

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



**TESIS DE GRADO**

**RESPUESTA AGRONOMICA DE VARIETADES DE ACELGA  
(*Beta vulgaris var. cicla*) AL ABONAMIENTO ORGÁNICO EN  
CONDICIONES DE AMBIENTE PROTEGIDO EN EL  
MUNICIPIO DE EL ALTO**

**Eloy Hernán Huacani Rivera**

**La Paz - Bolivia  
2013**

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

**RESPUESTA AGRONOMICA DE VARIEDADES DE ACELGA (*Beta vulgaris var. cicla*) AL ABONAMIENTO ORGÁNICO EN  
CONDICIONES DE AMBIENTE PROTEGIDO EN EL MUNICIPIO  
DE EL ALTO**

*Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el Título de  
Ingeniero en Agronomía*

**Eloy Hernán Huacani Rivera**

**Asesores:**

Ing. Elizabeth Callizaya Loza .....

Ing. Jorge Eduardo Oviedo Farfán .....

Ing. Freddy Sabino Rojas Rojas .....

**Tribunal Examinador:**

Ing. Ph. D. Emilio Garcia Apaza .....

Ing. Freddy Porco Chiri .....

Ing. M. Sc. Eduardo Chilon Camacho .....

**Aprobada**

**Presidente Tribunal Examinador** .....

## AGRADECIMIENTOS

Mi superación no habría sido posible sin la educación pública, mi profundo agradecimiento al templo del conocimiento la UMSA.

A mi familia que me brindó su apoyo y confianza en todo momento durante mi carrera hasta la realización del presente trabajo.

A mi Tutor Ing. Elizabeth Callizaya Loza, por el apoyo brindado durante el trabajo de campo, y las sugerencias hechas durante todo el transcurso de la duración de la investigación.

A mis Asesores Ing. Eduardo Oviedo Farfán y Ing. Freddy S. Rojas Rojas por su tiempo, paciencia dedicado, por sus valiosas sugerencias que contribuyeron a enriquecer la redacción del trabajo.

A mis revisores: Ing. M.Sc. Eduardo Chilon Camacho, Ing. Ph. D. Emilio García Apaza y Ing. Freddy Poco Chiri, quienes con sus observaciones y correcciones oportunas hicieron posible la conclusión del presente trabajo.

Al Ing. Juan José- Estrada Paredes Consultor de la FAO, por haberme dado el apoyo y la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación en el proyecto Micro Huertas Populares iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, con recursos del Reino de Belgica.se ejecutó en el Municipio del distrito 7 – El Alto.

Agradezco al personal Docente y Junta Escolar de la Unidad Educativa El Progreso, quienes hicieron posible la investigación facilitándome su propiedad para la parcela experimental y todos aquellas personas que de alguna manera aportaron y colaboraron en el trabajo de campo.

Finalmente quiero agradecer a todos mis compañeros(as), que durante la carrera universitaria me brindaron su apoyo y estímulo hasta la realización del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

*Con el mayor afecto y gratitud a mi familia: Padres Bonifacio Huacani y Antonia Rivera, por cifrar su confianza en la superación de sus hijos, por el esfuerzo que nunca desescatimaron para lograr el éxito.*

*A mis hermanos(as) Elizabeth, Amalia y Hugo quienes depositaron su plena confianza, y me brindaron el respectivo apoyo en todo momento.*

*Y a todos los amigos(as) que compartimos durante la carrera universitaria.*

# I N D I C E

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
	<b>i</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>vii</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>x</b>

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>Pág.</b>
	<b>1</b>

<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA</b>	<b>3</b>
----------------------------------	----------

2.1	Importancia del ambiente protegido	3
2.1.1	Tipos de ambientes protegidos	4
2.1.2	Orientación	4
2.1.3	Temperatura	5
2.1.4	Humedad relativa	5
2.1.5	Luminosidad	5
2.1.6	Ventilación	6
2.2	Características de los abonos orgánicos.	6
2.2.1	Importancia del abono orgánico	7
2.2.2	Características del estiércol de ovino	7
2.3	Características generales de la Turba	10
2.3.1	Importancia de la turba	10
2.4	Generalidades del cultivo de acelga	11
2.4.1	Origen e historia	11
2.4.2	Requerimiento de clima	12
2.4.3	Requerimiento de suelo y fertilización	12
2.4.4	Requerimiento de nutrientes	13
2.4.5	Valor nutritivo	13
2.4.6	Características botánicas y taxonómicas	14
2.4.7	Características botánicas	15

2.4.7.1	Planta	15
2.4.7.2	Sistema radicular	15
2.4.7.3	Hoja	15
2.4.7.4	Flor	15
2.4.7.5	Fruto	16
2.4.8	Época de siembra	16
2.4.9	Densidad de siembra	16
2.4.10	Labores culturales	16
2.4.10.1	Riego	16
2.4.10.2	Aporque	17
2.4.10.3	Escarda	17
2.4.10.4	Plagas y enfermedades	17
2.4.10.5	Cosecha	17
2.4.10.6	Rendimiento	18

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS 19**

---

3.1	Características generales	19
3.1.1	Localización	19
3.1.2	Clima	19
3.1.2.1	Precipitación	21
3.1.2.2	Temperatura	21
3.1.2.3	Época del ensayo	21
3.1.3	Ambiente protegido	21
3.1.3.1	Cubierta (techo) y paredes de la carpa solar	22
3.1.3.2	Ventilación	22
3.1.3.3	Altura de la carpa solar	22
3.1.3.4	Suelo de la carpa solar	22
3.2	Materiales	23
3.2.1	Material vegetal	23
3.2.2	Material orgánico (estiércol ovino)	24
3.2.3	Instrumento de meteorología	24
3.2.4	Equipo sanitario	24

3.2.5	Herramientas de campo	24
3.2.6	Equipo de laboratorio	25
3.2.7	Material de gabinete	25
3.2.8	Insumos	25
3.3	Metodología	25
3.3.1	Ubicación del área de investigación	25
3.3.2	Disposición de las áreas de estudio	25
3.3.3	Muestreo de suelos	26
3.3.4	Preparación del sustrato base	26
3.3.5	Incorporación del estiércol de ovino	26
3.3.6	Siembra	27
3.3.7	Registro de emergencia	27
3.3.8	Trasplante	27
3.3.9	Registro de temperatura y humedad relativa	27
3.3.10	Riego	28
3.3.11	Ventilación del ambiente	28
3.3.12	Prácticas culturales	28
3.3.13	Toma de datos	29
3.3.14	Cosecha	29
3.3.15	Evaluación	30
3.3.16	Análisis Estadístico	30
3.3.16.1	Diseño experimental	30
3.3.16.2	Factores de estudio	30
3.3.16.3	Tratamientos	31
3.3.16.4	Modelo lineal aditivo	31
3.3.17	Características del área experimental	32
3.4	Variables de respuesta	32
3.4.1	Variables fenológicas	32
3.4.2	Variables agronómicas	33
3.4.2.1	Longitud de la hoja	33
3.4.2.2	Número de hojas	33
3.4.2.3	Rendimiento materia verde comercial	33
3.4.2.4	Rendimiento materia seca	33

3.4.3	Análisis Económico	33
3.4.4	Análisis Económico de costos parciales	34
3.4.5	Costos variables (cv)	34
3.4.6	Relación beneficio y costo (B/C)	34

#### **4. RESULTADOS Y DISCUSION 38**

---

4.1	Evaluación climática	38
4.1.1	Temperaturas máximas, mínimas y medias	38
4.2	Riego aplicado	44
4.3	Descripción de la respuesta fenológica	45
4.4	Respuesta de las variables agronómicas	46
4.4.1	Longitud de hoja	46
4.4.2	Número de hojas por planta	52
4.4.3	Rendimiento de materia verde	56
4.4.4	Rendimiento total de materia verde	62
4.4.5	Rendimiento total de materia seca	68
4.4.6	Análisis de correlación múltiple	70
4.4.6.1	Análisis de correlación múltiple para la variedad <i>Fordhook Giant</i>	70
4.4.6.2	Análisis de correlación múltiple para la variedad <i>Penca Blanca</i>	71
4.4.6.3	Análisis de dependencia de las variables	72
4.4.5	Análisis de costos parciales	73

#### **5. CONCLUSIONES 77**

---

#### **6. RECOMENDACIONES 81**

---

#### **7. BIBLIOGRAFIA 82**

---

#### **8. ANEXOS.....85**



## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Análisis físico-químico de la composición del estiércol de ovino	9
Cuadro 2.	Análisis químico y físico de diferentes abonos orgánicos en base a su materia seca	9
Cuadro 3.	Requerimiento de nutrientes del cultivo de acelga	13
Cuadro 4.	Composición nutritiva de la acelga (por 100 g. de producto comestible)	13
Cuadro 5.	Taxonomía de la acelga	14
Cuadro 6.	Características Climáticas de la ciudad del El Alto	19
Cuadro 7.	Dimensiones de la carpa solar	22
Cuadro 8.	Características del suelo de la carpa solar	23
Cuadro 9.	Características de las variedades de acelga	23
Cuadro 10.	Composición química del estiércol de ovino	24
Cuadro 11.	Dimensiones de las áreas experimentales (metros)	25
Cuadro 12.	Preparación del sustrato en proporciones porcentuales	26
Cuadro 13.	Descripción de las características de trasplante	27
Cuadro 14.	Factores de estudio: abono orgánico (estiércol de ovino) y variedades de acelga	30
Cuadro 15.	Tratamientos de estudio: abono (estiércol de ovino y variedades de acelga	31
Cuadro 16.	Características del área experimental	32
Cuadro 17.	Datos climáticos registrados durante la investigación del microclima de la carpa solar y medio externo, Gestión 2007	38
Cuadro 18.	Lámina de riego (La) diario y total aplicado durante la investigación	45
Cuadro 19.	Análisis de varianza para la longitud de hoja en diferentes cosechas del cultivo de la acelga para los efectos de los factores de estudio planteados.	47
Cuadro 20.	Comparación de medias (M. Duncan) para la longitud de hoja en las diferentes cosechas para el factor abonamiento orgánico.	47
Cuadro 21.	Comparación de medias de la longitud de hoja para las variedades de acelga para las diferentes cosechas realizadas.	49

Cuadro 22.	Análisis de efectos simples para la longitud de hoja de la interacción dosis de abono orgánico y variedades de acelga	51
Cuadro 23.	Análisis de varianza del número de hojas alcanzadas a las diferentes cosechas del cultivo de la acelga para los factores de estudio.	53
Cuadro 24.	Comparación de medias (M. Duncan) del número de hojas por planta del cultivo de acelga alcanzadas a las cosechas para el factor abonamiento orgánico.	53
Cuadro 25.	Comparación de medias (M. Duncan) del número de hojas por planta de las variedades de acelga alcanzadas a las diferentes cosechas	55
Cuadro 26.	Análisis de varianza del rendimiento de materia verde alcanzadas a las diferentes cosechas del cultivo de acelga para los factores de estudio planteados.	57
Cuadro 27.	Comparación de medias (M. Duncan) del rendimiento de materia verde del cultivo de acelga alcanzadas a las diferentes cosechas para el factor abonamiento orgánico.	57
Cuadro 28.	Comparación de medias (M. Duncan) del rendimiento de materia verde de las variedades de acelga alcanzadas a las diferentes cosechas	59
Cuadro 29.	Análisis de efectos simples para rendimiento de materia verde para la interacción dosis de abono y variedades de acelga	61
Cuadro 30.	Análisis de varianza del rendimiento total de materia verde de las cinco cosechas del cultivo de acelga para los factores de estudio planteados.	62
Cuadro 31.	Rendimiento total de materia verde de las variedades de acelga bajo efecto de abonamiento orgánico (estiércol)	66
Cuadro 32.	Análisis de efectos simples para rendimiento total de materia verde para la interacción dosis de abono y variedades de acelga	66
Cuadro 33.	Rendimiento total de materia seca de las variedades de acelga bajo efecto de abonamiento orgánico (estiércol)	69
Cuadro 34.	Análisis de correlación múltiple para la variedad <i>Fordhook Giant</i> de las variables: longitud de hoja, número de hojas, largo de lámina, ancho de hoja y Rendimiento total de materia verde.	70

Cuadro 35.	Análisis de correlación múltiple de la variedad Penca Blanca para las variables: longitud de hoja, número de hojas, largo de lámina, ancho de hoja y Rendimiento total de materia verde	71
Cuadro 36.	Grado dependencia de las variables con la variable rendimiento total de materia verde para las variedades de acelga en estudio	72
Cuadro 37.	Análisis económico de la producción parcial del cultivo de acelga	73
Cuadro 38.	Análisis de dominancia para las dosis de abonamiento orgánico y variedades de acelga.	74
Cuadro 39.	Análisis marginal de costos variables para el cultivo de la acelga.	76

### INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Mapa de ubicación del área de estudio	20
Fig. 2.	Croquis Experimental	36
Fig. 3.	Características de la unidad experimental	37
Fig. 4.	Temperaturas promedio de medio interno (microclima) de carpas solares y medio ambiente externo, del periodo de investigación 2007.	39
Fig. 5.	Temperaturas máximas de la etapa de investigación del ambiente interno (microclima) y el ambiente externo, 2007.	40
Fig. 6.	Temperaturas mínimas de la etapa de investigación del ambiente interno (microclima) y el ambiente externo, 2007.	41
Fig. 7.	Humedad relativa promedio de medio interno (microclima) de la carpa solar y medio ambiente externo para el periodo de investigación, 2007.	42
Fig. 8.	Temperaturas máxima, mínima y promedio del microclima de la carpa solar registradas para la etapa de desarrollo del cultivo de acelga, 2007.	43
Fig. 9.	Humedad relativa máxima, mínima y promedio del microclima de la carpa solar registradas para la etapa de desarrollo del cultivo de acelga, 2007.	44
Fig. 10.	Esquema del periodo de desarrollo y manejo del cultivo de la acelga	46
Fig. 11.	Longitudes de hoja alcanzadas a las diferentes cosechas del cultivo de la acelga bajo dosis de abono orgánico	48

Fig. 12.	Longitudes de hoja alcanzadas a las diferentes cosechas de las variedades de acelga.	50
Fig. 13.	Análisis del efecto simple para la longitud de hoja de las variedades de acelga bajo los efectos de dosis de abono orgánico	52
Fig. 14.	Número de hojas alcanzadas a las diferentes cosechas bajo dosis de abono orgánico.	54
Fig. 15.	Número de hojas alcanzadas a las diferentes cosechas de variedades de acelga.	56
Fig. 16.	Rendimiento de materia verde alcanzadas a las diferentes cosechas bajo dosis de abono orgánico.	58
Fig. 17.	Rendimiento de materia verde comercial alcanzado a las diferentes cosechas de las variedades de acelga.	60
Fig. 18.	Análisis del efecto simple para el rendimiento de materia verde de las variedades de acelga bajo el efecto de dosis de abono orgánico.	61
Fig. 19.	Rendimiento de materia verde total del cultivo de la acelga a diferentes dosis de abonamiento orgánico (estiércol ovino)	63
Fig. 20.	Rendimiento total de materia verde comercial de variedades de acelga	65
Fig. 21.	Análisis del efecto simple para el rendimiento total de materia verde de las var. de acelga dentro los efectos de dosis de abono orgánico	67
Fig. 22.	Análisis de regresión lineal del rendimiento total de materia verde de las variedades de acelga bajo los efectos de dosis de abono orgánico	68
Fig. 23.	Rendimiento total de materia seca de las variedades de acelga dentro los efectos de abonamiento orgánico (estiércol)	69
Fig. 24.	Curva de beneficios netos	75
Fig. 25.	Carpa solar de un agua, Unidad Educativa “Progreso” donde se llevo a cabo el trabajo de investigación	93
Fig. 26.	Siembra de cultivo de acelga en almacigo	93
Fig. 27.	Emergencia de cultivo de acelga en almaciguera	94
Fig. 28.	Crecimiento de cultivo de acelga de acuerdo al tratamiento	94
Fig. 29.	Plantas de acelga evaluadas al azar	95
Fig. 30.	Cultivo de acelga durante el experimento	95
Fig. 31.	Cosecha del cultivo de acelga	96

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Calculo de dosis de abonamiento	86
Anexo 2.	Bases de datos	89
Anexo 3	Análisis Económico	91
Anexo 4	Datos Climáticos de la carpa solar y medio externo	92
Anexo 5	Fotos durante el trabajo de investigación	93
Anexo 6	Análisis físico-químico de suelos	97
Anexo 7	Análisis físico-químico de abono	98
Anexo 8	Análisis físico-químico de turba	99

## RESUMEN

Hoy en día la agricultura orgánica adquiere importancia social y económica, por ofrecer productos ecológicos, a diferencia de la agricultura tradicional que presenta problemas de degradación del recurso suelo por el uso inadecuado de agroquímicos; por esta situación se recurre al uso de abonos orgánicos como los estiércoles, que tienen propiedades benéficas para el suelo, cultivo y medio ambiente; son nutritivas y relativamente económicos frente a los fertilizantes minerales; La acelga constituyen la alimentación de las familias por sus cualidades nutritivas y fuente de vitaminas A y C, hierro y otros.

La investigación se realizó en la ciudad de El Alto, del Dpto. de La Paz, entre los paralelos 16° 31' L.S. y 68° 19' L.O., a una altitud 4000 m., que corresponde al ecosistema del Altiplano de clima frígido característico de zonas semi áridas. Con el fin de evaluar la producción de hortalizas de forma sostenible en el Altiplano y en diferentes épocas; se planteo el estudio en ambientes protegidos de dos variedades de acelga (*Fordhook Giant* y *Penca Blanca*) bajo abonamiento orgánico de 0.0, 5.6, y 11.2 tn/ha de acuerdo al contenido de nutrientes del suelo y los requerimientos del cultivo de estudio. Para fines de evaluación de los factores se planteo la investigación bajo un diseño de bloques al azar en parcelas divididas; por el interés de evaluar las variedades de acelga en cada nivel de abonamiento.

Los resultados de microclima del ambiente protegido atenuó las temperaturas mínimas de invierno para la producción del cultivo de acelga; temperaturas que oscilan alrededor de 4 °C para los meses fríos (Mayo a Julio); mientras el ambiente externo tuvo temperaturas mínimas de -6.0 °C en promedio. Estas variaciones de las épocas fueron desde 22.8 °C en Febrero (época húmeda) a 17.0 °C en Junio (época seca) y de similar manera en el ambiente externo desde 9.4 °C en Febrero a 4.0 °C en Julio; situación que influyo en la disminución del rendimiento de MV de las ultimas cosechas.

Las siembras con abono orgánico de 11.6 tn/ha tuvieron longitud de hoja promedio de 30.8 cm, seguida del abonamiento de 5.6 tn/ha con 26 cm y menor longitud (18.7 cm) en siembra sin abono. Las longitudes de hoja disminuyeron significativamente con las cosechas. La variedad *Fordhook Giant* presentó mayor longitud de 30.7 cm frente a la variedad *Penca Blanca* con 19.7 cm; siendo la diferencia de alrededor de 10 cm, atribuida a

las características genéticas y morfológicas de cada variedad. La respuesta en número de hoja de la acelga al abono no presentó significancia y por el contrario fueron diferentes entre las variedades *Fordhook Giant* y *Penca Blanca* con 5 y 4.5 hojas respectivamente.

Las respuestas en rendimiento de materia verde del cultivo de acelga al abonamiento fueron diferentes; al dosis de abono de 11.2 tn/ha se tuvo mayor rendimiento en todas las cosechas con 30.8 tn/ha, seguido del abonamiento de 5.6 tn/ha con rendimientos medio de 26.0 tn/ha y finalmente las siembras sin abono (0.0 tn/ha) tuvo 18.7 tn/ha. Los rendimientos de las variedades fueron diferente en cada cosecha; la variedad *Fordhook Giant* con 30.7 tn/ha frente a la variedad *Penca Blanca* con 19.7 tn/ha; superioridad atribuida a la característica productiva de la variedad. Los rendimientos de las cosechas disminuyeron por la extracción de nutrientes y variaciones climáticas de la época. Los rendimientos totales de materia verde al abonamiento fueron diferentes; es así que con 11.2 tn/ha abono se produjo de 154.3 tn/ha, seguida del abonamiento de 5.6 tn/ha produjo 130.2 tn/ha y sin abono produjo 93.3 tn/ha. El rendimiento comercial de las variedades de acelga fueron diferentes, con mayor rendimiento la variedad *Fordhook Giant* con 153.4 tn/ha frente a la variedad *Penca Blanca* con 98.4 tn/ha; diferencias atribuidas las características varietales, expresadas en un mayor porte, longitud y número de hojas.

La Tasa de Retorno Marginal (TRM) indica lo que el agricultor obtendrá el retorno de su inversión cuando decide cambiar una práctica por otra. El estudio refleja una TRM del 9634 %, al cambiar de costos de siembra de 0.0 tn/ha AO\*FG (T1) a 5.6 tn/ha AO\*FG (T3), lo que significa que por cada boliviano invertido por el tratamiento alternativo, el productor puede obtener un retorno adicional de Bs. 96.34; y en cambio en costos de siembras de 5.6 tn/ha AO\*FG (T3) a 11.2 tn/ha AO\*FG (T5), implica una TRM de 4359 % significa que por un Bs invertido él productor tendrá un retorno 43.59 Bs.

## 1. INTRODUCCION

El cultivo de las hortalizas, es sin duda una de las actividades más antiguas que se conocen. Actualmente las constantes investigaciones que se hacen en la técnica de los cultivos hortícolas en general registran descubrimientos y adelantos que permiten nuevas alternativas de producción. Así mismo, el desarrollo de la agricultura orgánica adquiere gran importancia tanto en lo económico como en lo social, por ofrecer productos ecológicos de buena calidad y saludables.

Muchos sectores de la agricultura boliviana presentan problemas de degradación del recurso suelo por el uso inadecuado de productos químicos como fertilizantes minerales, pesticidas, fungicidas y otros agroquímicos; entonces se recurre al uso de productos orgánicos que como los estiércoles y otros abonos orgánicos, tienen mayores propiedades benéficas para el suelo, cultivos y medio ambiente, además es uno de los más utilizados en nuestro país por su disponibilidad sobre todo en el lado occidental del país, así mismo es considerado como uno de los mejores abonos orgánicos y relativamente económicos frente a los fertilizantes minerales (Pineda 1994).

