus beneficios netos. Sin embargo, el T<sub>4</sub>, T<sub>8</sub> y T<sub>5</sub> presentaron beneficios aceptables, por lo que realizando una comparación económica se puede adoptar el tratamiento T<sub>5</sub>= Densidad 60 × 50 cm con 5 t de humus·ha<sup>-1</sup>. con el que se ahorra en los costos de producción y se obtiene un altos rendimientos de flores del piretro.

Se superó la tasa de retorno marginal mínima aceptable del 100 % con el tratamiento T<sub>5</sub> 60 cm surcos, 50 cm plantas y 5 t·ha<sup>-1</sup> en 2310,1 %.

De las relaciones beneficio costo que fueron aceptables y superiores a la unidad. La mejor correspondió a 5 t·ha<sup>-1</sup> de humus, combinada a una densidad de trasplante 60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas con 2,46, empero se puede destacar también a T<sub>2</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>3</sub> correspondientes a 1,74, 1,54, 1,29 y 1,12 respectivamente.

Las relaciones beneficio / costo no aceptables fueron T<sub>1</sub>, T<sub>7</sub> Y T<sub>9</sub> que reportaron valores inferiores a la unidad en el orden de 0,70, 0,68 y 0,88 respectivamente.

## 7 Recomendaciones

A través de las evaluaciones de campo del trabajo de investigación y los análisis realizados se puede recomendar la utilización de una densidad de trasplante de 60 cm entre surco y 50 cm entre planta y acompañado de una fertilización con humus de lombriz del nivel de 5 t ha<sup>-1</sup>, en el que se obtuvieron altos rendimientos en condiciones experimentales para la zona de Khasa Achuta

Repetir la experiencia del presente trabajo de investigación, con el fin de validar los resultados obtenidos, en las densidades de trasplante de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, asociado con dosis de humus de lombriz.

Es conveniente también seguir la investigación orientada a otros factores que coadyuven a encontrar un nivel apropiado de rendimiento. Asimismo, de contenido de piretrinas de las flores de (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trev.) Vis.) piretro, como también la incursión en sustitutos del humus de lombriz que si bien proporciona resultados altos tiene la inconveniencia de ser costoso cuando se trata de un productor a pequeña escala de este cultivo.

## 8 LITERATURA CITADA

AOPEB. 1998. Abonos orgánicos, tipos, preparación y aplicación. 3 ed. La Paz Bol., Asociación de Organizaciones de Productores Ecológicos de Bolivia. p. 10–13.

BUXADE, C. 1997 Zootecnia bases de producción animal Tomo XII Barcelona España., MUNDI-PRENSA. p 373.

CALZADA, B. J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. 3ed. Lima, Perú. pp. 482.

CARRION, E. J. 1986. El piretro para exterminar insectos. 2 ed. La Paz, Bol., Ministerio de Asuntos Campesinos. 16 p.

CASIDA, J. E. 1973 Pyrethrum: The Natural Insecticide. New York Academic Press. New York, USA,. Pp 18-311

CIMMYT. (1988). Manual metodológico de evaluación económica. EE.UU., Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. pp. 15-32.