La acelga (*Beta vulgaris var. cicla*), se constituye en una hortaliza de mucha importancia tanto en lo económico como en lo social, puesto que se constituye en una especie de amplio uso en la alimentación humana, como también es una de las fuentes de vitaminas A, C, hierro y otros minerales. La producción actual tiende a ser orgánica, basada principalmente en abonos orgánicos como los estiércoles, que le permite al cultivo disponer de macro y micronutrientes, ácidos fosfóricos, purín y otros nutrientes, que favorecen su nutrición y producción de manera sostenible.

La agricultura en el Altiplano se desarrolla bajo condiciones adversas como las heladas, sequías, granizadas, temperaturas mínimas extremas en la época de invierno y la baja fertilidad de suelos; son principales factores que limitan la producción de los cultivos. Esta situación impulsa a la innovación de tecnología



como la producción de algunos cultivos bajo ambientes atemperados (protegidos) que permiten una producción continua durante todo el año y de manera intensiva. En este contexto, la presente investigación pretende explicar vacíos de conocimiento acerca de la producción de variedades de acelga bajo abonamiento orgánico con dosis de estiércol de ovino en ambientes atemperados y de alguna manera mejorar el uso de abonos orgánicos para fines de optimizar los rendimientos y de manera sostenible.

Entonces los resultados más viables y económicamente rentables determinados en la presente investigación será una alternativa para mejorar el manejo del cultivo de la acelga en ambiente protegido y con el fin de mantener, conservar las unidades de producción y resguardar la seguridad alimentaria de las familias.

Los objetivos del presente estudio fueron:

Objetivo general:

- Evaluar la respuesta agronómica de variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*) al abonamiento orgánico en condiciones de ambiente protegido en el municipio de El Alto.

Objetivos Específicos:

- Comparar la respuesta agronómica de dos variedades de acelga.
- Evaluar el efecto del estiércol de ovino en tres dosis de aplicación en el cultivo de acelga.
- Evaluar el efecto de la interacción entre las variedades de acelga y dosis de estiércol de ovino.
- Comparar los costos parciales de producción de los tratamientos planteados en presente estudio.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Importancia del ambiente protegido

Existen distintos tipos de construcciones como invernaderos, ambientes protegidos, carpas solares con el fin de proteger las cosechas, conseguir un adelanto o retraso de su ciclo, manejar el riego, humedad y radiación. Los ambientes protegidos son cubiertas que evitan el descenso de temperaturas a niveles críticos, la energía solar es la fuente para calentar esos ambientes, siendo los más comunes en la región andina de Bolivia (Valdez, 1997).

Flores (1996) menciona que las carpas solares al igual que los invernaderos y huertos atemperados cumplen similares funciones del aprovechamiento de la energía solar difusa, atrapar luz, temperatura, la evapotranspiración lo que beneficia al desarrollo de los cultivos.

La principal diferencia entre el cultivo al aire libre y en ambiente protegido es el control del ambiente que las plantas necesitan para obtener su máximo desarrollo, la distribución geográfica de las plantas esta básicamente influenciada por la temperatura del ambiente, lo que marca los límites entre la simple supervivencia y la máxima producción; el cultivo en ambiente protegido suele considerarse un caso particular de la explotación intensiva dentro del grupo de horticultura protegida (Pérez y Turón, 1997).

Martínez *et al.* (1997) menciona que todos los ambientes protegidos son solares, su operación depende de la radiación solar, el calor y la luz, la diferencia de los invernaderos tradicionales, el invernadero solar incorpora en su diseño más eficiencia colección de la energía solar, almacenamiento de la energía solar, aislamiento térmico para evitar pérdidas de calor. Además indica que las ventajas están en la disponibilidad de la energía térmica para uso inmediato o almacenamiento e independencia de sistemas mecánicos de calefacción y utilización óptima de la energía solar.

### **2.1.1 Tipos de ambientes protegidos**

Blanco (1999) indica que la tecnología de la producción de cultivos implantados en Bolivia, se ha basado a la implementación de diferentes modelos de invernaderos, carpas solares, las condiciones climáticas y socio económicas locales. De este proceso de adaptación han derivado diversos tipos que son las siguientes: Tipo túnel, medio túnel, media agua, doble agua.

Hartman (1990) indica que las más comunes de las carpas solares en el altiplano son el "túnel", "medio túnel", "media agua" y "dos aguas" y el que mejores resultados ha dado es media agua. La construcción es por lo general sencilla se utiliza adobes para muros, madera y metal de construcción para el armazón del techo de agofilm o calamina plástica para la cubierta.

Según Martínez *et. al.* (1997) las carpas solares pueden ser: tipo aeroplano y tipo pepino. Estas carpas solares tradicionales requieren ventilación, y se han construido a lo largo del tiempo carpas solares casi de cualquier forma y tamaño, determinado por su ubicación, materiales de construcción y productos que se desea cultivar.

### **2.1.2 Orientación**

Es muy importante situar la carpa solar donde capte la mayor concentración de luz, temperatura, cerca de una fuente de agua (pozos y riachuelos, etc.); en cuanto al suelo elegir con preferencia terrenos planos; lugares desprotegidos donde no existan árboles que puedan proyectar sombras a la carpa solar (Flores y Bernart 1996).

Hartman (1990) recomienda que el techo o lámina de protección de un ambiente atemperado en el hemisferio sur deba orientarse al norte con el objetivo de captar una mayor radiación solar, de esta manera el eje longitudinal está orientado de este a oeste.

### **2.1.3 Temperatura**

La temperatura influye en las funciones vitales de los vegetales como la transpiración, respiración, fructificación; las temperaturas máximas y mínimas que soportan la mayoría de los vegetales son de 0 - 50 °C, fuera de este rango las plantas quedan en estado de vida latente (Serrano 1979, citado por Estrada 2003).

Flores (1996) da a conocer que, las variaciones más importantes de la temperatura que afectan el comportamiento de las plantas son producidas por el ciclo anual y diario de la temperatura altitud del lugar, calor y contenido de humedad de los suelos y finalmente por la acción de la vegetación. La temperatura del invernadero depende en gran parte del efecto invernadero, que se crea debido a que, parte de radiación solar que atraviesa hacia el interior del invernadero y es retenida por la impermeabilidad de los materiales de recubrimiento que evitan la irradiación calorífica, quedándose en el interior como energía calorífica que calienta el ambiente (Hartman 1990).

### **2.1.4 Humedad relativa**

Las plantas se desarrollan viendo la humedad relativa que fluctúa entre 30 – 70%, por debajo del 30% las hojas y tallos se marchitan, por encima de 70% la incidencia de las enfermedades es un problema (Serrano 1979, citado por Estrada 2003).

### **2.1.5 Luminosidad**

Cuando hablamos de iluminación nos referimos a una franja del espectro de radiación solar, comprendida a 400 - 700 nm, las plantas utilizan rangos de 320 – 800 nm, correspondiente a las longitudes del rojo – violeta; la sensibilidad de las plantas respecto a la fotosíntesis presentan sus máximos de 450 nm y 650 nm, azul y rojo respectivamente (Blanco, 1999).

Flores (1996) mencionan que la luz es un factor que juega un papel de vital importancia en el crecimiento y formación de plantas, flores y frutos de ella depende (como un factor limitante), siendo un integrante de la fotosíntesis de la clorofila de las plantas, el fototropismo, la morfogénesis, fotoperiodismo, la formación de pigmentos y vitaminas.

### **2.1.6 Ventilación**

La mayor parte de ambientes protegidos requieren de un eficiente sistema de ventilación por tres razones:

- Para abastecimiento dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, utilizando las plantas para la fotosíntesis.
- Para limitar y controlar la elevación de temperatura en el ambiente para reducir la humedad procedente de la transpiración de las plantas (Guzmán, 1993).
- Una mala ventilación puede traer consigo situaciones ambientales no adecuadas para el cultivo, que pueden reflejarse en una dinámica de mayor crecimiento longitudinal y debilidad de las plantas y como también la proliferación de plagas y enfermedades (Flores 1996).

## **2.2 Características de los abonos orgánicos.**

Los abonos orgánicos, se conocen como enmiendas, fertilizantes orgánicos existen diversas fuentes orgánicas como ser: abonos verdes, estiércoles, compost, humus de lombriz, bioabonos, variando su composición química, proceso de preparación e insumos que se empleen. Estos evolucionan en dos formas: Se mineralizan y se humifican (Laguarigue 1990; Coronado 1997).

FAO (1990) indica que en nuestro país los agricultores de valles y altiplanos utilizan estiércoles de forma tradicional, presentando problemas de mal manejo

produciendo una eficiencia agronómica baja de 30 – 50%. Por este motivo es necesario realizar estudios de cantidades adecuadas de abonos orgánicos, que aumenten la productividad de los cultivos.

### **2.2.1 Importancia del abono orgánico**

Según Chilon (1997) la importancia del abono orgánico radica, en que la misma permite mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo.

Para Bellapart (1991) los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen orgánico, animal o vegetal, que se utiliza para aumentar la fertilidad del suelo.

### **2.2.2 Características del estiércol de ovino**

El estiércol está compuesto por una mezcla de paja o productos que llegan a formar las deyecciones de los animales (sólidas y líquidas) su composición se obtiene a través de un proceso de fermentación, como resultado de este proceso se forma el “estiércol hecho” con excelentes cualidades como fertilizante orgánico (Aguirre, 1997).

Yuste (1995) menciona, que el estiércol de oveja es considerado un abono orgánico, con 64% de humedad, y 60% de materia orgánica y 1 – 2% de nitrógeno, 0.7 – 1% de  $P_2O_5$  (fosfato); 1 – 2.5%  $K_2O$  (potasa).

Gros (1986) indica que el estiércol de oveja es más rico que el del caballo; especialmente en ácido fosfórico y cal. Así mismo, Manrique (1981) indica que el estiércol es el desecho orgánico de los animales domésticos y sirven de abono al suelo.

Montadle (1990) recomienda la aplicación de estiércol para tener un buen desarrollo de la planta, no obstante la aplicación de estiércol fresco produce

una tendencia hacia el ataque la sarna común en los tubérculos.

Guarro (1986) expresa que el estiércol de ovino por su dureza no debe ser usado, si no después de tenerlo en preparación durante un periodo de tres a cuatro meses, procurando que reciba el purín de los mismos animales.

Valadez (1995) da a conocer que el estiércol contiene elementos en 100% de de materia seca: Nitrógeno = 1.73;  $P_2O_5$  = 1.23;  $K_2O$  = 1.62; Ca = 1.10; Mg = 0.50; MO = 68.80; Ph = 7.80.

Existen tres formas de abono ovino utilizados en la agricultura andina (Valadez, 1995).

**Jiri:** Con alta concentración de nutrientes, hormonas enzimas, el cual es acumulado en el corral con una coloración verde, semi pastosa y color penetrante; el más fresco con una humedad de 50%, compactado por el pisoteo de las ovejas, deyecciones, agua de lluvia etc.

**Wano:** Contiene un color amarillo – café oscuro

**Tha'ja:** Es un estiércol granulado de forma ovoide, color en su parte central se observa el pasto seco de color amarillo, se acumula durante los meses más secos del año; en estos meses sirve la tha'ja como cama a los ovinos retiene el calor, tiene mayor potasio y boro.

FAO (1988) sostiene que la composición del estiércol de ovino descompuesto presenta los resultados que se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Análisis físico-químico de la composición del estiércol de ovino**

Parámetros	Valores
pH	8.00
MS (%)	48.00
MO (%)	54.08
N (%)	1.68
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	1.28
K <sub>2</sub> O (%)	1.39
Ca (%)	1.01
Mg (%)	0.39
Fe (ppm)	0.0
Mn (ppm)	0.0
Cu (ppm)	0.0
Zn (ppm)	0.0
Relación C/N	23.08
Salinidad (mmhos/cm)	13.00

Fuente: FAO (1988)

**Cuadro 2. Análisis químico y físico de diferentes abonos orgánicos en base a su materia seca**

ELEMENTO	MUESTRAS		
	JIRI	WANO	THA'JA
Humedad, %	50.10	30.40	9.00
Nitrógeno, %	1.93	1.95	1.77
Fósforo, ppm	5052.80	3569.90	218.86
Potasio, ppm	26227.90	26779.90	686.73
Calcio, ppm	8564.80	9098.80	407.88
Hierro, ppm	9539.80	6761.90	600.96
Magnesio, ppm	10683.30	11544.90	449.13
Zinc, ppm	59.40	50.70	4.06
Sodio, ppm	995.40	627.20	99.62
Manganeso, ppm	238.00	194.00	217.00
Cobre, ppm	11.00	8.00	9.00
Boro, ppm	43.00	28.00	59.00
Ceniza, %	48.11	47.16	33.72
pH	8.50	7.70	-
Densidad, g/cc	1.33	0.79	0.30

Fuente: Valdez 1995



Del cuadro 1 se aprecia que el jiri y wano poseen mayor humedad 50.10 % y 30.40 % y tiene un alto contenido de nutrientes NPK, mayor contenido de cenizas son más densos; a comparación de la tha'ja que tiene menos contenido de estos elementos, ya que presenta menor humedad con 9 %, y es utilizado como cama de corral en invierno; generalmente el que se utiliza como abono directamente para el cultivo es el Wano.

## **2.3 Características generales de la Turba**

### **2.3.1 Importancia de la turba**

Camacho (1986) describe el perfil de un suelo turboso: color pardo oscuro negro, tierra recubierta residuos de vegetación nativa como bosques pantanosos y gramíneos, entre los factores responsables del desarrollo tenemos como drenaje deficiente y drenaje natural muy bajo.

Según Camacho (1986) el color de la turba varia de pardo oscuro a intensamente negro cuando está mojado a pesar de que los materiales originarios pueden ser grises o marrón o pardo rojizo, los compuesto oscuros húmicos pueden ser en descomposición más avanzada.

Camacho (1986) indica que la turba tiene alta capacidad para retener agua, mientras que un suelo mineral seco puede absorber y retener de 1/5 de su peso en agua, un suelo turboso puede retener en ocasiones tres veces más, capacidad de retención de agua aproximadamente es diez veces mayor que de los suelos minerales. El pH de los complejos coloidales de la turba cuando están saturados de hidrógeno produce pH menor que de los suelos minerales arcillosos en las mismas condiciones.

Los suelos de turba a pesar de esta relación alta carbono nitrógeno, relación carbono nitrógeno tiene una vigorosa nitrificación ya que la acumulación de nitratos aun en la turbas con poco calcio es siempre mayor que la de un suelo mineral normal. Los niveles del fósforo y potasio son bajos en comparación de un suelo mineral, el calcio es alto en suelos turbosos en cuanto al magnesio azufre el porcentaje en suelo de turba es aproximadamente igual al de un suelo mineral pero debido al escaso peso seco por volumen, su cantidad real sin embargo es mucho menor. Los tejidos de las plantas siempre contienen considerable cantidad de azufre por lo tanto las turbas tienen cifras comparativamente altas de este constituyente.

Balatti (1991) recomienda que la turba debe tener las siguientes características: a) no ser toxico para el microorganismo, b) poseer un pH 6,7 -7,0, c) tener alta capacidad de retención de agua, d) poseer una humedad residual no menor a 20% en el momento de humectación, e) ser disponible localmente y tener bajo costo, f) fácil de esterilizar secado la turba natural contiene alrededor de 50% de humedad y 70% de materia orgánica para secar se utiliza diferentes sistemas a) hacer pasar a través de la turba aire a 650 a 700 °C en forma instantánea.

## **2.4 Generalidades del cultivo de acelga**

### **2.4.1 Origen e historia**

Según Valadez (1993) los primeros informes que se tienen de estas hortalizas, la ubican en la región mediterránea en las islas canarias.

Guamán (1967) menciona que la acelga era conocido por los pueblos griegos, aun hoy en día existen variedades silvestres, su cultivo está muy difundido en todo el mundo.

A su vez Discornia (1975) indica que es originario de las costas de mediterráneo donde crece en arenales y entre pedruncos.

## **2.4.2 Requerimiento de clima**

Maroto (1995) indica que prefieren climas templado-húmedos, son susceptibles a cambios bruscos de temperatura. Algunas variedades en estado de crecimiento resiste al frío cuando no es éste muy intenso, pero cuando las hojas están ya desarrolladas se muestran sensible a la helada como ser:

- La acción de bajas temperaturas sobre las plantas puede tener efecto vernalizador,
- Responden mejor a los suelos de consistencia media, de buena fertilidad, buen contenido de materia orgánica y tolera una temperatura promedio de 15-25 °C, no requiere excesiva luz.
- Es poco tolerante a la acidez del suelo.

Según Valadez (1993) la acelga es una hortaliza de clima frío, tolera temperaturas muy bajas y altas. La temperatura optima para su germinación es de 10 – 25 °C para su desarrollo de 15 a 18 °C emite el vástago floral recomendándose dejar de cortar las hojas debido a que disminuye la calidad y el tamaño.

## **2.4.3 Requerimiento de suelo y fertilización**

Esta hortaliza se desarrolla en cualquier tipo de suelo, se comporta mejor en suelo arcilloso-arenoso. La acelga es sensible a la acides del suelo y desarrollándose preferentemente en suelos alcalinos, que responde a un rango de pH de 6.5-7.5. La salinidad está clasificada como altamente tolerante, con valores de 6400-7680 ppm (Valadez, 1993).

Ramírez (1990) menciona que es un cultivo que requiere tierras sueltas areno arcillosos humíferas, adaptándose a veces a medianamente arcillosos.

Según Hartman (1990) el medio ideal para las hortalizas y especialmente

para la acelga es un suelo franco con un pH de aproximadamente 6.0, además debe tener una textura que sea lo suficientemente liviana como para permitir el drenaje de exceso de agua.

#### 2.4.4 Requerimiento de nutrientes

Según Valadez (1993) menciona que los requerimientos de nutrientes el cultivo de la acelga está comprendida entre los siguientes parámetros (cuadro 1):

**Cuadro 3. Requerimiento de nutrientes del cultivo de acelga**

Parte de la planta	Rendimiento promedio [Kg/m <sup>2</sup> ]	N [Kg/ha]	K [Kg/ha]	P [Kg/ha]	Ca [Kg/ha]
Hojas y pecíolos	11.2	44.0	9.9	58.2	16.8

Fuente: Valadez (1993)

#### 2.4.5 Valor nutritivo

El cuadro 4 muestra la composición nutritiva de la acelga por cada 100 g de materia verde comercial y valores que se expresan en unidades de %, g y mg:

**Cuadro 4. Composición nutritiva de la acelga (por 100 g. de producto comestible)**

Componentes	Valor	Unidad
Agua	91.10	%
Prótidos	2.40	g
Grasas	0.30	g
Hidratos de carbono	4.60	g
Fibra	0.80	g
Cenizas	1.60	g
Calcio	88.00	mg
Fósforo	39.00	mg
Hierro	3.2	mg
Sodio	147.00	mg
Potasio	550.00	mg
Vitamina A	6.50	UI
Tiamina	0.06	mg
Riboflavina	0.17	mg
Niacina	0.50	mg
Acido ascórbico	3.20	mg
Valor energético	25.00	cal

Fuente Watt et al. (1975)

## 2.4.6 Características botánicas y taxonómicas

La acelga es una planta bianual que no forma parte comestible (hipocótilo) como la remolacha azucarera o betabel (*beta vulgaris L.*). Para que se presente floración necesita pasar por un periodo de bajas temperaturas (vernalización). El vástago floral es igual al del betabel, y alcanza una altura promedio de 1.20 m (Maroto, 1995).

Las hojas constituyen la parte comestible, pueden ser onduladas y/o arrugadas, dependiendo del cultivar. Los pecíolos pueden ser de color crema o blanco. Las semillas son muy pequeñas y están encerradas en un pequeño fruto, siendo por lo general de color café, al que comúnmente se lo denomina semilla (realmente es un fruto), el que contiene de tres o cuatro semillas. La inflorescencia está compuesta por una larga panícula; las flores son sésiles y hermafroditas, pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres, el cáliz es de color verdoso y está compuesto por cinco sépalos y cinco pétalos y cubre las semillas formando un pequeño fruto (Valadez, 1993).

Ramírez (1990) indica que es una planta herbácea, anual o bienal de raíz peniforme (larga y crecida – color blanco amarillento). Las hojas (pecíolo y limbo) que constituyen la parte útil de la planta, se producen en círculos a flor de tierra y nacen del anillo vital. Se caracterizan por sus hojas suculentas, tinte verde oscuro, las que están rezadas o arrugadas con pecíolos gruesos, carnosos y nervadura central de tono blanquecino o blanco verdoso; alcanzan hasta 50 cm de largo y 25 prolongándose en el limbo, llamada penca o lámina.

**Cuadro 5: Taxonomía de la acelga**

Reino	<i>Vegetal</i>
Clase	<i>Angiospermas</i>
Sub clase	<i>Dicotiledoneas</i>
Orden	<i>Centropermae</i>
Familia	<i>Chenopodiaceae</i>
Género	<i>Beta</i>
Especie	<i>Vulgaris Var., cicla</i>

Fuente: Valadez, (1993).

Maroto (1995) menciona que las hortalizas constituyen un alimento básico y completo para la nutrición del hombre, la demanda de estos productos permite al agricultor producir y comercializar mas cosecha por año.

La recolección suele iniciarse en función de la variedad utilizada, a partir de los 75 días de haber transcurrido después del trasplante. La recolección es manual y escalonada procurando no dañar el cuello de la planta, tras cada corte puede darse un riego. El rendimiento de una plantación variar entre 25 y 50 t/ha (Maroto, 1995).

#### **2.4.7 Características botánicas**

Valadez (1993) describe de la siguiente manera:

##### **2.4.7.1 Planta**

Acelga es una planta bianual de 0.45 – 0.50 metros de altura

##### **2.4.7.2 Sistema radicular**

La raíz de la acelga es bastante profunda y fibrosa

##### **2.4.7.3 Hoja**

Constituye la parte comestible son de forma oval, tiene un pecíolo ancho y largo, se prolonga en el limbo, el color según las variedades, entre verde oscuro y verde claro, los pecíolos pueden ser de color crema o blanco.

##### **2.4.7.4 Flor**

Para la floración necesita periodos de temperaturas bajas, el vástago floral alcanza una altura de 1.2 metros. La inflorescencia está compuesta por una larga panícula, las flores son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer sola.

#### **2.4.7.5 Fruto**

Las semillas son muy pequeñas y están contenidas en un pequeño fruto al que comúnmente se lo llama semilla, que contiene de tres o cuatro semillas.

#### **2.4.8 Época de siembra**

Valadez (1995) menciona que la acelga se puede sembrar en cualquier época del año sin embargo se recomienda realizar a fines de junio para poder obtener mayor número de cosechas.

#### **2.4.9 Densidad de siembra**

Valadez (1993) afirma que la acelga se realiza exclusivamente siembra directa en surcos tomando en cuenta las distancias entre hileras, de 25 y 30 cm y entre plantas de 25 cm, pudiendo obtener un promedio de 86000 plantas por hectárea.

Ramírez (1990) menciona que la densidad de siembra en los valles varían de 10 a 15 cm sobre las líneas y entre las líneas de 35 a 40 cm. Según las variedades se utilizan de 2.3 a 4.5 kg de semilla por hectárea.

#### **2.4.10 Labores culturales**

##### **2.4.10.1 Riego**

Valadez (1993) menciona que la acelga muestra un comportamiento de desarrollo semiperene, por lo que se riega con intervalo de 18 días.

El riego en el cultivo de acelga Quispe (1984) indica que debe ser contínuo en los primeros días hasta la germinación y posteriormente riegos oportunos.

Los riesgos a realizarse en los cultivos de la acelga según Rodberg (1984) son al principio de la siembra y recién trasplantados con regaderas, luego las plantas estén bien germinadas y desarrolladas, regar por inundación por surcos en horas de la mañana y tarde.

#### **2.4.10.2 Aporque**

Valadez (1993) indica que después de realizar la escarda se efectúa la segunda aplicación de nitrógeno e inmediatamente se realiza el aporque con el fin de cubrir el fertilizante y dar más apoyo a las plantas.

#### **2.4.10.3 Escarda**

Según Valadez (1993) consiste en aflojar el suelo y tener un buen control de malezas.

#### **2.4.10.4 Plagas y enfermedades**

Valadez (1993) indica que la acelga se presenta pocos problemas y fitosanitarios, es una hortaliza muy rustico y sembrada en pequeñas escalas. En insectos y plagas se refiere, las pulgas saltonas (*chaetoenema confinis*), Poradilla (*Dia brotica spp*), presentan un fuerte problema en la etapa de la planta, ocasionalmente se presenta algunos gusanos siendo estos toques poco severos.

#### **2.4.10.5 Cosecha**

Valadez (1993) indica que la acelga es una hortaliza de brote por lo general la longitud de las hojas es un indicador de la cosecha siendo el tiempo otro parámetro. El tiempo transcurrido de la siembra el primer corte es de 60 – 70 días. Después se puede cosechar cada 12 a 15 días, la longitud de las hojas para cortar es cuando alcanza a una altura 45 – 50 cm.



En cada cosecha o recolección Quispe (1984) indica que se cortan las hojas externas una por una así la planta sigue creciendo y la cosecha es constante en forma escalonada.

Ramírez (1990) la recolección se le efectúa a medida que las hojas van adquiriendo maduración, en algunas de las zonas ecológicas desde los dos meses, de su siembra, cortando las hojas exteriores (las más grandes), para que las nuevas continúen su desarrollo, proporcionando verdura de alta calidad durante varios meses.

#### **2.4.10.6 Rendimiento**

Vigliola (1985) indica que el promedio obtenido alcanza de 15 a 20 toneladas por hectárea en ambientes atemperados.

Según Hartman (1990), los rendimientos obtenidos del cultivo de la hortaliza en ambientes atemperados son de 25 a 35 toneladas por hectárea y 25 a 50 toneladas por hectárea (Maroto, 1995).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Características generales

##### 3.1.1 Localización

El presente trabajo de investigación se realizó con el apoyo técnico y financiero del Proyecto Micro Huertas Populares de El Alto, que ejecuta el Gobierno Municipal de la ciudad de El Alto y la FAO con el apoyo económico de la Cooperación de la República de Bélgica; concretamente en la Unidad Educativa Progreso, Distrito Siete, Provincia Murillo del Departamento de La Paz.

Progreso se encuentra ubicada a 32 km al noroeste de la ciudad de La Paz, entre los paralelos 16° 30' 5" Latitud Sur y 68° 19' 45" Longitud Oeste, a una altitud sobre el nivel del mar de 4000 m (Fig. 1).

##### 3.1.2 Clima

La zona de la ciudad de El Alto presenta un clima frígido-seco que corresponde la región del Altiplano Norte con dos épocas bien diferenciadas; la época seca que contempla desde el mes de Abril hasta Noviembre; en parte de este periodo se presenta la época de invierno desde el mes de Abril a Agosto. Por otro lado, el inicio de las precipitaciones es de Noviembre hasta Marzo, y que se resume en el cuadro 6 los principales parámetros climáticos de la zona de estudio.

**Cuadro 6. Características Climáticas de la ciudad de El Alto**

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
Temperatura máxima anual	14.8 °C
Temperatura mínima anual	0.4 °C
Temperatura promedio anual	7.7 °C
Humedad Relativa	48.0 %
Meses de lluvia	De Noviembre a Marzo
Meses con heladas	De Abril a Agosto

Elaboración en base a los datos de SENAMHI (2007)

Fig. 1. Mapa de ubicación del área de estudio



Fuente: Atlas Estadístico de Municipios de Bolivia (2001)

La situación climática de esta región es favorable para el desarrollo de los cultivos, desde mediados del mes de Agosto, pero debido a las Precipitaciones Pluviales (PP) bajas de la época con la presencia aún de heladas y la alta Evapotranspiración Potencial (ETP) determinan un elevado déficit hídrico no favorable aún para el desarrollo normal de los cultivos. A partir del mes de Septiembre y Octubre el clima es favorable para el desarrollo de la agricultura bajo riego y secano.

### **3.1.2.1 Precipitación**

Existe una precipitación pluvial con un promedio anual de 550 - 600 mm. Cerca del 60% tiene lugar en Diciembre a Febrero. Tormentas y Granizos que causan pérdidas con mayor frecuencia de cosechas uno cada diez años (Montes de Oca, 1982).

### **3.1.2.2 Temperatura**

La temperatura promedio anual varia 10 °C en verano (Diciembre a Febrero) a 7.4°C en invierno. Las variaciones de temperatura están en función a la época del año, registrándose las bajas en los meses de mayo a julio (Rojas, 2004).

### **3.1.2.3 Época del ensayo**

El estudio se realizó durante la época húmeda a seca, contemplando tres estaciones meteorológicas (verano, otoño e invierno); desde el mes de Enero a Julio.

### **3.1.3 Ambiente protegido**

El experimento se realizó en un ambiente atemperado de dos aguas, cuya estructura está formado por piedras, cemento, adobes, callapos de eucaliptos; los detalles se muestra (cuadro 7), para sujetar el plástico, se utilizo bandas de goma clavadas en los callapos con clavos de 2 pulgadas.

**Cuadro 7. Dimensiones de la carpa solar**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Largo	16.00	m
Ancho	5.00	m
Altura	2.40	m
Laterales	1.20	m

### **3.1.3.1 Cubierta (techo) y paredes de la carpa solar**

La carpa solar estuvo cubierta con agrofilm de 250 micrones de espesor, protegido contra rayos ultra violeta para evitar su rápida degradación, para la sujeción del techo se utilizaron callapos de eucalipto, pilotes, vigas, listones, clavos y gomas. La construcción de las paredes fue hecha con adobes.

### **3.1.3.2 Ventilación**

Para mantener una temperatura óptima que favorezca el buen desarrollo de las hortalizas y evitar humedades altas que favorezcan la incidencia de enfermedades; entonces para regular las oscilaciones extremas del microclima se procedió a la apertura y cierre de las ventanas del ambiente, desde las 9:00 a.m. hasta las 16:00 p.m.

### **3.1.3.3 Altura de la carpa solar**

El ambiente protegido tuvo una altura de 2.40 m, considerada adecuada para un buen manejo del cultivo y para tener un clima cálido y que permita fácilmente la ventilación del ambiente cuando hay oscilaciones extremas micro-climáticas.

### **3.1.3.4 Suelo de la carpa solar**

La muestra del suelo se realizó después de la preparación del terreno y antes del trasplante, luego fue enviada al laboratorio del Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEN), para conocer las propiedades físicas y químicas del suelo, el cual se muestra en el cuadro 8.

**Cuadro 8. Características del suelo de la carpa solar**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Textura franco arcilloso	FY
Arena (%)	27
Arcilla (%)	36
Limo (%)	37
pH	4.96
Materia Orgánica (%)	2.18
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	0.034
Nitrógeno total (%)	0.13
Fósforo Asimilable (ppm)	8.42
Potasio intercambiable (meq/100 g)	0.58

De acuerdo a la información obtenida del laboratorio (cuadro 8), el suelo tuvo una textura ligera, un pH ácido, una CE libre de sales, un contenido de MO media, así mismo el Nitrógeno total, Fosforo asimilable y Potasio presentaron contenidos medias respectivamente. En consecuencia el Índice de Fertilidad fue de 3.17 lo cual indica que el suelo es de fertilidad media.

## 3.2 Materiales

### 3.2.1 Material vegetal

De acuerdo al planteamiento de investigación se utilizó como material genético experimental dos variedades de acelga, cuyas características se describen en el cuadro 9.

**Cuadro 9. Características de las variedades de acelga**

<b>Variedad</b>	<b>% Pureza</b>	<b>% Germinación</b>	<b>Características</b>
<i>Fordhook Giant</i>	99	100	<i>Planta bianual, hojas corrugadas de color verde oscuro, la flor es una inflorescencia, hermafrodita, el fruto contiene de 4-5 semillas de color café</i>
<i>Verde Penca Blanca</i>	99	98	<i>Planta bianual, de hojas lisas, flor es una inflorescencia, el fruto contiene de 4-5 semillas de color café</i>

Fuente: Elaboración en base a la información proveniente con las semillas.

### 3.2.2 Abono orgánico (estiércol ovino)

Se utilizó estiércol de ovino por su carácter orgánico – ecológico, el cual llevado para su análisis al laboratorio de IBTEN, los datos se presentan en el cuadro 10.

**Cuadro 10: Composición química del estiércol de ovino**

<b>Nutrientes</b>	<b>%</b>
Humedad	10.0
Nitrógeno total	1.012
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.04
K <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.10
Materia orgánica	18.19
pH	ácido

Fuente: Chilon (1997).

De acuerdo al análisis de estiércol, este presentó un contenido alto de Nitrógeno Total, un contenido de materia orgánica alto, Fosforo asimilable en un nivel medio y Potasio intercambiable en un nivel bajo.

### 3.2.3 Instrumento de meteorología

Para el registro del microclima dentro el ambiente protegido se utilizó termómetro de máxima y mínima, e higrómetro para medición de humedad.

### 3.2.4 Equipo sanitario

Para la prevención de plagas del cultivo se utilizó un equipo de fumigación que consta de una mochila aspersor, guantes, botas, lentes y ropa adecuada.

### 3.2.5 Herramientas de campo

Cinta métrica, flexo metro, canasta, cuchillo, estilete, mangueras, pico, pala, chontas, rastrillo, balde, regaderas y turriles, cámara fotográfica, calculadora, cuaderno de campo, reglas y lápices.

### 3.2.6 Equipo de laboratorio

Una balanza de precisión  $\pm 0.002$  gramos.

### 3.2.7 Material de gabinete

Todo lo referente al material de escritorio, computadora, impresora y escáner.

### 3.2.8 Insumos

Se utilizaron productos naturales para el control de plagas y enfermedades como ser: plantas repelentes y extractos naturales (*biopesticidas o bioplaguicidas*).

## 3.3 Metodología

### 3.3.1 Ubicación del área de investigación

Para cumplir los objetivos del presente trabajo de investigación se utilizó un ambiente dentro el proyecto Micro Huertas Populares y la Alcaldía de la Ciudad de El Alto; para la provisión de un ambiente protegido para la investigación.

### 3.3.2 Disposición de las áreas de estudio

Se trazaron las diferentes áreas de acuerdo al diseño de investigación dentro el ambiente protegido, que consisten en bloques, parcelas y unidades experimentales utilizando estacas, cinta métrica, martillo y pitas. La misma fue delimitada posteriormente con ladrillos para la implementación de las camas orgánicas; las dimensiones señaladas se detallan en el cuadro 11.

**Cuadro 11. Dimensiones de las áreas experimentales (metros)**

Parcelas	Ancho	Largo
Área experimental	13.5	4.0
Bloques	4.5	4.0
Parcela mayor	4.5	2.0
Unidad experimental	1.5	2.0



### 3.3.3 Muestreo de suelos

Se procedió la toma de muestras de suelo a utilizar desde diferentes partes; la misma fue representativa para su análisis en laboratorio; la información de las propiedades nutritivas posteriormente determinará los porcentajes de partes para conformar el sustrato (cama orgánica).

### 3.3.4 Preparación del sustrato base

Se conformo el sustrato base con tierra del lugar, arena fina y turba (como materiales de fondo), con una relación 40, 30 y 30 %, para un total de 18 camas orgánicas. La mezcla de las partes se realizó previo cernido de la tierra del lugar para evitar terrones y seguidamente se midió las relaciones porcentuales de tierra, arena y turba mediante carretillas (cuadro 12).

**Cuadro 12. Preparación del sustrato en proporciones porcentuales**

Material Orgánico	%
Tierra	40
Arena	30
Turba	30

### 3.3.5 Incorporación del estiércol de ovino

Previo al abonamiento con el estiércol de ovino el suelo, se realizó el cálculo de dosis tomando en cuenta el análisis de suelos (sustrato base) y análisis del estiércol para determinar la cantidad de dosis de estiércol a aplicar por tratamiento de acuerdo los cálculos realizados que se muestran en Anexo 1. Posteriormente se procedió al mezclado uniforme del sustrato base y estiércol ovino dentro de cada platabanda de acuerdo al diseño de investigación.

Las dosis de abono orgánico determinada del cálculo de las diferencias de nutrientes entre el suelo y el requerimiento nutricional del cultivo de acelga (anexo 1); fue de 5.6 tn/ha de estiércol (abono orgánico); entonces para fines de comparación en la investigación se plantearon los siguientes tratamientos: 0.0, 5.6 y 11.2 tn/ha (0.0, 0.56 y 1.12 kg/m<sup>2</sup>) de abono orgánico.

### 3.3.6 Siembra

La siembra se realizó por medio de semilleros o almácigos en cajas en los que se utilizó de 2.5 a 3.0 g/m<sup>2</sup> en un sustrato orgánico adecuada.

### 3.3.7 Registro de emergencia

Se registró la emergencia de las plantas a partir de quinto al decimo día, cuando se tuvo el “50 % de emergencia” del cultivo de estudio; registrando mediante el conteo de plantas emergidas respecto del total de semillas sembradas y expresándolo en porcentaje. Posterior a la emergencia se procedió al raleo correspondiente.

### 3.3.8 Trasplante

El trasplante se procedió cuando alcanzaron a 5 - 6 hojas verdaderas por planta, que fue a los 30 - 40 días después de la siembra. Se utilizaron las plantas vigorosas (sanas y erguidas) con una disposición y distribución que se observa en el cuadro 13.

**Cuadro 13. Descripción de las características de trasplante**

Descripción	Valor
Distancia entre surcos (cm)	25
Distancia entre plantas (cm)	25
Nº de surcos	6
Nº de plantas/surco	7
Nº plantas/UE	42
Nº de plantas totales	756

### 3.3.9 Registro de temperatura y humedad relativa

Para el registro de las temperaturas en el interior de la carpa solar se utilizó un termómetro de máxima y mínima instalado al medio del cultivo y protegido de la radiación directa para evitar registros de temperaturas erróneas, y de similar forma se registró la humedad relativa del ambiente con un higrómetro.

### **3.3.10 Riego**

El riego realizado fue cada 48 horas o más, dependiendo del contenido de agua del suelo, con una lámina de agua aproximada de 7 mm/48 horas.

### **3.3.11 Ventilación del ambiente**

Para mantener una temperatura adecuada en la carpa solar y evitar temperaturas altas por largos periodos de tiempo se hizo la apertura (parcial o total) y cierre de puertas y ventanas desde horas 9:00 a.m. a 16:00 p.m., dependiendo del microclima interno y/o clima externo.

### **3.3.12 Prácticas culturales**

**La escarda:** Se realizó una vez por semana con un escardador; aflojando la “capa dura” (costra) superficial del suelo formado por el agua de riego y con el paso del tiempo que impiden la penetración del aire en sus espacios porosos.

**Refalle:** Se hizo a los 7 a 10 días después del trasplante para reemplazar plantas perdidas y dañadas por plagas (gusano gris en estado larval); esta práctica se efectuó con el propósito de uniformizar la población de plantas..

**Riego:** Fue realizado con regaderas caseras durante todo el periodo de experimentación, con frecuencia de 24 o 48 horas.

**Deshierbe:** Se realizó a los 25 días después del trasplante, una vez por semana; de forma manual y teniendo el cuidado de no maltratar las plántulas.

**Formación de la planta:** Se procedió a quitar las pencas más pequeñas y mal desarrolladas de los bordes a los 30 días después de trasplante y con el propósito de tener pencas (hojas carnosas) de buena calidad.

**Deschuponado:** Esta práctica se procedió a los 35 días del trasplante y con una frecuencia de una vez por semana.

**Aporque:** Se realizó a los 45 días del trasplante, tomando en cuenta que el centro de la planta no se cubra con tierra. Con esta operación se obtuvo un desarrollo adecuado de la planta.

**Prevención Fitosanitaria:** Al transcurrir los 4 días del trasplante se presentó el gusano gris (*Agrostis sp*) en estado larval dejando marchitados los plantines devorando desde el cuello de la raíz, este mismo gusano en estado larval devoran los tallos y hojas dejándolas transparentes, la planta se torna de color amarillo y se marchita. Esto se presentó hasta los 30 días desde el trasplante. Por lo tanto a los 60 días desde el trasplante se presentó el ataque de pulgones (*Myzus persicae*). El producto utilizado para combatir esta plaga fue extractos como medida de prevención contra plagas y enfermedades, dos veces por semana.

### **3.3.13 Toma de datos**

Se tomaron muestras de 10 plantas al azar de cada Unidad Experimental para evaluar las variables consideradas para el presente estudio.

### **3.3.14 Cosecha**

La cosecha del cultivo se realizó tomando en cuenta el tamaño de las hojas de acelga; se realizaron 5 cosechas durante el experimento. Posterior a la cosecha se tomaron datos de rendimiento materia verde ( $\text{kg/m}^2$ ) para ello se utilizó balanza analítica de precisión, como también se midió el largo y ancho de la hoja comercial.

Valadez (1995) menciona que después de la primera cosecha, las siguientes cosechas se pueden realizar cada 15 a 20 días, cuando las hojas tengan una longitud comercial.

### 3.3.15 Evaluación

Para evaluar la influencia del ambiente y del abono orgánico (estiércol de ovino) se tomaron datos de días a la germinación, días al trasplante, días a la cosecha, y rendimiento por tratamiento y contrastando con el microclima del ambiente atemperado y clima externo.

### 3.3.16 Análisis Estadístico

Para determinar las diferencias estadísticas entre los niveles de los factores y tratamientos en estudio se utilizó el análisis de varianza (ANVA), y la prueba de significancia mediante la prueba de Duncan.

#### 3.3.16.1 Diseño experimental

El presente trabajo de investigación se realizó bajo un diseño de bloques al azar con arreglo factorial en parcelas divididas (3\*2) con tres bloques, donde el primer factor (abono orgánico) estuvo dispuesto en las parcelas principales y el segundo factor (variedades de acelga) estaba distribuido en las sub parcelas. Se utilizó bloques para controlar las variaciones del “medio sustrato” y microambiente dentro del ambiente protegido. Se utilizó 3 bloques debido a la limitada disponibilidad e área en la carpa y con micro-ambientales homogéneas.

#### 3.3.16.2 Factores de estudio

**Cuadro 14. Factores de estudio: abono orgánico (estiércol de ovino) y variedades de acelga**

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>
<b>Factor A:</b> (Abono orgánico)	a <sub>1</sub> = 0.0 tn/ha (Sin abono)
	a <sub>2</sub> = 5.6 tn/ha
	a <sub>3</sub> = 11.2 tn/ha
<b>Factor B:</b> (Variedades de acelga)	b <sub>1</sub> = Fordhook Giant
	b <sub>2</sub> = Verde Penca Blanca

### 3.3.16.3 Tratamientos

Los tratamientos resultaron de la combinación de los niveles de los factores en estudio (cuadro 15) y la descripción de las mismas.

**Cuadro 15. Tratamientos de estudio: abono orgánico (estiércol de ovino) y variedades de acelga**

Tratamientos	Combinación de factores: A * B	Detalle de las combinaciones (A * B)
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.0 tn/ha (Sin abono)* Fordhook Giant
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0.0 tn/ha (Sin abono)* Verde Penca Blanca
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	5.6 tn/ha * Fordhook Giant
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	5.6 tn/ha * Verde Penca Blanca
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	11.2 tn/ha * Fordhook Giant
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	11.2 tn/ha * Verde Penca Blanca

### 3.3.16.4 Modelo lineal aditivo

El modelo lineal aditivo corresponde a un diseño de bloques al azar con arreglo factorial en parcelas divididas (Reyes, 1999).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y<sub>ijk</sub> = Una observación cualquiera
- μ = Media poblacional
- β<sub>k</sub> = Efecto del k-ésimo bloque
- α<sub>i</sub> = Efecto del i-ésimo dosis de abono orgánico
- ε<sub>ik</sub> = Error de la parcela principal (Error a)
- γ<sub>j</sub> = Efecto del j-ésima variedad de acelga
- αγ<sub>ij</sub> = Efecto de interacción del i-ésimo dosis de abono orgánico con el j-ésima variedad de acelga (interacción A \* B)
- ε<sub>ijk</sub> = Error de sub-parcela, error experimental (Error b).

### 3.3.17 Características del área experimental

La parcela de estudio tuvo las siguientes características de acuerdo al diseño experimental planteado para la investigación, como se observa en el cuadro 16.

**Cuadro 16: Características del área experimental**

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Superficie total del experimento	54.00	m <sup>2</sup>
Superficie del bloque	18.00	m <sup>2</sup>
Superficie de la parcela mayor	9.00	m <sup>2</sup>
Superficie de la parcela pequeña	3.00	m <sup>2</sup>
Distancia entre surcos	0.30	m
Distancia entre plantas	0.25	m
Pasillo entre bloques	0.40	m
Nº de surcos por parcela	6.00	
Nº de surcos/sub parcela	6.00	
Nº de parcelas/bloque	3.00	
Nº de sub parcelas/bloque	6.00	
Nº de bloques/experimento	3.00	
Nº de parcelas pequeñas	18.00	
Nº de tratamientos	6.00	
Nº de plantas por unidad experimental	42.00	

### 3.4 Variables de respuesta

Las variables de respuestas consideradas en el experimento fueron las siguientes:

#### 3.4.1 Variables fenológicas

**Días a la emergencia:** Se cuantifico los días desde la siembra hasta la emergencia considerando para esto el 50 % de las plantas emergidas de almácigo.