- CHILÓN, C. E. 1997. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. La Paz Bol., Centro Internacional De Agricultura Tropical. p. 88–103.
- COMPAGNONI, L. 1995. Cría Moderna de las Lombrices y Utilización Rentable del Humus. DE VECCHI s.a., Barcelona España. pp. 115 – 127.
- CREMLYN, R. 1992. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. 2 ed. Méx., LIMUSA p. 36–75.
- DELHAYE, R. J. 1973 Note Préliminaire sur la Biologie Flórale et sur la Fecundatiodirigée du Pyrétre *Chrysanthemum cinerariaefolium*: In Bolletin Agricole du Congo. Belge, Bruselles. 67 (5): 1327.
- FERRUZI, C. 1997. Manual de lombricultura. Madrid España, MUNDI-PRENSA. p. 40–96.
- GUERRERO, B. J. 1993. El suelo los abonos y la fertilización de los cultivos. 2 ed. Madrid España, MUNDI-PRENSA. p. 43–45.
- GROS, A. 1991. Abonos guía práctica de la fertilización. 7 ed. Madrid España, MUNDI-PRENSA. p. 115–128.
- HERBOTECNIA, 2003. *Pyrethrum* – (sp del crisantemo). Consultado el 15 de Enero 2005. Disponible en: <http://www.herbotecnia.com>. ar 2003
- HOLLE, M. 1985 Manual de Enseñanza Práctica de Producción de hortalizas, AGRISCO (IICA). San José, Costa Rica. 150 p.
- LARSON, R. A. 1988. Introducción a la Floricultura. 2 ed. México D.F. Méx., A.G.T.. p. 235-236.



- LEIGUE, L. 1991. Insecticidas naturales en base a la flor de piretro. PROCAMPO Revista de desarrollo rural La Paz, Bol. N° 24 p. 38–40.
- LEVY, L.W. 1991. A Large Scale Application of Tissue Culture: The Mass Propagation of Pyrethrum Clones in Ecuador. Ecuador Exp. Bot. Pp 3 - 95
- MACA. 1976. Estudio Analítico del piretro en la Provincia Manco Kapac. La Paz Bol., Ministerio de Asuntos Campesinos. 11 p.
- OCAMPO, G. 1999 Proyecto de factibilidad Técnico-Económico para la producción de humus de lombriz Roja Californiana en el Altiplano de Bolivia La Paz Bol., pp 1-5 y 8-20.
- PEREZ G. F. (1994). Introducción a la Fisiología Vegetal. 2 ed. Barcelona, España. MUNDI-PRENSA. pp. 52.
- PINEDA, M. 1994. Lombricultura, humus de lombriz preparación y uso. 3 ed. Piura Perú, s.n. p. 17–57.
- PESTICIDE POST, 1997. *Pyrethrum* – (sp del crisantemo). Paris Francia, Consultado el 25 de Abril 2001. Disponible en: <http://www.Pyrethrum.com>
- PROCAMPO 1991. Revista de desarrollo Rural; Cultivo de Lombrices “ Fertilizante orgánico para pequeños productores” CID-cdr PROCAMPO Santa Cruz Bol. N° 22, Mayo de 1991. pp 39.
- PROGRAMA AGROQUÍMICO. 1987. Cultivo de Piretro en Bolivia, CORDECO – UMSS. Cochabamba Bolivia,

- PROYECTO PIRETRO, 1993. El piretro y su cultivo. Cochabamba, Bol. UMSS. pp. 1-12.
- RODALE, J. I. 1988. Abonos orgánicos. 2 ed. Buenos Aires Arg., TRESMES. p 278
- RODRÍ GUEZ, S. F. 1989. Fertilidad y nutrición vegetal. México D.F. Méx., A.G.T. p. 33-35.
- SASTRY, K.P. 1961 Effects of different Spacing on the growth and Flower Yield of Pyrethrum *Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis. Central Institute of Medicinal and Aromatic Plants. Kodaikann, Africa. Pyrethrum Post.
- SESA. 1994. Manual silvoagropecuario del servicio agropecuario 3 ed. Cajamarca Perú, Universidad de Cajamarca, UNC. p. 205–207.
- TORRICO, A. A. 1973. Cultivo del piretro en la provincia Manco Kapac. La Paz Bol., Ministerio de Asuntos Campesinos. 37 p.
- TUTIN, V.H., HEYWOOD, N.A., BURGUES, D.M., MOORE, D.H., VALENTINE, S.M., WALTERS AND T.A. Webb. 1976. Flora Europea. Vol 4. Cambridge, University. Press. Cambridge.
- UNCTAD/GATT. 1973 Pyrethrum: a natural insecticide with growth potencial. Abstract for documentation units international trade center. Genova Italia, pp 1-22.