**Crecimiento foliar:** Para medir el crecimiento se consideró el desarrollo de las plantas desde la formación de hojas, crecimiento y siguiendo por el desarrollo final hasta la primera cosecha.

**Días a la cosecha:** Se cuantificó el número de días desde el trasplante hasta la primera cosecha y a las restantes cosechas.

### **3.4.2 Variables agronómicas**

#### **3.4.2.1 Longitud de la hoja considerando peciolo**

Para determinar la longitud de la hoja con peciolo se realizó la medición de 10 plantas al azar por unidad experimental, midiendo la longitud desde la base del peciolo hasta el ápice de la hoja superior utilizando un flexo metro.

#### **3.4.2.2 Número de hojas**

Para determinar el número de hoja se realizó la medición de 10 plantas al azar por unidad experimental, tomando en cuenta la longitud desde la base del peciolo hasta el ápice de la hoja superior, medidos con un flexo metro.

#### **3.4.2.3 Rendimiento de materia verde comercial por superficie**

Para su evaluación se pesaron las muestras de cada tratamiento. Las unidades utilizadas fueron g/planta/m<sup>2</sup> y la cual fue llevada a kg/m<sup>2</sup> y tn/ha, considerando el número de plantas que entran en cada contenedor.

#### **3.4.2.4 Rendimiento de materia seca**

Para su evaluación se procedió al secado natural alcanzando una humedad residual de 11 %, luego se procedió al pesado de materia seca por tratamiento. Las unidades utilizadas fueron g/planta/m<sup>2</sup> y expresada a Kg/m<sup>2</sup> y tn/ha.

### **3.4.3 Análisis económico**

El análisis económico consiste en el cálculo del Beneficio Neto y las relaciones Beneficio Costo (B/C) en base a los rendimientos y costos obtenidos por cada tratamiento.



#### **3.4.4 Análisis económico de costos parciales**

El análisis económico pretende dar las mejores alternativas al campesino productor, como consecuencia de la investigación agrícola (Perrin, 1988). En este sentido, para determinar el menor costo con el que se puede obtener un mayor rendimiento se emplea la metodología de “Presupuestos parciales” (costos y beneficios de los tratamientos planteados) y análisis marginal (cálculo de la tasa de retorno marginal para cada tratamiento).

La producción agrícola, se interesa bastante en los beneficios netos, las sugerencias y recomendaciones que se generan de la realización de un experimento; que deberán incluir el análisis de costos y beneficios tomando en cuenta los aspectos involucrados en la producción del cultivo.

#### **3.4.5 Costos variables (cv)**

Los costos variables son los costos relacionados con los insumos comprados y la mano de obra utilizada para las actividades productivas, que varían de un tratamiento a otro.

Es fundamental tomar en consideración todos los costos relacionados con los insumos afectados por el cambio de tratamiento. Estos son los elementos relacionados con las variables experimentales (CIMMYT, 1988).

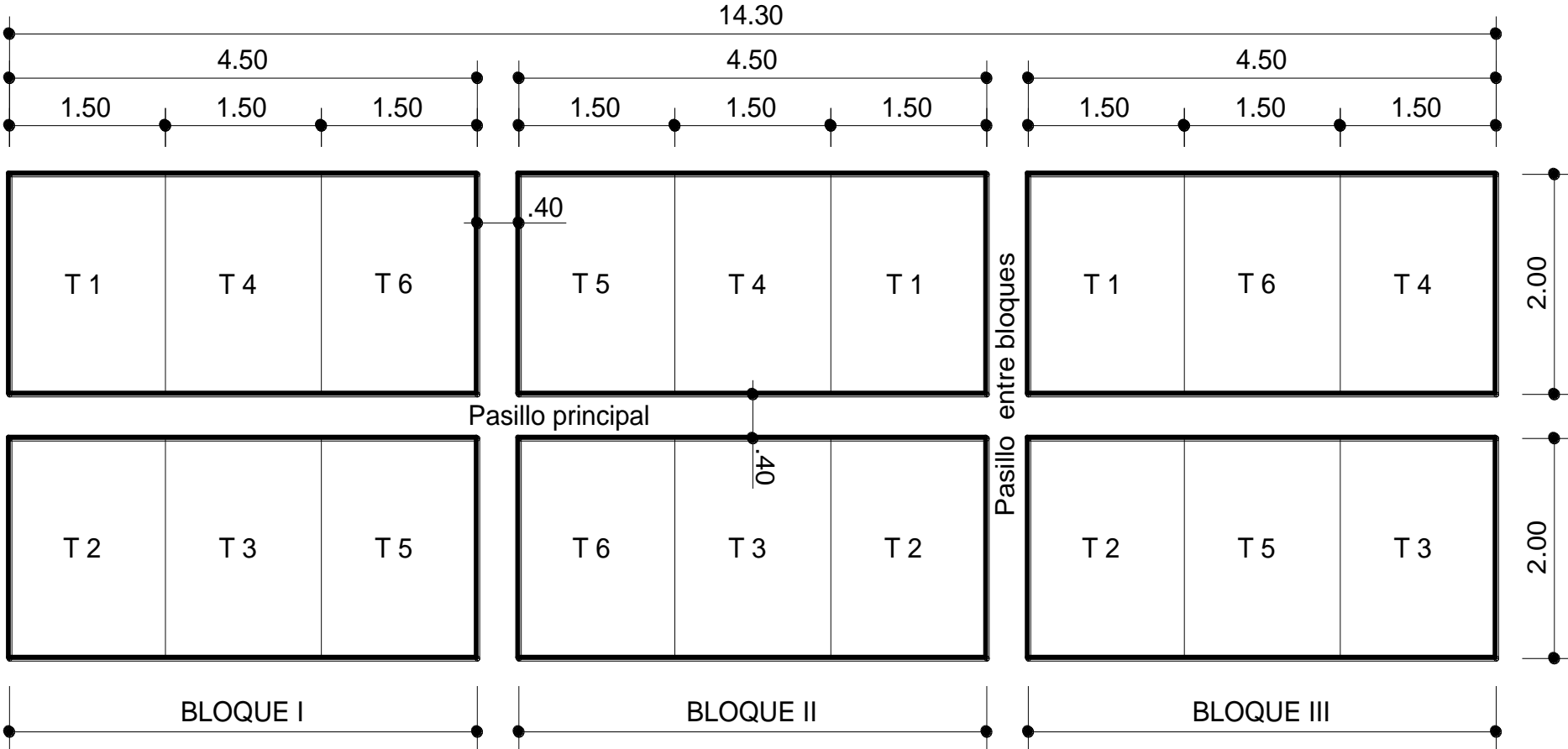
#### **3.4.6 Relación beneficio y costo (B/C)**

La relación de beneficio/costo es la comparación sistemática previa a una inversión, es decir si es factible realizar o rechazar una inversión en un determinado rubro considerando los costos totales de producción y los beneficios brutos a obtenerse, para esto se tienen las siguientes relaciones:

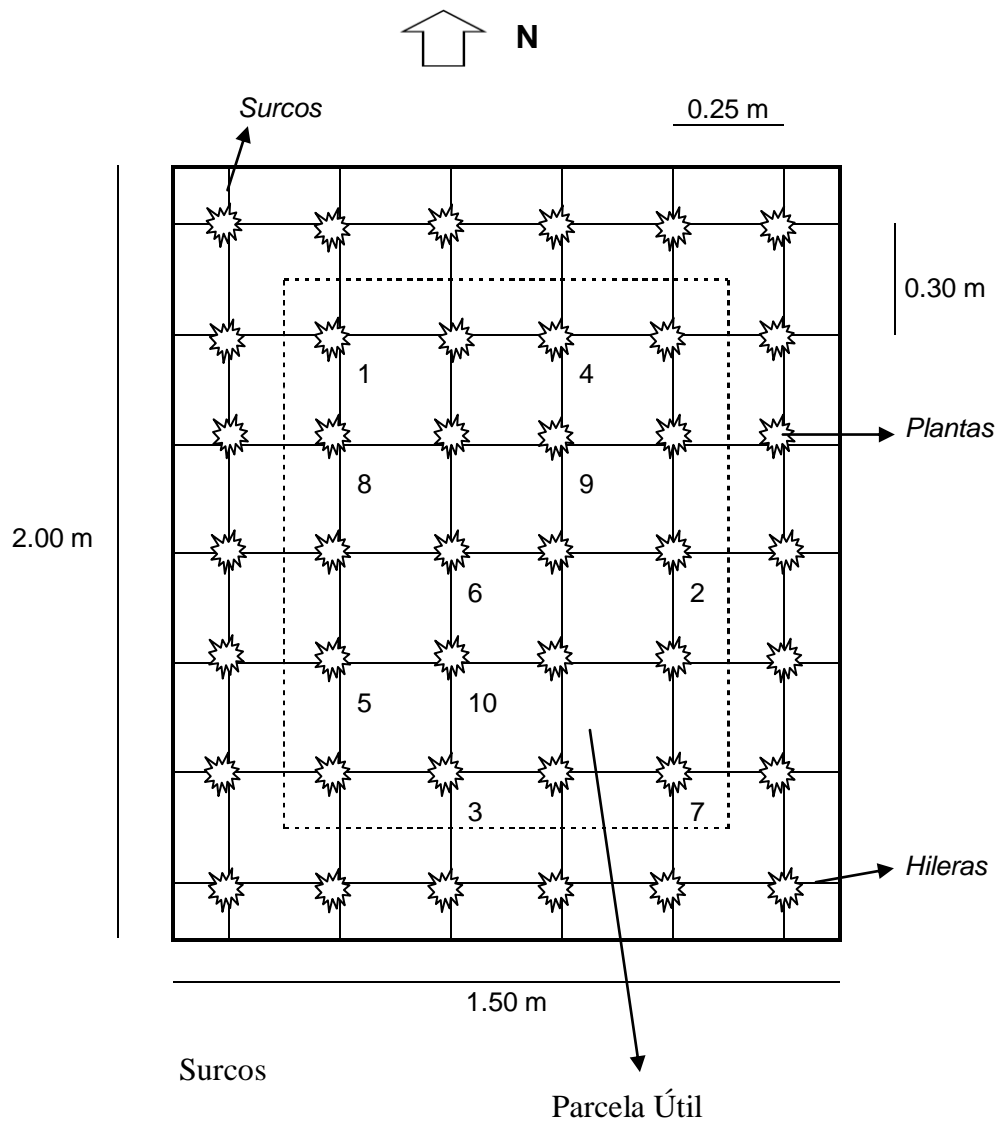
- Si el valor de B/C es mayor a 1  $\Rightarrow$  Inversión Aceptada
- Si el valor de B/C es igual a 1  $\Rightarrow$  Inversión Dudosa
- Si el valor de B/C es menor a 1  $\Rightarrow$  Inversión Rechazada

IBTA Y PROINPA (1995) indica que la regla básica de beneficio/costo (B/C), es que una inversión será rentable, si los beneficios son mayores que la unidad ( $B/C > 1$ ), es aceptable cuando es igual a la unidad ( $B/C = 1$ ), y no es rentable si es menor a la unidad ( $B/C < 1$ ).

Fig. 2. Croquis Experimental



**Fig. 3. Características de la unidad experimental**



Número de plantas: 42  
Número de surcos: 6  
Número de hileras: 7  
Número de plantas muestreadas: 10  
1, 2, 3, 4,... plantas muestreadas

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Evaluación climática

En el cuadro 17 se resumen los datos climáticos promedios por meses del microclima dentro la carpa solar y medio externo, del periodo de investigación gestión 2007.

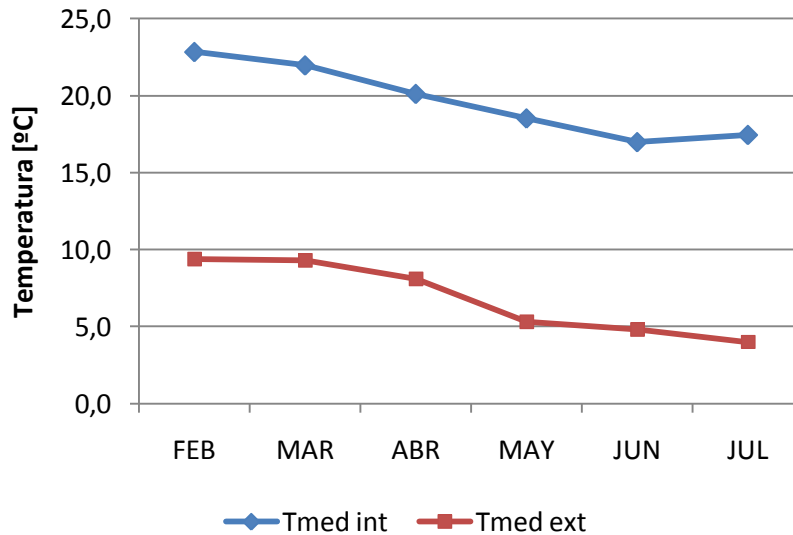
**Cuadro 17. Datos climáticos registrados durante la investigación del microclima de la carpa solar y medio externo, Gestión 2007.**

País : Bolivia		Latitud S. : 16° 31'					
Provincia: Murillo		Longitud W.: 68° 13'					
Estación : ASAANA - El Alto		Altitud : 4000 m.s.n.m					
<b>MEDIO</b>	<b>PARAM.</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>
Ambiente externo	PP [mm]	65.4	106.8	17.6	1.5	3.1	0.0
	Tmáx [°C]	15.2	14.7	14.3	14.4	13.8	13.8
	Tmín [°C]	3.1	3.8	1.8	-3.8	-4.6	-5.7
	Tmed [°C]	9.4	9.3	8.1	5.3	4.8	4.0
	HRmed [%]	65.0	68.0	50.0	35.0	38.0	31.0
Micro clima (dentro carpa solar)	Tmáx [°C]	37.2	36.0	34.4	32.8	29.5	31.5
	Tmín [°C]	8.5	7.9	5.8	4.3	4.5	3.4
	Tmed [°C]	22.8	22.0	20.1	18.5	17.0	17.5
	HRmín [%]	51.8	51.4	50.8	49.5	49.0	46.0
	HRmáx [%]	81.8	83.4	82.9	81.5	85.9	83.1
	HRmed [%]	66.8	67.4	66.8	65.5	67.5	64.6

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados y SENAMHI (2007)

#### 4.1.1 Temperaturas máximas, mínimas y medias

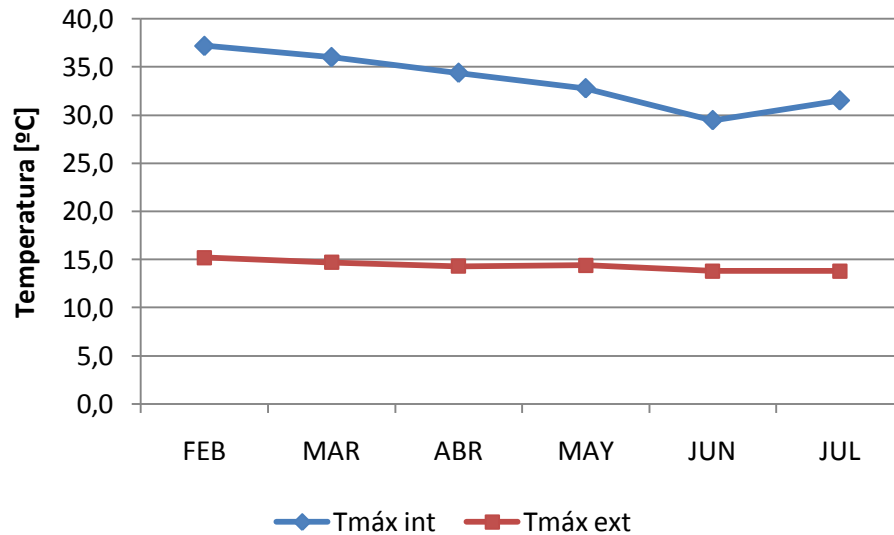
En la Fig. 4 y cuadro 17, se presentan las variaciones de temperaturas promedios del periodo de investigación (Febrero a Julio); con temperaturas del microclima del ambiente atemperado superiores frente al medio ambiente externo; con una diferencia que osciló entre 12 a 14 °C; este incremento de temperaturas dentro del microclima permitió que sea posible su producción hasta en otoño e invierno; en meses que las temperaturas del medio ambiente externo estuvieron por debajo de 0 °C.



**Fig. 4. Temperaturas promedio de medio interno (microclima) de carpas solares y medio ambiente externo, del periodo de investigación 2007.**

Así mismo, las temperaturas medias en ambos ambientes oscilaron los meses desde 22.8 °C en Febrero (época húmeda) a 17.0 °C en Junio (época seca) y de similar manera en el ambiente externo desde 9.4 °C en Febrero a 4.0 °C en Julio; esta situación influyó también en la disminución del rendimiento de materia verde en las últimas cosechas del cultivo de acelga (ver más adelante el subtítulo 4.4.4).

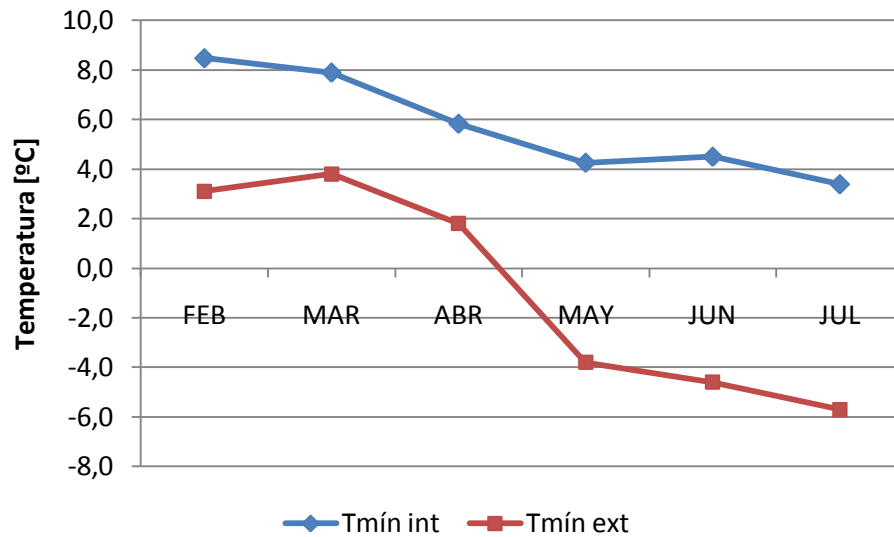
La Fig. 5, muestra las temperaturas máximas de la etapa de investigación del ambiente interno (microclima) y el ambiente externo.



**Fig. 5. Temperaturas máximas de la etapa de investigación del ambiente interno (microclima) y el ambiente externo, 2007.**

De la Fig. 5, se deduce que las temperaturas máximas dentro el ambiente protegido fueron mayores y con una amplitud de oscilación máxima de 7.7 °C de época húmeda a seca, que se manifiesta en una disminución desde el mes de Febrero a Junio de 37.2 a 29.5 °C respectivamente, variación que es dependiente de las variaciones del medio ambiente externo. Por su lado, la temperatura máxima del ambiente externo no muestra oscilación significativa, que presenta un comportamiento alrededor de 14.5 °C para la etapa de investigación. Finalmente las amplitudes de temperaturas internas con respecto a la externa fue de 22 °C como máximo en Febrero y mínima de 15.7 °C en Junio.

La Fig. 6, muestra las temperaturas mínimas de la etapa de investigación del ambiente interno (microclima) y el ambiente externo.



**Fig. 6. Temperaturas mínimas de la etapa de investigación del ambiente interno (microclima) y el ambiente externo, 2007.**

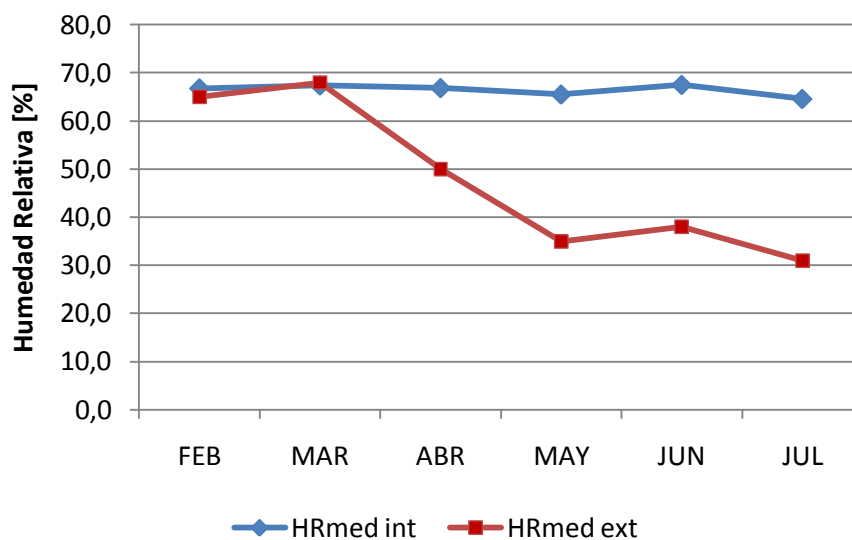
De acuerdo a la Fig. 6 se observa que la atenuación de las temperaturas mínimas del ambiente interno (microclima) con respecto al ambiente externo es mayor para todos los meses y más aun en invierno, que fue aun favorable para el normal desarrollo del cultivo oscilando alrededor de 4 °C para los meses frigidios de Mayo a Julio; mientras el ambiente externo presentaba temperaturas mínimas hasta de -6.0 °C en promedio.

Así mismo, se indica que las variaciones de las temperaturas mínimas en el ambiente externo son mayores a diferencia de las temperaturas máximas (Fig. 5) para el mismo ambiente. Esta oscilación de las temperaturas mínimas (externas) fue de 3.8 °C en Marzo a -5.7 °C en Junio, siendo entonces esta variación (disminución) alrededor de 9.5 °C, mientras la disminución de las temperaturas minimas internas (microclima) fue alrededor de 5.1 °C desde Febrero a Julio.

Las amplitudes de diferencia en temperaturas mínimas del ambiente interno (microclima) con el ambiente externo fue menor para el mes de Marzo con 4.0 °C de diferencia en promedio y una máxima diferencia de 9.1 °C durante los meses de Junio y Julio.



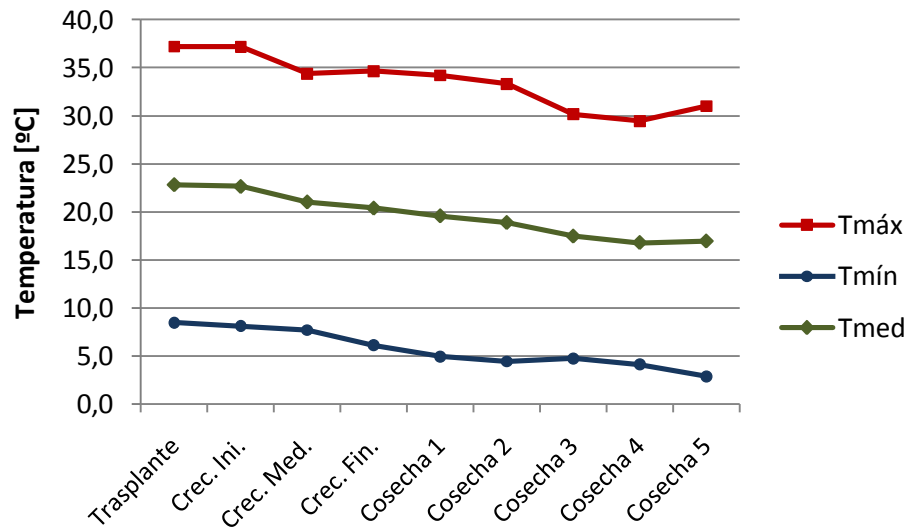
La Fig. 7, presenta las variaciones de humedad relativa del microclima del carpa solar y del medio ambiente externo circundante para el periodo de investigación.



**Fig. 7. Humedad relativa promedio de medio interno (microclima) de carpa solar y medio ambiente externo para el periodo de investigación 2007.**

De la Fig. 7, se deduce que las humedades relativas (HR) durante los meses de Febrero y Marzo tuvieron un comportamiento similar, alrededor de 66 %. Desde mediados del mes de Marzo hasta finales de mes de Mayo las humedades relativas del medio ambiente externo empiezan a disminuir significativamente hasta un 35 % de humedad; posteriormente se mantiene alrededor de este valor por los meses de Junio y Julio. Por el contrario la humedad relativa interna de la carpa solar mantuvo sus valores alrededor de 66 %, con oscilaciones que no son diferenciables debidas a la adición constante de agua como riego.

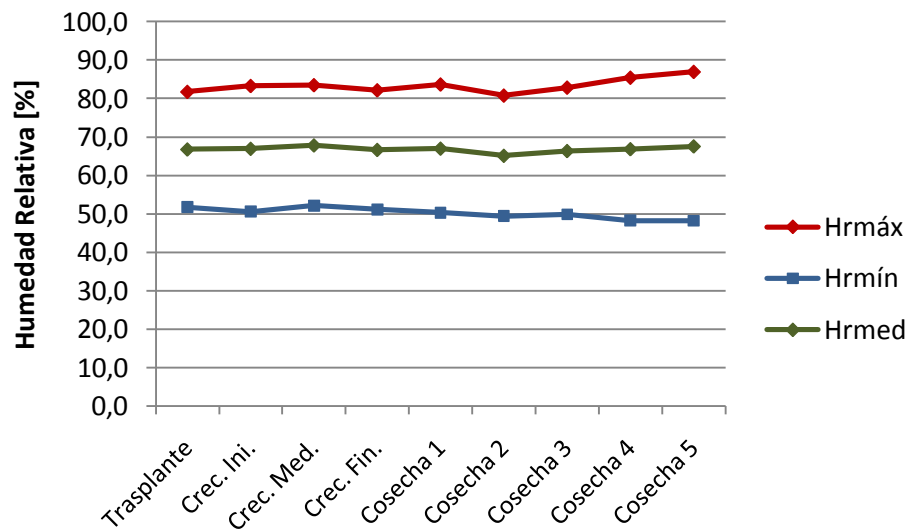
La Fig. 8, presenta las variaciones de temperatura máxima, mínima y promedio dentro del ambiente protegido para cada etapa de desarrollo de cultivo y las cosechas.



**Fig. 8. Temperaturas máxima, mínima y promedio del microclima de la carpa solar registradas para la etapa de desarrollo del cultivo de acelga, gestión 2007.**

La Fig. 8, muestra las variaciones de temperatura máximas, mínimas y medias disminuyeron a medida que hubo variación climática con una reducción desde la época cálida a la fría (verano a invierno). Esto mismo se evidenció sobre cada etapa del desarrollo del cultivo. El decremento de las temperaturas afectó de forma negativa sobre la fisiología de las plantas, los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo y por ende fue uno de los factores que incidieron sobre el rendimiento de materia verde que con el pasar de las cosechas fue disminuyendo (ver el subtítulo 4.4.4).

La Fig. 9, presenta las variaciones de humedad relativa (HR) máximas, mínimas y medias del microclima (carpa solar), registrado para cada etapa de desarrollo del cultivo de acelga.



**Fig. 9. Humedad Relativa máxima, mínima y promedio del microclima de la carpa solar registradas para la etapa de desarrollo del cultivo de acelga, gestión 2007.**

De la Fig. 9, se deduce que las HR dentro la carpa solar no muestran una variación significativa en el tiempo (y/o estacional), esto a que el vapor de agua dentro de la carpa solar es constantemente repuesta y mantenida por el riego aplicado al cultivo; así mismo la estructura de la carpa solar retuvo la humedad y actuó como aislante que evitó la influencia directa del medio externo, sobre todo en la época seca el medio ambiente externo tuvo una humedad baja que osciló entre 30 a 35 %.

## 4.2 Riego aplicado

El riego se realizó en la mayoría de las hortalizas de hoja, cultivadas en carpas solares se realizó 3 veces por semana o intervalos de uno a dos días. El cuadro 18 muestra la cantidad de agua aplicado por día y por etapas de desarrollo del cultivo, expresados en lámina de agua. Por consiguiente el método de riego empleado fue superficial por gravedad.

**Cuadro 18. Lámina de riego (La) diario y total aplicado durante la investigación**

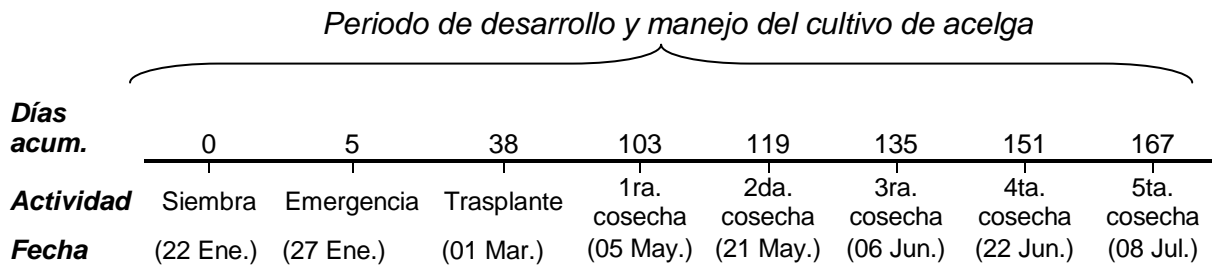
Actividad	Fecha	Nº días	La [mm/día]	La [mm]
Trasplante	01 Marzo	-	-	-
Crecimiento	19 Abril	50	3.5	175
Cosecha 1	05 Mayo	16	3.5	56
Cosecha 2	21 Mayo	16	3.5	56
Cosecha 3	06 Junio	16	3.5	56
Cosecha 4	22 Junio	16	3.5	56
Cosecha 5	08 Julio	16	3.5	56
Total		130		455

El riego en las unidades experimentales comenzó con el trasplante de las plantas en el sustrato definitivo; con una lámina de agua similar durante el desarrollo del cultivo y las cosechas; si bien en una etapa inicial de crecimiento del cultivo el consumo de agua fue menor la misma no se diferenció por una mayor área sin cobertura vegetal del cual la evaporación fue directa, y a medida que el desarrollo fue mayor el consumo de agua también incrementó, pero con un menor área del suelo para la evaporación; que al final el consumo de agua de la etapa inicial y final del desarrollo fue similar, como también entre las cosechas.

La lámina de riego aplicado en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de acelga estuvo alrededor de los 3.5 mm/día (cuadro 18); llegando alcanzar un consumo total de 455 mm para el total del periodo de investigación. El riego aplicado en las diferentes etapas consideró solamente los niveles de agua del suelo fácilmente aprovechable para este tipo de cultivos, es decir niveles hidrofísicos entre Capacidad de Campo y Fracción de Agotamiento de agua disponible del Suelo (límite aprovechable de agua sin restricción) es de 0.20 para el cultivo de acelga (Fuentes, 1998).

### **4.3 Descripción de la respuesta fenológica**

Durante el periodo de estudio se realizó la descripción física del manejo del cultivo de acuerdo a su desarrollo, los cuales comprendieron las etapas de almácigo (siembra), días al trasplante, días a la cosecha y días entre cosechas; etapas que se describen en el siguiente Fig. 10.



**Fig. 10. Periodo de desarrollo y manejo del cultivo de la acelga**

Las actividades observadas en la Fig. 10, fueron realizadas de acuerdo al cambio en las características morfológicas, siendo que la primera cosecha se realizó cuando las hojas alcanzaron un tamaño comercial, como también se consideró el cambio tenue en su coloración y las siguientes cosechas fueron aproximadamente cada 16 días, periodos en los cuales las hojas alcanzaron tamaños comerciales entre 35 a 50 cm de longitud; los cuales se describen en el subtítulo 4.4.1.

#### **4.4 Respuesta de las variables agronómicas**

Para fines de evaluación de los efectos de factores en estudio planteados (dosis de abonamiento con estiércol ovino y variedades de acelga) sobre algunas variables de respuesta (longitud de hoja, número de hojas, rendimiento de materia verde y materia seca), se realizaron los análisis estadísticos para fines de comparación.

##### **4.4.1 Longitud de hoja**

La siguiente tabla muestra el análisis de varianza para la variable longitud de hoja alcanzada a cada cosecha del cultivo de acelga, bajo los diferentes tratamientos planteados para la investigación, a partir de lo cual se observa la significancia o no de los factores en estudio a una probabilidad estadística del 95 %.

**Cuadro 19. Análisis de varianza para la longitud de hoja en diferentes cosechas del cultivo de la acelga para los efectos de los factores de estudio planteados.**

FV	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F				
		1ra. cosecha	2da. cosecha	3ra. cosecha	4ta. cosecha	5ta. cosecha
Bloques	2	0.2423 ns	0.8488 ns	0.3149 ns	0.1940 ns	0.2438 ns
Dosis de abono	2	0.0344 *	0.0017 **	0.0007 **	0.0057 **	0.0349 *
Variedades	1	0.3415 ns	0.0006 **	0.0001 **	0.0113 *	0.0002 **
Abono*variedad	2	0.0980 ns	0.0253 *	0.0025 **	0.0378 *	0.0411 *
C.V. (%)		7.16	2.87	1.78	5.56	4.25

\* Significativo al nivel de 5 %    \*\* Altamente significativo al nivel de 1 %    ns No significativo

El cuadro 19 muestra efectos significativos del factor dosis de abonamiento orgánico para la longitud de hoja en todas las cosechas realizadas, por otro lado el factor variedades y la interacción abono y variedad muestra efectos significativos para las cuatro últimas cosechas y no así para la primera en la cual las hojas alcanzaron tamaños similares, la cual se explica que en la primera fase del desarrollo las hojas fueron mayores a diferencia de las siguientes cosechas; en las cuales se diferencia el tamaño de la hojas de acuerdo a la característica de la variedad. Para mejor análisis se realizó las comparaciones de medias por el método de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

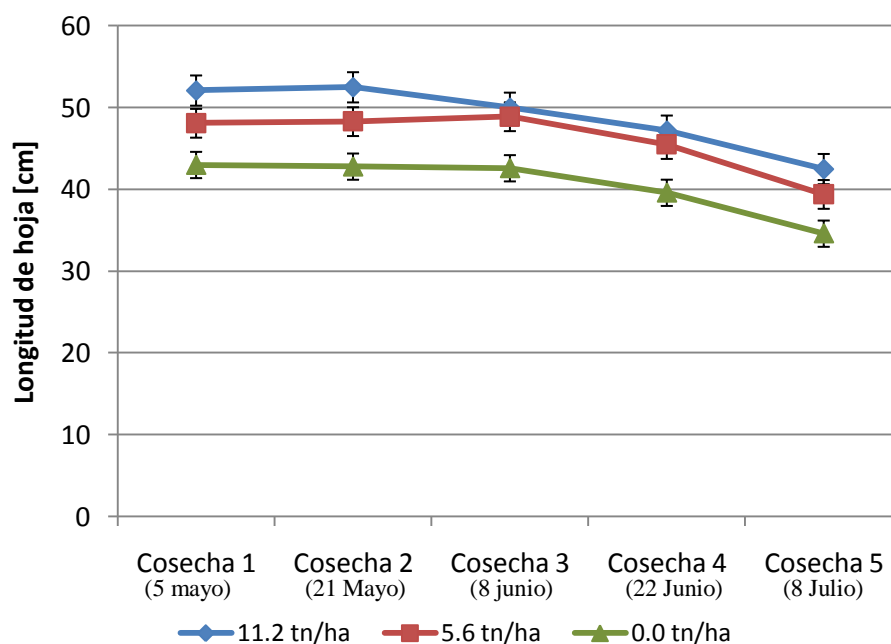
**Cuadro 20. Comparación de medias (Método de Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) para la longitud de hoja en las diferentes cosechas para el factor abonamiento orgánico.**

Abono Orgánico	Longitud de hoja [cm]				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
11.2 tn/ha	52.1 a	52.5 a	50.0 a	47.2 a	42.5 a
5.6 tn/ha	48.1 ab	48.3 b	48.9 a	45.5 a	39.4 ab
0.0 tn/ha	43.0 b	42.8 c	42.6 b	39.6 b	34.6 b

De acuerdo al cuadro 20, se deduce que el comportamiento del cultivo de la acelga a diferentes dosis de abonamiento mostró diferencias en longitudes de hoja para las diferentes cosechas.

Así mismo se deduce que los tratamientos con aplicación de abono orgánico presentaron longitudes de hoja mayores en la mayoría de las cosechas.

A continuación se muestra en la Fig. 11 que hay una relación positiva en tanto se aplique mayor materia orgánica se tendrá mayor longitud de hoja.



**Fig. 11. Longitudes de hoja alcanzadas a las diferentes cosechas del cultivo de la acelga bajo dosis de abono orgánico.**

De la Fig. 11, se deduce que las longitudes de hoja alcanzadas a las diferentes cosechas varían significativamente a partir de la cuarta cosecha, siendo que se tiene longitudes menores en la cuarta y quinta cosecha, lo que se expresará también en un menor rendimiento.

La variación de las longitudes de hoja en las últimas cosechas se puede atribuir al desgaste de nutrientes del medio donde se desarrollaron (sustrato); como también puede deberse a la variación climática de la época que afecta negativamente en la dinámica de absorción y adsorción de nutrientes del suelo, fisiología de la planta que son influenciadas por la variación climática de la época

(otoño-invierno), expresados en menor radiación solar, menos horas sol, disminución en los procesos físicos y químicos del suelo, reducción de la actividad microbiana y disminución de las temperaturas.

De acuerdo a estudios de Von Boeck (2000), sobre el cultivo de la acelga dentro de ambientes atemperados tipo Walipini, encontró un largo de hoja de 50.7 cm bajo un nivel de abonamiento de 5.81 tn/ha de humus de lombriz en la primera cosecha, longitud que es similar al presente estudio con dosis de abonamiento con estiércol de oveja de 11.2 y 5.6 tn/ha para alcanzar longitudes de hoja de 52.1 y 48.1 cm respectivamente en la primera cosecha.

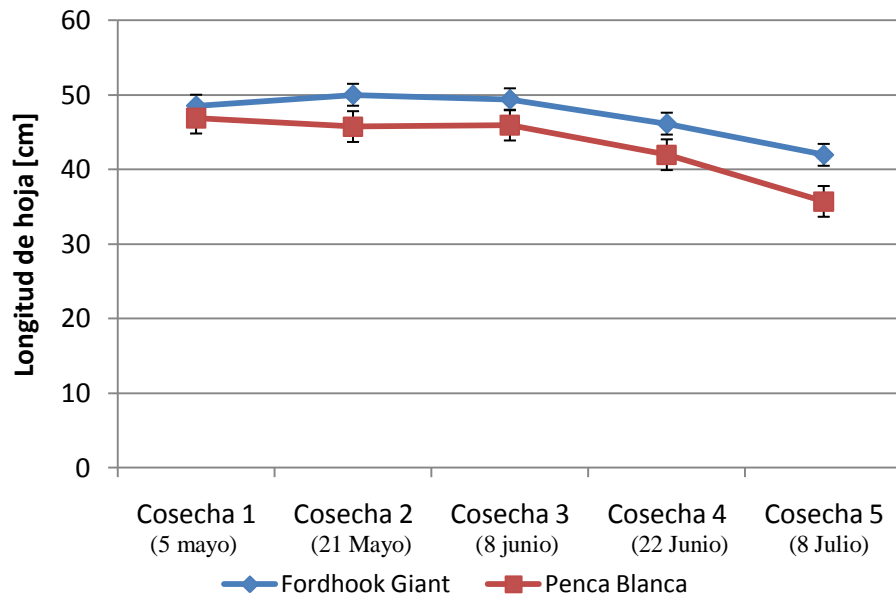
El cuadro 21 muestra la respuesta del cultivo de acelga para la longitud de hoja a las dosis de abono aplicado y la comparación de las mismas por la prueba de Duncan a nivel 5% de significancia, para las diferentes cosechas realizadas.

**Cuadro 21. Comparación de medias (Método de Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) de la longitud de hoja para las variedades de acelga para las diferentes cosechas realizadas.**

Variedades	Longitud de hoja [cm]				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
Fordhook Giant	48.6 a	50.0 a	49.4 a	46.1 a	42.0 a
Penca Blanca	46.9 a	45.8 b	45.0 b	42.0 b	35.7 b

Del cuadro 21 expresa las diferentes respuestas en longitud de hoja de las variedades de acelga estudiadas, las cuales presentan diferencias significativas a partir de la segunda cosecha, siendo entonces que la variedad *Fordhook Giant* presenta mayor longitud de hoja frente a la variedad *Penca Blanca*; la diferencia en promedio en longitud de hoja es alrededor de 4 cm. Esta diferencia en longitud de hoja de las variedades de acelga se atribuye a las características genéticas y morfológicas de cada variedad.





**Fig. 12. Longitudes de hoja alcanzadas a las diferentes cosechas de las variedades de acelga.**

La Fig. 12 expresa variación de longitud de hoja del cultivo de acelga a las diferentes cosechas realizadas; siendo así que la longitud de hoja a partir de la cuarta cosecha disminuye significativamente hasta la última cosecha, esta disminución es de aproximadamente 4 a 5 cm respecto de la cuarta y quinta cosecha respectivamente.

La disminución en la longitud de hoja en las últimas cosechas para un mismo intervalo de tiempo entre cosechas, puede ser atribuido a factores fisiológicos y medio ambientales de la época de otoño e invierno, es decir ya en esta etapa (4ta y 5ta cosecha) las plantas sufren una disminución en los procesos fisiológicos debido a los factores medio ambientales expresados en menos horas sol y disminución de las temperaturas del medio carpa solar, debido a la transición estacional de otoño a invierno que se describió Fig. 10. Otro de los factores que pudo afectar fue la reducción de los nutrientes del suelo debido a la extracción de estos en las cosechas previas, como también el Complejo Adsorbente del Suelo (CAS) es afectada por las condiciones climáticas frías con menor radiación solar y menos horas sol en esta época.

Según estudios de Von Boeck (2000), para el cultivo de la acelga dentro de ambientes atemperados tipo Walipinis, encontró un largo de hoja de 49.3 cm para la variedad *Fordhook Giant* en la primera cosecha, longitud que es similar al presente estudio con 48.6 cm para la misma variedad.

**Análisis de efectos simples para la longitud de hoja:** De la interacción abonos orgánicos y variedades de acelga; en cosechas en que presentaron significancia estadística, en este caso mostraron diferencias significativas a partir de la segunda hasta la última cosecha, entonces el cuadro 22 muestra el análisis de varianza de efectos simples para la longitud de hoja de las variedades de acelga bajo el efecto de las dosis de abonamiento orgánico.

**Cuadro 22. Análisis de efectos simples para la longitud de hoja de la interacción dosis de abono orgánico y variedades de acelga**

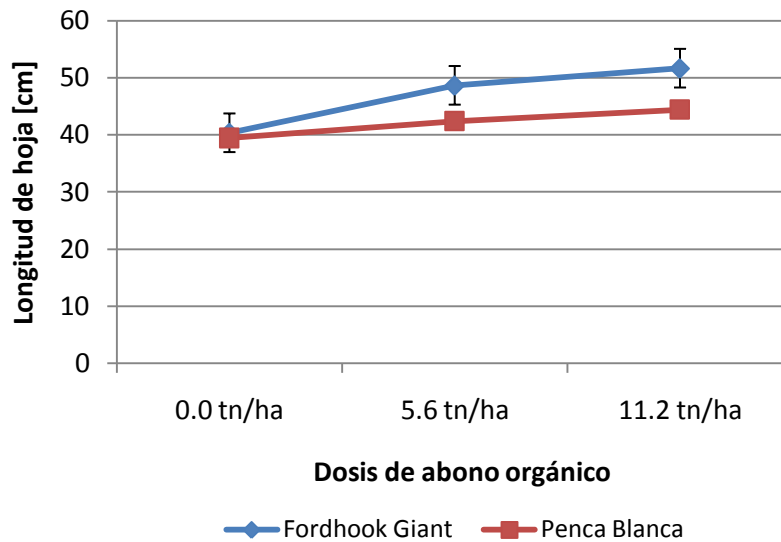
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>	<b>Significancia</b>
Var. en 0.0 tn/ha	1	1.1616	1.1616	0.41	5.99	ns
Var. en 5.6 tn/ha	1	58.1568	58.1568	20.54	5.99	*
Var. en 11.2 tn/ha	1	78.6813	78.6813	27.79	5.99	*
Error	6	16.9888	2.8318			

\* Significativo al nivel de 5 %

\*\* Altamente significativo al nivel de 1 %

ns No significativo

De acuerdo al análisis de varianza de efectos simples (cuadro 22), se observa que el desarrollo en longitud de hoja de las variedades a cada nivel de abonamiento mostró respuestas diferentes, específicamente dentro de los niveles de abonamiento con 5.6 y 11.2 tn/ha de abono orgánico, las variedades de acelga presentaron diferentes longitudes de hoja, como se puede apreciar en la Fig. 13.



**Fig. 13. Análisis del efecto simple para la longitud de hoja de las variedades de acelga bajo los efectos de dosis de abono orgánico (estiércol)**

La variedad *Fordhook Giant* mostró mejor desarrollo foliar en longitud bajo los tratamientos con abono orgánico frente a la variedad *Penca Blanca*, que mostró un moderado desarrollo a los mismos tratamientos (Fig. 13); pero ambas variedades mostraron longitudes de hoja similares al tratamiento sin abonamiento.

La mejor respuesta al abonamiento orgánico de la variedad *Fordhook Giant* puede atribuirse a la morfología y fisiología propia de esta variedad, como también a las características varietales.

#### 4.4.2 Número de hojas por planta

Para evaluar los efectos de los factores planteados en la presente investigación sobre el número de hojas comerciales del cultivo de la acelga, se realizó el análisis de varianza (cuadro 23), en la cual se expresan los efectos de los factores para las cinco cosechas realizadas y sus coeficientes de variación.

**Cuadro 23. Análisis de varianza del número de hojas alcanzadas a las diferentes cosechas del cultivo de la acelga para los factores de estudio.**

FV	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F				
		1ra. cosecha	2da. cosecha	3ra. cosecha	4ta. cosecha	5ta. cosecha
Bloques	2	0.4402 ns	0.0077 ns	0.0837 ns	0.2993 ns	0.6519 ns
Dosis de abono	2	0.0337 *	0.0782 ns	0.2299 ns	0.4952 ns	0.9909 ns
Variedades	1	0.0009 **	0.0496 *	0.0010 **	0.0035 *	0.0376 *
Abono*variedad	2	0.1997 ns	0.1653 ns	0.7938 ns	0.1144 ns	0.9502 ns
C.V. (%)		4.50	3.62	3.82	3.58	6.82

\* Significativo al nivel de 5 %      \*\* Altamente significativo al nivel de 1 %      ns No significativo

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 23), se obtuvieron valores bajos de coeficientes de variabilidad lo cual indica que los datos obtenidos del número de hojas comerciales para el cultivo en estudio, han sido llevados correctamente, los mismos que se encuentra dentro del rango para experimentos con cultivos. Como también podemos aseverar que los resultados obtenidos son confiables.

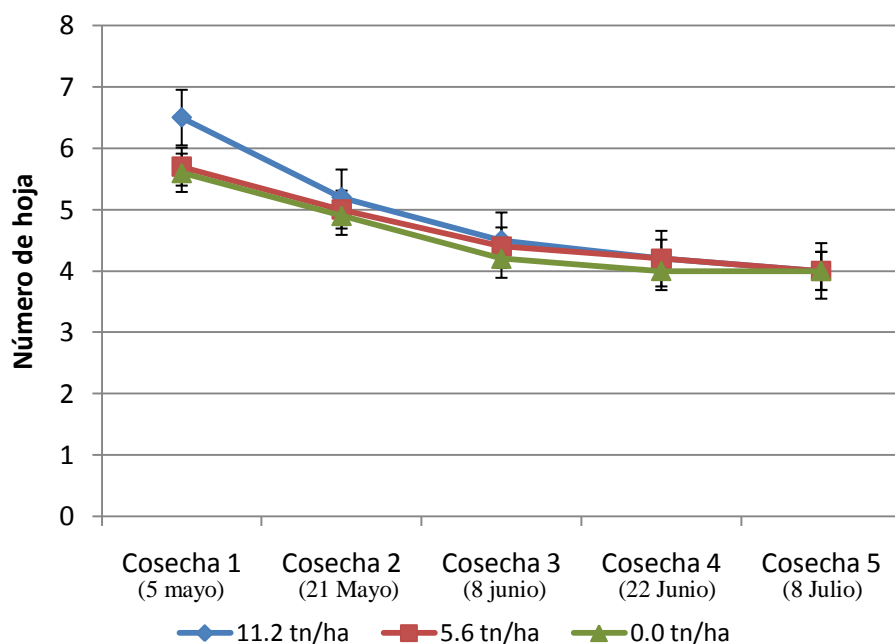
Por otro lado, los efectos de los factores bloques y la interacción abono orgánico y variedades de acelga no presentaron diferencias significativas en ninguna de las cosechas realizadas, por el contrario el efecto de las variedades fueron significativas y finalmente el efecto de abonamiento orgánico mostró significancia estadística en la primera cosecha y no así en las restantes cosechas. Para un mejor análisis se realizó las comparaciones de medias por la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

**Cuadro 24. Comparación de medias (Método Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) del número de hojas por planta del cultivo de acelga alcanzadas a las cosechas para el factor abonamiento orgánico.**

Abono Orgánico	Número de hojas comerciales por planta				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
11.2 tn/ha	6.5 a	5.2 a	4.5 a	4.2 a	4.0 a
5.6 tn/ha	5.7 b	5.0 a	4.4 a	4.2 a	4.0 a
0.0 tn/ha	5.6 b	4.9 a	4.2 a	4.0 a	4.0 a

De acuerdo al cuadro 24, el efecto del abonamiento orgánico sobre el cultivo de la acelga expresa significancia en la primera cosecha, en lo cual la dosis de abonamiento orgánico de 11.2 tn/ha produjo en promedio una hoja más a diferencia de los tratamiento con 5.6 y 0 tn/ha de abono que es 6.5 hojas comerciales por planta. Este incremento en una hoja por la adición alta de estiércol de oveja pudo estimular mejor las yemas apicales para la formación de hojas, como también puede ser explicada que una mayor disponibilidad de nutrientes en el sustrato favorece el desarrollo integral del cultivo de la acelga.

Una vez realizada la primera cosecha y siendo extraídos parte de los nutrientes del suelo la incidencia del abonamiento para una mayor generación de hojas se atenúa en las siguientes cosechas como se puede apreciar en la Fig. 14.



**Fig. 14. Número de hojas alcanzadas a las diferentes cosechas bajo dosis de abono orgánico.**

De acuerdo a la Fig. 14, se aprecia una disminución significativa en el número de hojas comerciales por planta hasta la tercera cosecha, luego existe una estabilización hasta la última cosecha; comportamiento que es similar para las tres dosis de abonamiento.

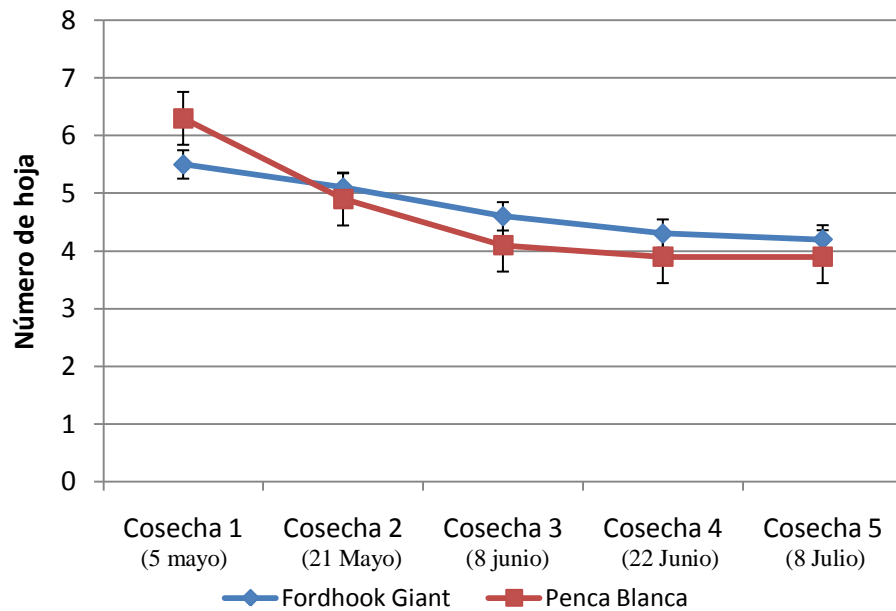
Esta variación en el número de hoja de las primeras cosechas se puede explicar por el desgaste de nutrientes del medio (sustrato), como también puede ser a las sucesivas cosechas, que se expresan en una regeneración reducida de meristemas apicales en el tiempo, lo contrario ocurría en las primeras cosechas que se tenía mayor regeneración de meristemas por la incidencia significativa de macro y micronutrientes provenientes del suelo y abono orgánico.

El cuadro 25 expresa la respuesta del cultivo de acelga en número de hojas comerciales por planta y la comparación de las mismas por la prueba de Duncan a un nivel 5% de significancia, para las diferentes cosechas realizadas.

**Cuadro 25. Comparación de medias (Método Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) del número de hojas por planta de las variedades de acelga alcanzadas a las diferentes cosechas.**

Variedades	Número de hojas comerciales por planta				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
Fordhook Giant	5.5 b	5.1 a	4.6 a	4.3 a	4.2 a
Penca Blanca	6.3 a	4.9 b	4.1 b	3.9 b	3.9 b

El cuadro 25 se resume, que la variedad *Penca Blanca* muestra una mejor respuesta para la primera cosecha con mayor número de hojas, la cual se puede atribuir a que responde mejor manera durante su desarrollo a los nutrientes totales y disponibles del medio, después de la primera cosecha esta variedad parece expresar únicamente sus características varietales con menor número de hojas frente a la variedad *Fordhook Giant*, que mostró una variación mínima en el número de hojas desde la primera hasta la última cosecha, como se puede apreciar en la Fig. 15.



**Fig. 15. Número de hojas alcanzadas a las diferentes cosechas de las variedades de acelga.**

La variación del número de hojas se expresa significativamente en las primeras dos cosechas con una disminución de uno a dos hojas con respecto a las últimas tres cosechas; esta variación puede ser atribuida a la mayor disponibilidad de nutrientes en las primeras fases y su desgaste en las siguientes cosechas que implica un menor número de hojas, llegando a atenuarse en las últimas cosechas simplemente a la expresión morfológica de las variedades.

#### **4.4.3 Rendimiento de materia verde**

Para evaluar los efectos de los factores planteados en la presente investigación sobre el Rendimiento de Materia Verde comercial del cultivo de la acelga, se realizó el análisis de varianza (cuadro 25), el cual expresa los efectos de los componentes principales y efectos simples para cada cosecha y sus coeficientes de variación.

**Cuadro 26. Análisis de varianza del rendimiento de materia verde alcanzadas a las diferentes cosechas del cultivo de acelga para los factores de estudio planteados.**

FV	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F				
		1ra. cosecha	2da. cosecha	3ra. cosecha	4ta. cosecha	5ta. cosecha
Bloques	2	0.3194 ns	0.9694 ns	0.1243 ns	0.7391 ns	0.5368 ns
Dosis de abono	2	0.0045 *	0.0064 **	0.0005 **	0.0124 *	0.0262 *
Variedades	1	0.0001 **	0.0003 **	0.0003 **	0.0387 *	0.0019 **
Abono*variedad	2	0.0564 ns	0.0320 *	0.0231 *	0.0002 **	0.1586 ns
C.V. (%)		10.60	12.54	14.43	12.61	12.68

\* Significativo al nivel de 5 %      \*\* Altamente significativo al nivel de 1 %      ns No significativo

De acuerdo al cuadro 26, el factor bloques no mostró significancia estadística que en este caso las condiciones experimentales del medio fueron “homogéneas”; así mismo, los coeficientes de variación alcanzaron valores por debajo del 15%, lo cual indica que los datos obtenidos del rendimiento comercial del cultivo de acelga han sido llevados adecuadamente, los mismos que se encuentra dentro del rango para experimentos con cultivos. Como también podemos aseverar que los resultados obtenidos son confiables.

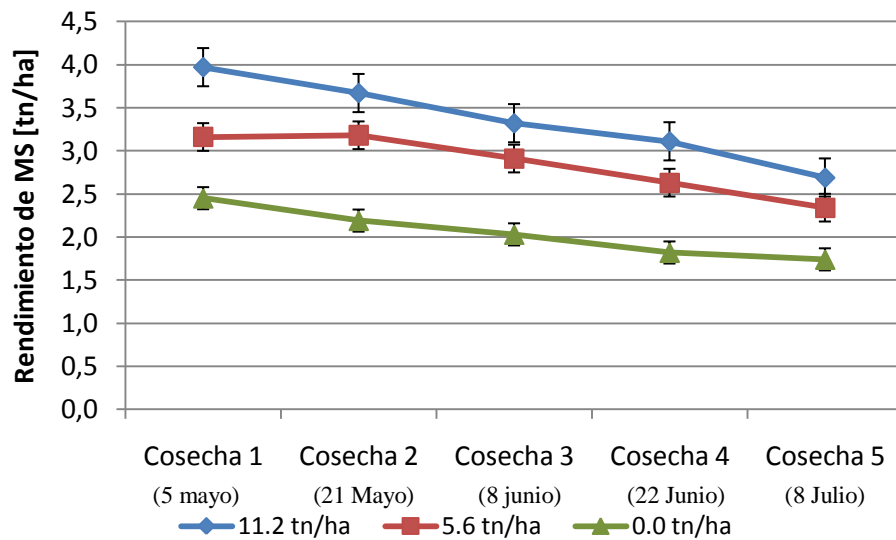
Por otro lado, los efectos de los componentes principales (dosis de abono y variedades) presentaron efectos significativos en todas las cosechas, y finalmente los efectos simples de la interacción abono\*variedad presentó significancia estadística en la primera, segunda y tercera cosecha y no significativos en las restantes cosechas. Para un mejor análisis se realizó las comparaciones de medias por la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

**Cuadro 27. Comparación de medias (Método Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) del rendimiento de materia verde del cultivo de acelga alcanzadas a las diferentes cosechas para el factor abonamiento orgánico.**

Abono Orgánico	Rendimiento materia verde [tn/ha]				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
11.2 tn/ha	39.7 a	34.9 a	30.2 a	27.0 a	22.4 a
5.6 tn/ha	31.1 b	30.3 a	26.4 b	22.9 a	19.5 a
0.0 tn/ha	24.5 c	20.2 b	18.4 c	15.8 b	14.5 b



Del cuadro 27 se deduce que las respuestas en rendimiento de materia verde del cultivo de la acelga a diferentes dosis de abonamiento fueron diferentes; siendo así que el rendimiento con una dosis alta de abonamiento (11.2 tn/ha) fue también mayor (Fig. 16), seguido por el abonamiento con dosis de 5.6 tn/ha, con lo cual se obtuvo rendimientos intermedios en todas las cosechas y finalmente el tratamiento sin aplicación de abono (0 tn/ha) produjo rendimientos menores en todas las cosechas.



**Fig. 16. Rendimiento de materia verde alcanzadas a las diferentes cosechas bajo dosis de abono orgánico**

De la Fig. 16, se deduce que el rendimiento de materia verde de cada nivel de abonamiento disminuye con las cosechas, disminuciones que son significativas y oscilan de 3.0 a 3.5 tn/ha de materia verde (MV) de una cosecha a otra. Estas reducciones se atribuyen a la absorción continua de nutrientes del sustrato, cambios estacionales (otoño a invierno) y por ende disminución en la dinámica de absorción y adsorción de nutrientes del sustrato debidas al letargo en los procesos físico, químico y biológicos.

Contrastando con los estudios de Von Boeck (2000), que obtuvo rendimientos de 48.6 tn/ha materia verde con un abonamiento de humus de 5.81 tn/ha; en contraste con el presente estudio que mostro un rendimiento aproximado de 40 tn/ha materia verde con un abonamiento con estiércol ovino de 11.2 tn/ha. La diferencia en rendimiento puede ser atribuido al tipo de abono orgánico, a las condiciones de manejo, condiciones de medio y época.

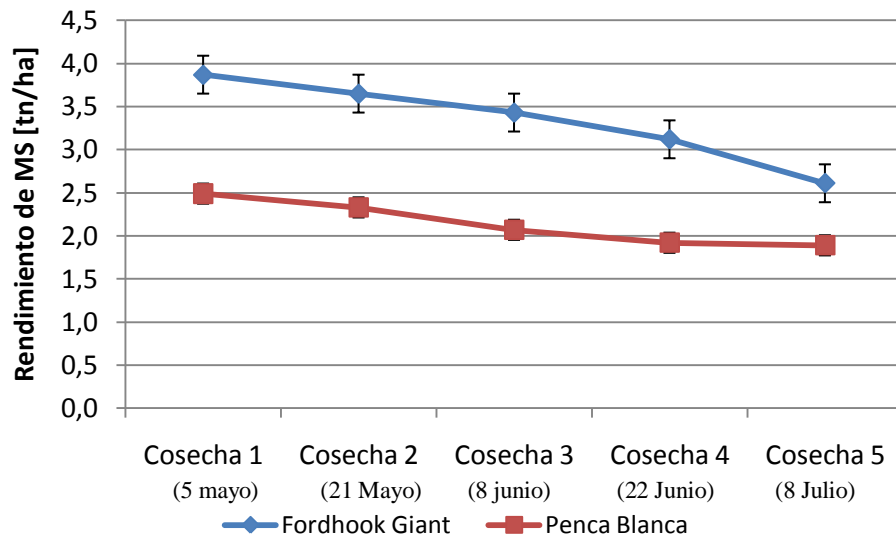
El cuadro 28 expresa la respuesta del cultivo de la acelga en rendimiento comercial al efecto de las variedades y la comparación de las mismas por la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 5%, para las diferentes cosechas realizadas.

**Cuadro 28. Comparación de medias (Método Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) del rendimiento de materia verde de las variedades de acelga alcanzadas a las diferentes cosechas**

Variedades	Rendimiento materia verde [tn/ha]				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
Fordhook Giant	38.7 a	34.7 a	31.2 a	27.1 a	21.8 a
Penca Blanca	24.9 b	22.2 b	18.8 b	16.7 b	15.8 b

De acuerdo al cuadro 28, se observa que el rendimiento de materia verde entre las variedades es diferente en cada cosecha; con un mayor rendimiento la variedad *Fordhook Giant* frente a la variedad *Penca Blanca*. Esta superioridad de la primera variedad puede ser atribuida a la buena característica productiva de esta variedad.

Comparando con los estudios Von Boeck (2000), se obtuvo un rendimiento de 46.0 tn/ha para la variedad la *Fordhook Giant* en la primera cosecha, rendimiento que es superior al presente estudio con 38.7 tn/ha; esta diferencia puede ser explicada mediante el manejo de factores, medios y tipos de insumos empleados para su estudio.



**Fig. 17. Rendimiento de materia verde comercial alcanzada a las diferentes cosechas de las variedades de acelga.**

De acuerdo a las comparaciones estadísticas realizadas y Fig. 17, se explica que el rendimiento de materia verde de las cosechas disminuye en el tiempo, el cual también puede ser algo subjetivo considerando la época frígida (otoño-invierno) de investigación que requeriría mayor número de días (mayor a 15 días) de cosecha a cosecha, considerando que en esta época las temperaturas y la radiación solar disminuyen, las horas sol son menores, que repercute sobre la fisiología de la planta con menor dinámica de la absorción y adsorción de nutrientes del suelo, disminución de la actividad metabólica de la planta, como también es afectada a la disminución de procesos físicos, químicos y biológicos del suelo; por lo tanto el tiempo entre cosechas es un factor que podría manejarse para obtener rendimientos similares a la primera cosecha.

**Análisis de efectos simples para el rendimiento de materia verde:** Fue de la interacción abonos orgánicos y variedades de acelga de las cosechas en las cuales este factor presentó significancia estadística, en este caso fueron significativas desde la segunda hasta la última cosecha (cuadro 26), las cuales se promediaron para su análisis de varianza de efectos simples de las variedades de acelga bajo el efecto de las dosis de abonamiento orgánico.

**Cuadro 29. Análisis de efectos simples para rendimiento de materia verde para la interacción dosis de abono y variedades de acelga**

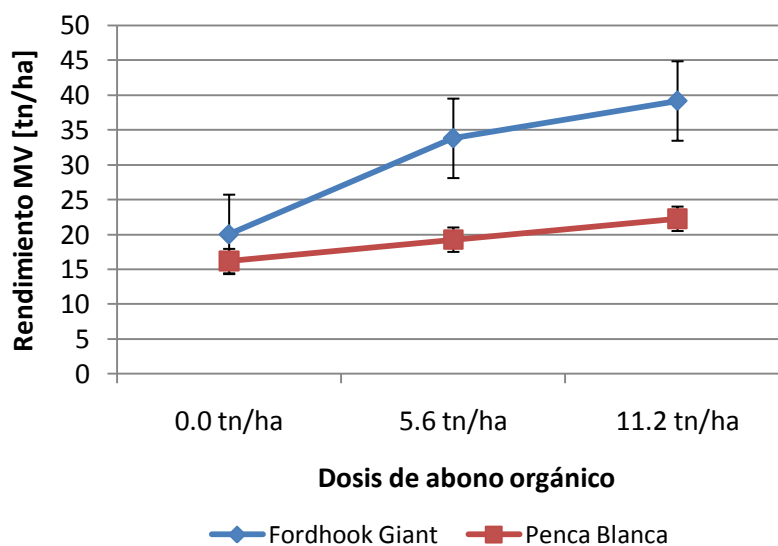
FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Significancia
Var. en 0.0 tn/ha	1	22.0455	22.0455	1.98	5.99	ns
Var. en 5.6 tn/ha	1	317.1465	317.1465	28.50	5.99	*
Var. en 11.2 tn/ha	1	428.4150	428.4150	38.50	5.99	*
Error	6	66.7620	11.1271			

\* Significativo al nivel de 5 %

\*\* Altamente significativo al nivel de 1 %

ns No significativo

De acuerdo al cuadro 29 y Fig. 18 se deduce que el rendimiento de materia verde de las variedades de acelga bajo los efectos de abono orgánico fueron diferentes; como también sus respuesta a las dosis de abonamiento, es decir a medida que hubo adición de abono también incrementaron sus rendimientos. Por lo tanto, se obtuvo mayor rendimiento de materia verde con la variedad *Fordhook Giant* en los tratamientos con abono orgánico frente a la variedad *Penca Blanca*, por otra parte, en las siembras sin abonamiento ambas variedades mostraron rendimientos similares; esto explica que la variedad *Fordhook Giant* responde de mejor forma al abonamiento orgánico (estiércol de ovino).



**Fig. 18. Análisis del efecto simple para el rendimiento de materia verde de las variedades de acelga bajo el efecto de dosis de abono orgánico**

Finalmente de la Fig. 18 se puede explicar que la adición de abono orgánico de 5.6 tn/ha resultado del calculo previo entre la necesidad nutricional del cultivo de la acelga y del contenido de nutrientes del suelo (sustrato base). Que si bien es un nivel ideal determinado para un rendimiento optimo que puede expresarse en la primera(s) cosecha(s), luego existe un desgaste nutrientes del suelo que no se manifiesta de la misma manera en las restantes cosechas; entonces el abonamiento considerado de 11.2 tn/ha (dosis doble) puede explicar que si bien hay un desgaste de nutrientes en las primeras cosechas la misma no es significativa para las restantes cosechas lo cual se manifiesta que desde al abonamiento orgánico de 5.6 a 11.2 tn/ha sigue incrementado significativamente, aunque no así tanto como del abonamiento de 0 a 5.6 tn/ha.

#### 4.4.4 Rendimiento total de materia verde

Para evaluar los efectos de los factores planteados en la presente investigación para el Rendimiento Total de Materia Verde comercial del cultivo de la acelga, se realizó el análisis de varianza (cuadro 30), en lo cual se expresan los efectos de los componentes principales y efectos simples para cada cosecha y sus coeficientes de variación.

**Cuadro 30. Análisis de varianza del rendimiento total de materia verde de las cinco cosechas del cultivo de acelga para los factores de estudio planteados.**

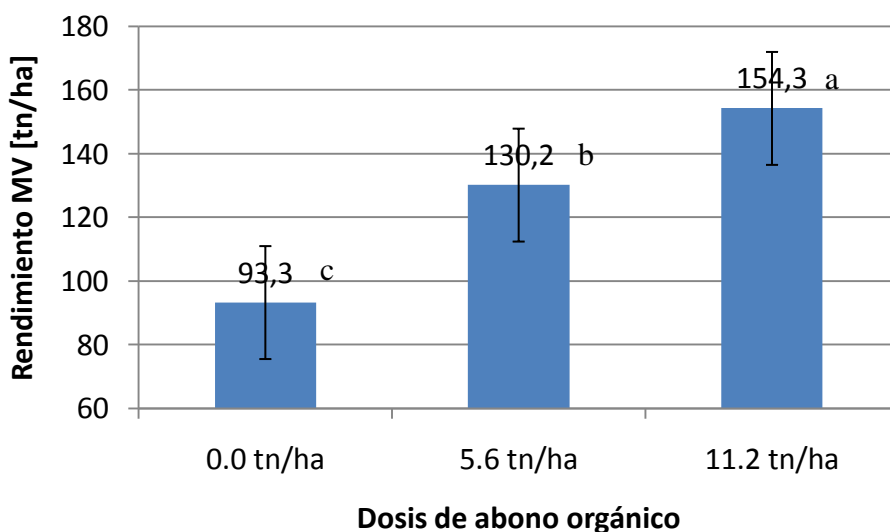
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>Prob &gt; F</b>	<b>Significancia</b>
Bloques	2	0.57	0.6075	ns
Dosis de abono	2	37.07	0.0026	**
Variedades	1	105.75	0.0001	**
Abono*variedad	2	10.37	0.0113	*

\* Significativo al nivel de 5 %      \*\* Altamente significativo al nivel de 1 %      ns No significativo  
C.V. = 9.01 %

De acuerdo al cuadro 30 el factor bloques no mostró significancia estadística debido a las condiciones experimentales del medio que fueron “homogéneas”; así mismo, el valor del coeficiente de variación fue 9.01% que indica que los datos obtenidos del rendimiento total de materia verde comercial del cultivo de acelga en la presente investigación han sido llevados adecuadamente, los mismos que se encuentra dentro del rango para experimentos con cultivos. Como también podemos aseverar que los resultados obtenidos son confiables.

Por otro lado, los efectos de los componentes principales (dosis de abono y variedades) presentaron efectos altamente significativo, y finalmente el efecto simple de la interacción abono\*variedad presentó significancia estadística, lo que explica que los rendimientos de las variedades dentro de cada nivel de abonamiento fueron diferentes. Para mejor análisis se realizó las comparaciones de medias por la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

**Rendimiento Total de Materia Verde comercial del cultivo de la acelga para las dosis de abonamiento:** De acuerdo a las pruebas estadísticas (cuadro 17) el factor abonamiento orgánico presentó significancia estadística sobre el rendimiento total de materia verde; por lo tanto se realizó la comparación de medias por método de Duncan a nivel de significancia de 5 % (Fig. 19).



**Fig. 19. Rendimiento de materia verde total del cultivo de la acelga a diferentes dosis de abonamiento orgánico (estiércol ovino)**

La Fig. 19 expresa el rendimiento total de materia verde del cultivo de la acelga bajo el efecto de abonamiento orgánico, el cual muestra que los rendimientos bajo los diferentes dosis de abonamiento son estadísticamente diferentes, siendo así que se obtuvieron mayores rendimientos en las siembras con abonamiento frente a siembras sin abonamiento; concretamente con una dosis alta de abonamiento (11.2 tn/ha) se obtuvo un rendimiento de 154.3 tn/ha, seguida del

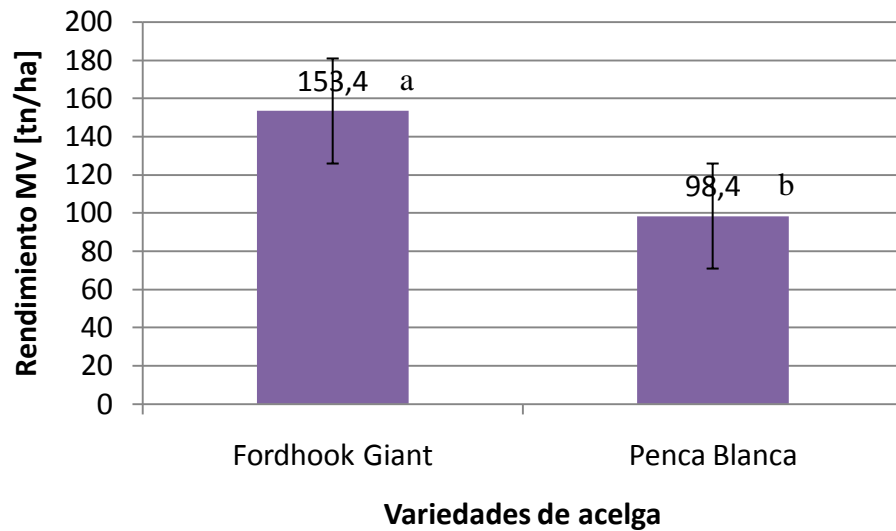
abonamiento con de 5.6 tn/ha que produjo 130.2 tn/ha rendimiento y finalmente la siembra sin abonamiento produjo 93.3 tn/ha de rendimiento.

El rendimiento total de materia verde incrementó en relación a cantidad de adición de abono orgánico (estiércol ovino), siendo proporcional esta relación hasta cierto nivel de abonamiento para este cultivo que requiere una extracción de nutrientes en forma consecutiva en el tiempo en cada cosecha, si bien se determinó una “dosis óptima” de 5.6 tn/ha resultado del calculo previo entre la necesidad nutricional del cultivo de la acelga y del contenido de nutrientes del suelo (anexo 1); determinado para un rendimiento optimo que puede expresarse en la primera(s) cosecha(s), luego existe un desgaste de nutrientes del suelo que no se manifiesta de la misma manera en los restantes cosechas; entonces con el abonamiento considerado de 11.2 tn/ha (dosis doble); el cual puede explicarse que si bien hay un desgaste de nutrientes del sustrato en las primeras cosechas la misma no es significativa para las restantes cosechas lo cual se manifiesta que desde al abonamiento de 5.6 a 11.2 tn/ha sigue incrementado significativamente, aunque no tanto como del abonamiento de 0 a 5.6 tn/ha.

Según estudios de Von Boeck (2000) que obtuvo rendimientos totales de 127.0 y 177.0 tn/ha de materia verde para dosis de abonamiento de 0.0 y 5.81 tn/ha de humus de lombris respectivamente; rendimientos que son superiores al presente estudio con 93.3 y 130.2 tn/ha rendimiento comercial; superioridad que puede atribuirse al tipo de manejo, tipo de abono, epoca, condiciones microclimáticas y ambientales, suelos (sustrato).

**Rendimiento total de materia verde comercial para las variedades de acelga:**

Las variedades de acelga (Fig. 20), muestran el total del rendimiento total comercial de las cosechas realizadas para cada una de las variedades; como también se observa que estos rendimientos de las variedades son estadísticamente diferentes.



**Fig. 20. Rendimiento total de materia verde comercial para las variedades de acelga**

El alto rendimiento total de materia verde de la variedad *Fordhook Giant* frente a la *Penca Blanca* es atribuible a que esta variedad tiene características varietales de mejor rendimiento, debido a que tiene un mayor porte expresado en mayor longitud de hojas, mayor número de hojas y área foliar.

Comparando estos resultados con los estudio de Von Boeck (2000), que obtuvo un rendimiento total de 171.0 tn/ha de materia verde que fue superior al presente estudio con 153.4 tn/ha; siendo la diferencia en 17.6 tn/ha. Este mayor rendimiento puede ser explicada por las condiciones del medio (condiciones de producción) más adecuadas para el desarrollo de los cultivos; es decir a las diferencias fueron en los medios de cultivo: condiciones micro-climáticas, tipo de abono empleado, época, suelos (sustratos), tipo manejo y otros.

**Análisis de efectos simples para el rendimiento total de materia verde:** El cuadro 31 muestra los valores promedios de materia verde de la interacción de las variedades de acelga bajo el efecto de abonamiento orgánico (estiércol ovino):



**Cuadro 31. Rendimiento total de materia verde de las variedades de acelga bajo efecto de abonamiento orgánico (estiércol)**

Abono Orgánico	Variedades de acelga		Promedio
	Fordhook Giant	Penca Blanca	
0.0 tn/ha	103.7	82.9	<b>93.3</b>
5.6 tn/ha	164.4	96.1	<b>130.2</b>
11.2 tn/ha	192.2	116.4	<b>154.3</b>
<b>Promedio</b>	<b>153.4</b>	<b>98.4</b>	<b>125.9</b>

Del cuadro 31 se interpreta que el rendimiento total promedio (de las cinco cosechas) de la investigación fue de 125.9 tn/ha (12.6 kg/m<sup>2</sup>) de materia verde.

El cuadro 30 de análisis de varianza muestra que la interacción dosis de abono orgánico y variedades presentó significancia estadística, entonces se realizó el análisis de varianza para comparar las diferencias estadísticas entre variedades a cada nivel de abonamiento (cuadro 32).

**Cuadro 32. Análisis de efectos simples para rendimiento total de materia verde para la interacción dosis de abono orgánico y variedades de acelga**

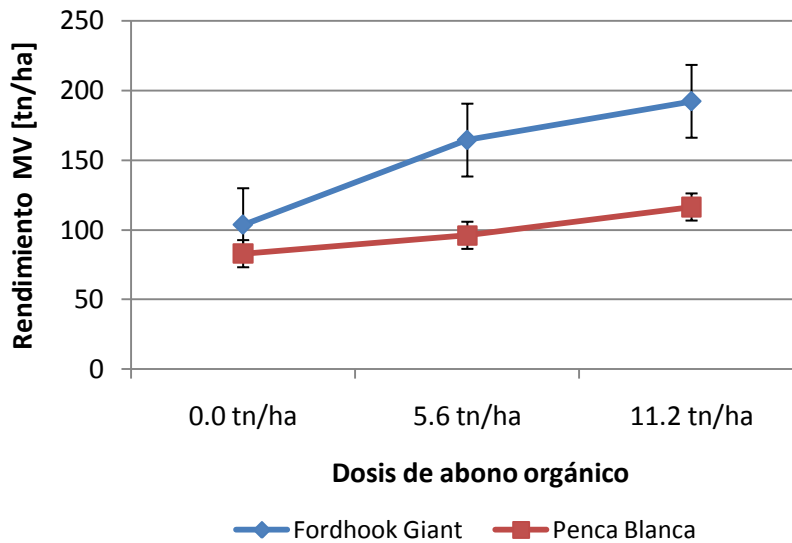
FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Significancia
Var. en 0.0 tn/ha	1	650.415	650.415	5.06	5.99	ns
Var. en 5.6 tn/ha	1	6998.687	6998.687	54.41	5.99	*
Var. en 11.2 tn/ha	1	8621.485	8621.485	67.02	5.99	*
Error	6	771.805	128.634			

\* Significativo al nivel de 5 %

\*\* Altamente significativo al nivel de 1 %

ns No significativo

Del cuadro 32 se deduce que el rendimiento de las variedades de acelga bajo el efecto de nivel sin abonamiento fueron similares, pero con rendimientos inferiores frente a los niveles con abonamiento. Por el contrario las variedades mostraron rendimientos diferentes dentro de los niveles con abonamiento, siendo que la variedad *Fordhook Giant* tuvo mayores rendimientos dentro de estos niveles como se puede apreciar en la Fig. 21.

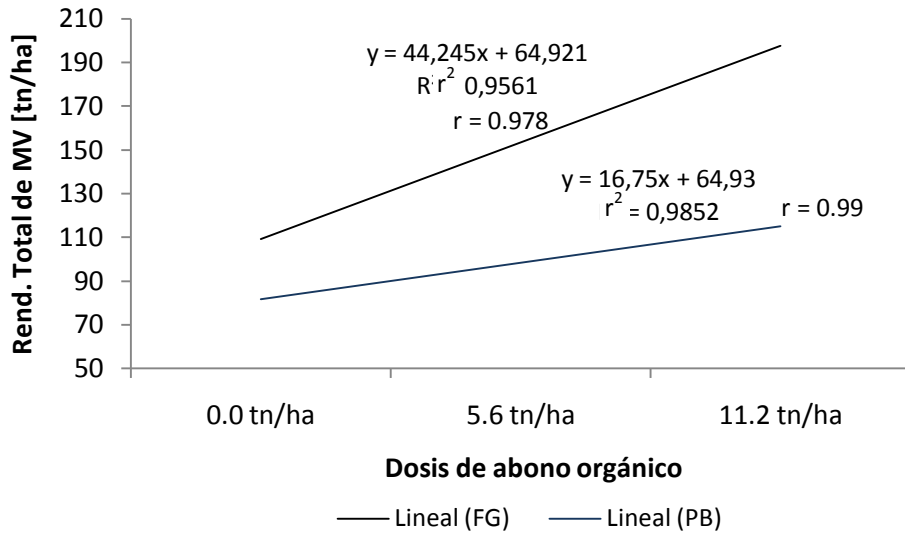


**Fig. 21. Análisis del efecto simple para el rendimiento total de materia verde de las variedades de acelga dentro los efectos de dosis de abono orgánico**

Los rendimientos superiores de la variedad *Fordhook Giant* dentro de los niveles con abonamiento (5.6 y 11.2 tn/ha) son atribuidas a la buena respuesta de esta variedad al abonamiento orgánico (estiércol ovino), como también esta variedad presenta buenas características productivas.

Por otro lado, el cultivo de la acelga al ser un cultivo de cosechas consecutivas en el tiempo requiere una alta disponibilidad de nutrientes en el suelo, por lo cual una alta dosis de abonamiento garantiza una disponibilidad “constante” en el tiempo, es decir que hay mayor nutrientes disponibles a ser extractas después de cada cosecha, a diferencia del abonamiento con 5.6 tn/ha, que si bien es una dosis determinada desde el punto de vista de fertilidad de suelos y nutrición de plantas, la misma no es sostenible desde la tercera cosecha que se traduce en una disminución de la productividad.

Este comportamiento se expresa una relación proporcional entre el rendimiento y dosis de abonamiento (Fig. 22).



**Fig. 22. Análisis de regresión lineal del rendimiento total de materia verde de las variedades de acelga bajo los efectos de dosis de abono orgánico.**

El análisis de regresión realizado (Fig. 22) muestra una alta correlación para la variedad *Penca Blanca* con las dosis de abonamiento ( $r = 0.99$ ), lo que indica que hay una relación casi directa entre el rendimiento y abonamiento; expresado en una proporción de mayor rendimiento a mayor dosis de abono y viceversa. Similar situación también expresa la variedad *Fordhook Giant FG* ( $r = 0.978$ ) aunque la respuesta de esta variedad al abonamiento orgánico (estiércol ovino) es mejor expresado (mayor pendiente de la recta) en un mayor rendimiento por unidad de dosis de abonamiento a diferencia de la variedad *Penca Blanca PB*.

#### 4.4.5 Rendimiento total de materia seca

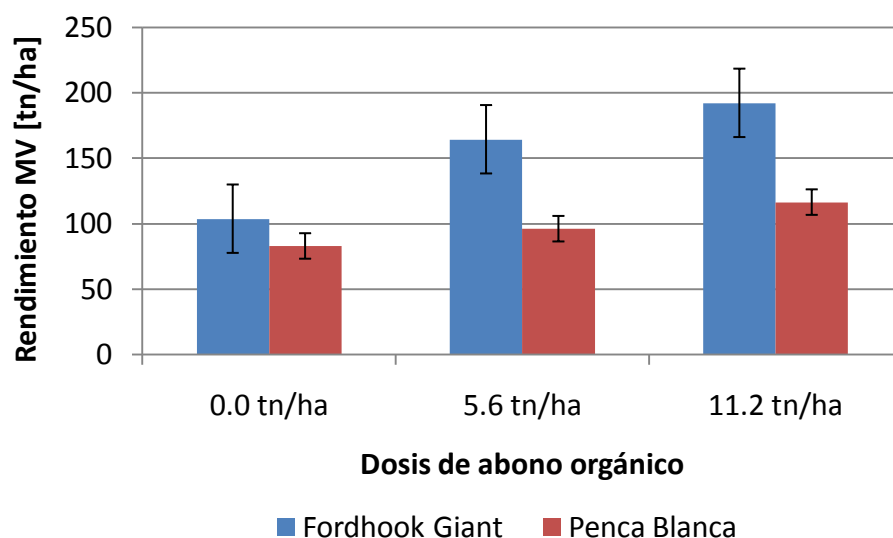
Para la obtención de valores de materia seca se procedió a eliminar la humedad contenida en la materia verde en un 88 a 90%, quedando una humedad residual de alrededor de 11% aceptada para fines de evaluación de rendimiento de materia verde; resultando una correlación directa con la materia verde de  $r = 0.99$  a 1, por lo cual la interpretación y conclusiones de los resultados podría ser similar al rendimiento de materia verde (ver sub título 4.4.4).

El cuadro 33 muestra los valores promedios materia seca de la interacción de las variedades de acelga bajo el efecto de abonamiento con estiércol ovino.

**Cuadro 33. Rendimiento total de materia seca de las variedades de acelga bajo efecto de abonamiento orgánico (estiércol)**

Abono Orgánico	Variedades de acelga		Promedio
	Fordhook Giant	Penca Blanca	
0.0 tn/ha	11.3	9.0	<b>10.1</b>
5.6 tn/ha	17.9	10.5	<b>14.2</b>
11.2 tn/ha	20.9	12.6	<b>16.8</b>
<b>Promedio</b>	<b>16.7</b>	<b>10.7</b>	<b>13.7</b>

Del cuadro 33 se interpreta que el rendimiento total promedio (de las cinco cosechas) de la investigación fue de 13.7 tn/ha (1.37 kg/m<sup>2</sup>) de materia seca.



**Fig. 23. Rendimiento total de materia seca de las variedades de acelga dentro los efectos de abonamiento orgánico (estiércol)**

De la Fig. 23 se deduce que la variedad de acelga *Fordhook Giant* muestra mejor respuesta a las aplicaciones de abono orgánico, a diferencia de la variedad *Penca Blanca* con una respuesta relativa, que en todo caso las dos variedades responden significativamente al abonamiento.

#### 4.4.6 Análisis de correlación múltiple

Para explicar las relaciones y dependencias de las variables se realizó el análisis de correlación múltiple para cada variedad considerando que las características morfológicas entre ellas difieren para algunas variables.

##### 4.4.6.1 Análisis de correlación múltiple para la variedad *Fordhook Giant*

Se realizó el análisis de correlación de las principales variables que inciden sobre el rendimiento y el cual se resume la matriz de correlaciones (cuadro 34).

**Cuadro 34. Análisis de correlación múltiple para la variedad *Fordhook Giant* de las variables: longitud de hoja, número de hojas, largo de lámina, ancho de hoja y Rendimiento Total de Materia Verde.**

Variables	Longitud hoja	Número hojas	Largo lámina	Ancho hoja	Rendimiento MV
Longitud de hoja	1.000				
Número de hojas	0.742 *	1.000			
Largo de lámina	0.960 **	0.811 **	1.000		
Ancho de hoja	0.916 **	0.830 **	0.910 **	1.000	
Rendimiento de MV	0.960 **	0.653 ns	0.944 **	0.921 **	1.000

\* Significativo al nivel de 5 %  
\*\* Altamente significativo al nivel de 1 %  
ns No significativo

Numero de observaciones por variable n = 9

Del cuadro 34 de matriz de correlaciones se observa que los coeficientes de corrección (r) entre la mayoría de las variables son altos y significativos, lo cual indica que esta variedad tiene buena relación con las variables longitud de hoja, largo de lámina y ancho de lámina, como también se observa una alta dependencia de las variables unos respecto de otros.

Las variables que presentaron correlaciones significativas con la variable rendimiento de materia verde son longitud de hoja, largo de lámina y ancho de hoja con un coeficiente de correlación  $r > 0.9$ , lo cual explica que la variación en

el rendimiento de materia verde dependerá de la variabilidad de estas variables, y no es afectada significativamente por la variable número de hojas que presentó un  $r = 0.653$  (no significativo) y que implica menor incidencia sobre el rendimiento de materia verde.

#### 4.4.6.2 Análisis de correlación múltiple para la variedad *Penca Blanca*

De la misma manera se realizó el análisis de correlación de las principales variables que inciden sobre el rendimiento de materia verde como se puede apreciar en el cuadro 35.

**Cuadro 35. Análisis de correlación múltiple de la variedad *Penca Blanca* para las variables: longitud de hoja, número de hojas, largo de lámina, ancho de hoja y Rendimiento Total de Materia Verde.**

Variables	Longitud hoja	Número hojas	Largo lámina	Ancho hoja	Rendimiento MV
Longitud de hoja	1.000				
Número de hojas	0.738 *	1.000			
Largo de lámina	0.826 **	0.690 *	1.000		
Ancho de hoja	0.950 **	0.775 *	0.850 **	1.000	
Rendimiento de MV	0.590 ns	0.208 ns	0.334 ns	0.561 ns	1.000

\* Significativo al nivel de 5 %

\*\* Altamente significativo al nivel de 1 %

ns No significativo

Numero de observaciones por variable n = 9

De acuerdo al cuadro 35 se observa que la variable rendimiento de materia verde no muestra correlación significativa con las otras variables, lo cual puede ser explicada que esta variedad tiene desarrollo en los componentes de rendimiento poco normal y constante, es decir que se puede tener un rendimiento mayor con un numero de hojas variables, longitud de hoja variables, largo y ancho de lamina variables; sin que exista una relación directa y constante para su determinación.

Por otro lado, existe una correlación significativa entre las variables número de hojas, largo de lámina y ancho de hoja, que es lógico y natural, por ejemplo una mayor longitud de hoja implica también un mayor largo y ancho de lamina y viceversa.

#### 4.4.6.3 Análisis de dependencia de las variables

Finalmente se analizó también el grado de dependencia de las variables consideradas componentes de rendimiento con la variable rendimiento de materia verde para cada variedad, como se puede apreciar en el cuadro 35.

**Cuadro 36. Grado de dependencia de las variables con el variable rendimiento total de materia verde para las variedades de acelga en estudio**

Variables	Longitud hoja	Número hojas	Largo lámina	Ancho hoja	Rendimiento MV
Rend. MV v. <i>F. Giant</i>	<b>0.920</b>	0.426	<b>0.891</b>	<b>0.848</b>	1.000
Rend. MV v. <i>P. Blanca</i>	<b>0.347</b>	0.043	0.112	<b>0.315</b>	1.000

Del cuadro 36 se deduce que el rendimiento de la variedad *Fordhook Giant* tiene alta dependencia con sus componentes de rendimiento, principalmente con la longitud de hoja en un 92.0%, con el número de hojas en un 89.1% y con el ancho de hoja en un 84.8%, lo que implica que estas variables son buenas predictoras (indicador) de rendimiento de materia verde. Por el contrario, la variedad *Penca Blanca* muestra una baja dependencia con sus componentes de rendimiento, lo cual indica que ninguna de las variables consideradas (variables independientes) es un buen indicador para deducir el rendimiento a obtenerse.

Esta dependencia baja del rendimiento de materia verde de la variedad *Penca Blanca* con sus componentes de rendimiento es explicada a que no presenta una definida característica en magnitud o número, es decir que esta variedad “tiene” componentes de rendimiento de mucha variabilidad en magnitud (tamaño) y número. Es decir un alto rendimiento no siempre implicara que la mayoría de sus hojas sean largas, si no que tiene hojas de diferente longitud; y mas peor con el número de hojas que muestra nula relación.

#### 4.5 Análisis de costos parciales

En el análisis económico de costos parciales se consideró el cálculo de beneficio neto y la tasa de retorno marginal, sobre la base de los rendimientos y costos obtenidos por tratamiento para el cultivo de la acelga (cuadro 37).

**Cuadro 37. Análisis económico de la producción parcial del cultivo de acelga**

Tratamientos	Rend. de MV [tn/ha]	Rend. Ajustado [tn/ha]	Beneficio Bruto [Bs/ha]	Total de costos [Bs/ha]	Beneficio Neto [Bs/ha]	B/C
T1 (0.0 tn/ha*FG)	103.7	93.3	186640.00	17201.00	169439.00	10.85
T2 (0.0 tn/ha*PB)	82.9	74.6	149160.00	17202.00	131958.00	8.67
T3 (5.6 tn/ha*FG)	164.4	147.9	295852.00	18323.00	277529.00	16.15
T4 (5.6 tn/ha*PB)	96.1	86.5	172900.00	18324.00	154576.00	9.44
T5 (11.2 tn/ha*FG)	192.2	173.0	345920.00	19445.00	326475.00	17.79
T6 (11.2 tn/ha*PB)	116.4	104.7	209460.00	19446.00	190014.00	10.77

En el cuadro anterior se muestra el presupuesto parcial para todo el ensayo, donde en la primera columna se observa los tratamientos consistentes en dosis de abono orgánico y variedades de acelga. En la segunda columna muestra el rendimiento total de materia verde obtenido para cada tratamiento, donde se aprecia que el tratamiento con dosis de abonamiento de 11.2 tn/ha de abono sobre la variedad *Fordhook Giant* tiene un alto rendimiento de 192.2 tn/ha MV y por el contrario el tratamiento con 0.0 tn/ha de abono sobre la variedad *Penca Blanca* fue de menor rendimiento de 82.9 tn/ha de materia verde.

En la tercera columna se observa el rendimiento medio ajustado para los tratamientos en un 10 % de decremento al rendimiento obtenido con el fin de eliminar la sobre estimación del ensayo de acuerdo a la recomendación de CIMMYT (1988).

La cuarta columna presenta los beneficios brutos obtenidos de los rendimientos ajustados por el valor de materia verde (MV) comercial en el mercado de 2.00 Bs/kg para todos los tratamientos. El tratamiento que reportó mayor beneficio bruto fue el abonamiento con 11.2 tn/ha de abono orgánico sobre la variedad



*Fordhook Giant* con 345920.00 Bs/ha. En la quinta columna se observa el total de los costos variables (costos de producción) para cada tratamiento.

En la columna de los beneficios netos (sexta columna) se puede apreciar que el máximo beneficio neto se logró con el Tratamiento 5 (11.2 tn/ha de abono orgánico y *Fordhook Giant* sobre la variedad *Fordhook Giant*) con 326475.00 Bs/ha y un beneficio neto menor de 131958.00 Bs/ha para el Tratamiento 2 (0.0 tn/ha de abono orgánico sobre la variedad *Penca Blanca*).

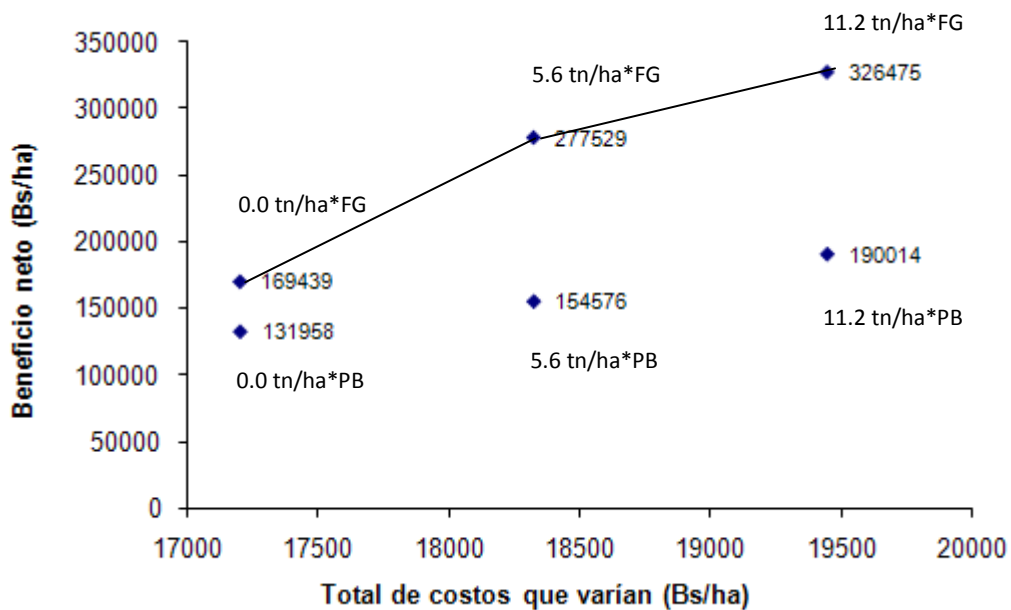
De la columna Beneficio Costo, se deduce que todos los tratamientos alcanzaron valores rentables, teniendo mayor relación B/C los tratamientos 5 (11.2 tn/ha\*FG) y 3 (5.6 tn/ha\*FG) con B/C de 17.79 y 16.15, lo cual significa que durante la vida útil del proceso productivo por cada boliviano gastado se obtendrá 17.79 y 16.15 bolivianos respectivamente, resultando ser una proporción bastante significativa. Por el contrario los tratamientos 2 (0.0 tn/ha\*PB) y 4 (5.6 tn/ha\*PB) tuvieron las más bajas relaciones B/C.

El cuadro 38 expresa el análisis de dominancia a partir del total de costos que varían de los tratamientos se ordena en orden creciente y en la siguiente columna con sus respectivos beneficios netos.

**Cuadro 38. Análisis de dominancia para las dosis de abonamiento orgánico y variedades de acelga**

Tratamientos	Total de costos que varían [Bs/ha]	Beneficio neto [Bs/ha]	Dominancia
T1 (0.0 tn/ha*FG)	17201.00	169439.00	*
T2 (0.0 tn/ha*PB)	17202.00	131958.00	Dominados
T3 (5.6 tn/ha*FG)	18323.00	277529.00	*
T4 (5.6 tn/ha*PB)	18324.00	154576.00	Dominados
T5 (11.2 tn/ha*FG)	19445.00	326475.00	*
T6 (11.2 tn/ha*PB)	19446.00	190014.00	Dominados

Los tratamientos consistentes en la interacción de la variedad *Penca Blanca* con las dosis de abonamiento son **dominados** por los tratamientos con la *Fordhook Giant* bajo las dosis de abonamiento por presentar mayor beneficio neto; en la Fig. 24 (curva de beneficios netos) se puede apreciar de manera mejor los tratamientos dosis de abonamiento con la variedad *Penca Blanca* que están por debajo de la curva de beneficios netos.



**Fig. 24 Curva de beneficios netos**

Al respecto CIMMYT (1988) considera tratamiento **dominado** cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costo variable más bajo. En el análisis del presupuesto parcial cuando se comparan alternativas de producción con la técnicas tradicionales del agricultor; si el beneficio neto permanece igual o disminuye, la nueva tecnología debe ser rechazada porque no es más rentable que la del agricultor, en este caso los tratamientos con la variedad *Fordhook Giant* bajo las dosis de abonamiento orgánico es una alternativa superior respecto al tratamiento con la variedad *Penca Blanca* para la producción materia verde comercial, tal como lo expresa en el cuadro 38 de análisis de la Tasa de Retorno Marginal (TRM).

**Cuadro 39. Análisis marginal de costos variables para el cultivo de la acelga**

<b>Tratamientos</b>	<b>Costo variable (Bs/ha)</b>	<b>Costo marginal (Bs/ha)</b>	<b>Beneficio neto (Bs/ha)</b>	<b>Beneficio marginal (Bs/ha)</b>	<b>Tasa de retorno marginal</b>
T1 (0.0 tn/ha*FG)	17201.00		169439.00		
T3 (5.6 tn/ha*FG)	18323.00	1122.00	277529.00	108090.00	9634%
T5 (11.2 tn/ha*FG)	19445.00	1122.00	326475.00	48946.00	4362%

La Tasa de Retorno Marginal (TRM) indica lo que el agricultor obtendrá el retorno de su inversión cuando decide cambiar una práctica (o conjunto de prácticas) por otra.

El cuadro 39 refleja una TRM del 9634 %, al cambiar de costos de siembra de 0.0 tn/ha de abono orgánico y *Fordhook Giant* (T1) a 5.6 tn/ha de abono orgánico y *Fordhook Giant* (T3), lo que significa que por cada boliviano invertido por el tratamiento alternativo, el productor puede obtener un retorno adicional de Bs. 96.34; y en cambio en costos de siembras de 5.6 tn/ha de abono orgánico y *Fordhook Giant* (T3) a 11.2 tn/ha de abono orgánico y *Fordhook Giant* (T5), implica una TRM de 4359 % que significa que por cada Bs invertido el productor tendrá un retorno marginal de 43.59 Bs.

Por tanto los métodos de siembra con 5.6 tn/ha de abono orgánico y *Fordhook Giant* (T3) a 11.2 tn/ha de abono orgánico y *Fordhook Giant* (T5) son alternativas que se puede recomendar al productor, respecto a ello 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, su propósito es revelar la manera en que los beneficios netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida crece.

## 5. CONCLUSIONES

- La producción del cultivo de la acelga en ambientes atemperados en la época invernal, es factible debido a la atenuación de las temperaturas mínimas por el ambiente protegido; y favorable para el normal desarrollo del cultivo oscilando por alrededor de 4 °C para los meses fríos de Mayo a Julio; mientras el ambiente externo presentaba temperaturas mínimas hasta de -6.0 °C en promedio. Las temperaturas medias del ambiente atemperado varía con el cambio de la época desde 22.8 °C en Febrero (época húmeda) a 17.0 °C en Junio (época seca) y de similar manera en el ambiente externo desde 9.4 °C en Febrero a 4.0 °C en Julio; siendo esta situación uno de los factores que influyó en la disminución del rendimiento de MV en las últimas cosechas del cultivo de acelga.
- Las siembras con abonamiento orgánico alcanzaron longitudes superiores frente a las siembras sin abonamiento; con longitudes de alrededor de 30.8 cm para un abonamiento de 11.6 tn/ha, seguida de un abonamiento medio de 5.6 tn/ha que produjo una longitud promedio de 26 cm y finalmente se tuvo una longitud menor de 18.7 cm en la siembra sin abonamiento. Por otro lado, se presentó una disminución significativa en longitud de hoja de cosecha a cosecha.
- La longitud de hoja de las variedades de acelga fueron diferentes en la mayoría de las cosechas, con la variedad *Fordhook Giant* que presenta mayor longitud de hoja de 30.7 cm frente a la variedad *Penca Blanca* con 19.7 cm; alcanzando una diferencia de alrededor de 10 cm, diferencia que es atribuida a las características genéticas y morfológicas propias de cada variedad. Así también, las longitudes de hoja de las variedades de acelga al efecto del abonamiento fueron diferentes.

- La respuesta en número de hoja del cultivo de acelga al abonamiento orgánico no presentó significancia estadística, excepto en la primera cosecha que se tuvo un mayor número de hojas al dosis de abonamiento de 11.2 tn/ha frente a las dosis de 0.0 y 5.6 tn/ha; el número de hojas fue entre 4 a 5 hojas por planta en las cosechas. Por el contrario, presentaron diferencias significativas en el número de hojas las variedades de acelga *Fordhook Giant* y *Penca Blanca* con 5 y 4.5 hojas respectivamente.
- Las respuestas en rendimiento de materia verde del cultivo de acelga a dosis de abonamiento fueron diferentes; con una alta dosis de abonamiento (11.2 tn/ha) se tuvo un rendimiento mayor para todas las cosechas con promedio de 30.8 tn/ha, seguido por el abonamiento de 5.6 tn/ha que tuvo rendimientos intermedios con un promedio de 26.0 tn/ha y finalmente las siembras sin aplicación de abono (0 tn/ha) produjo rendimientos menores en todas las cosechas en un promedio de 18.7 tn/ha.
- El rendimiento de materia verde de las variedades fue diferente en cada cosecha, con un mayor rendimiento promedio para la variedad *Fordhook Giant* frente a la variedad *Penca Blanca*, con rendimientos de 30.7 y 19.7 tn/ha respectivamente. Esta superioridad de la primera variedad puede ser atribuida a la buena característica productiva de esta variedad. Finalmente los rendimientos disminuyeron con las cosechas debido a la extracción de nutrientes y variación de las condiciones climáticas de la época.
- Finalmente el rendimiento de materia verde de las variedades de acelga bajo los efectos de abono orgánico fueron diferentes; como también fueron diferentes a cada unidad de adición de abono. Entonces la variedad *Fordhook Giant* tuvo mayor rendimiento frente a la variedad *Penca Blanca*, esto explica que la variedad *Fordhook Giant* responde de mejor forma al abonamiento. Finalmente, en el nivel sin abonamiento ambas variedades mostraron rendimientos similares.

- Los rendimientos totales de materia verde del cultivo de acelga bajo el efecto de abonamiento orgánico son estadísticamente diferentes; con mayores rendimientos a los abonamientos frente a sin abonamiento; concretamente con una dosis alta de abonamiento (11.2 tn/ha) se obtuvo un rendimiento de 154.3 tn/ha, seguida del abonamiento de 5.6 tn/ha que produjo 130.2 tn/ha y sin aplicación de abono produjo 93.3 tn/ha de MV.
- Los rendimientos totales de materia verde comercial de las variedades de acelga fueron estadísticamente diferentes, con un mayor rendimiento la variedad *Fordhook Giant* (153.4 tn/ha) frente a la variedad *Penca Blanca* (98.4 tn/ha); diferencias atribuidas las características varietales de alto rendimiento de la primera variedad, debido a su mayor porte expresado en mayor longitud y número de hojas.
- El rendimientos totales de materia verde del cultivo de acelga al nivel sin abonamiento fueron similares, pero con rendimientos inferiores frente a los niveles con abonamiento, a diferencia de las variedades que mostraron rendimientos diferentes a las dosis de abono aplicados; así la variedad *Fordhook Giant* tuvo mayores rendimientos debido a su buena respuesta al abonamiento orgánico y buenas características productivas.
- Los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) del rendimiento de la variedad *Fordhook Giant* tiene alta dependencia con sus componentes de rendimiento, principalmente con la longitud de hoja en un 92.0%, con el número de hojas en un 89.1% y con el ancho de hoja en un 84.8%, lo que implica que estas variables pueden ser buenas predictoras (indicador) de rendimientos totales de materia verde. Por el contrario, la variedad *Penca Blanca* muestra una baja dependencia con sus componentes de rendimiento, lo cual indica que ninguna de las variables consideradas puede ser un buen indicador para deducir el rendimiento a obtenerse.

- La Tasa de Retorno Marginal (TRM) indica lo que el agricultor obtendrá como retorno de su inversión cuando decide cambiar una práctica (o conjunto de prácticas), por consiguiente la TRM del 9634 % significa que al cambiar de costos de siembra de 0.0 tn/ha de abono orgánico\**Fordhook Giant* (T1) a 5.6 tn/ha abono orgánico\**Fordhook Giant* (T3), se obtendrá que por cada boliviano invertido por el tratamiento alternativo, el productor puede obtener un retorno adicional de Bs. 96.34; y en cambio en costos de siembras de 5.6 tn/ha abono orgánico\**Fordhook Giant* (T3) a 11.2 tn/ha abono orgánico\**Fordhook Giant* (T5), implica una TRM de 4359 % que significa que por cada Bs invertido él productor tendrá un retorno de Bs. 43.59.

## 6. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones del trabajo se presenta las siguientes sugerencias a manera de recomendaciones:

- Se recomienda utilizar la variedad de acelga *Fordhook Giant* por sus buenas cualidades productivas y su buena respuesta al abonamiento orgánico (estiércol ovino).
- La dosis de estiércol de 5.6 tn/ha, determinado considerando los nutrientes disponibles del suelo y el requerimiento del cultivo de acelga reporto rendimientos aceptables y con beneficios significativos a diferencia de la dosis de 11.2 tn/ha. En consecuencia, se recomienda para la aplicación de abonos o fertilizantes los respectivos análisis de suelos y necesidades del cultivo.
- Realizar estudios similares considerando el fraccionamiento de los abonos orgánicos (estiércol ovino) en su aplicación durante las cosechas, dado el desgaste de nutrientes por extracción en las cosechas consecutivas.
- Replicar este estudio para su evaluación en épocas seca (invierno) y época húmeda (verano) para una alternativa de producción intensiva y su tolerancia a las variaciones climáticas.



## 7. BIBLIOGRAFIA

AGUIRRE, Q. A., 1997. *Los Huertos Hamiliares de Milpo una experiencia en la zona alta de los Andes de Perú para la conservación del Medio Ambiente*, Lima - Perú. p. 55.

ARIAS, C. J., 1996. *Producción Postcosecha, Procedimiento y Comercialización de cultivos de hortaliza*, Oficina regional FAO para América Latina y Caribe Santiago – Chile.

BLANCO, 1999. *Evaluación comparativa de Sistemas Micro climáticos para la producción de hortalizas*, Edición Milagros, Lima – Perú. p. 645.

BELLAPART, C., 1991. *Nueva Agricultura Biológica en equilibrio con la Agricultura Química*. España, Edición Mundi Prensa. p. 50.

CAMACHO, M., 1986. *Materiales Alternativas utilizadas como soporte en inoculantes para Rhizobium*.

CEDEFOA, 1991. *Carpas Solares: Técnicas de Construcción*. Centro de Desarrollo y Fomento a la Auto – Ayuda, Serie Manuales. Bolivia.

CIMMYT, 1988. *Manual Metodológico de evaluación económica*, México D.F. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

CORONADO, H., 1997. *Composición Química Abonos Orgánicos*, La Paz - Bolivia, Consultado el 24 de diciembre 2009.

Disponible en <http://www.ciedperu.org/manuales/organico.htm>

CHILON, E., 1997. *Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas* Ediciones CIDAT, La Paz Bolivia. p. 63.

ESTRADA, J., 2003. *Técnicas de producción para hortalizas*, CEDEFOA - Centro de desarrollo y fomento a la auto – ayuda, La Paz – Bolivia, pp. 10-13.

FAO, 1988. *1er. Seminario Nacional sobre Fertilidad de Suelos y uso de Fertilizantes en Bolivia*. pp. 75-82.

FAO, 1990. *Manual de Patógenos Vegetales 1ra. Edición. Editorial Organizaciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Santiago de Chile. pp. 147-160.*

FLORES, J. y BERNART, C., 1996. *Invernaderos Editorial Aedos Barcelona - España 1ra. Edición. pp. 25 - 42.*

FLORES, J., 1996. *Manual de Carpas Solares Editorial Cedefoa, La Paz – Bolivia. p. 72.*

FUENTES, Y., 1998. *Técnicas de riego Tercera edición, Ediciones Mundi – Prensa, España Madrid. pp. 30-31.*

GROS, A., 1986. *Guía práctica de la fertilización enmiendas orgánicas Editorial Mundi Prensa 7ma. Edición Reimpresa en Madrid – España. p. 556.*

GUARRO, 1986. *Aplicación fraccionada de estiércol de ovino en el cultivo y en el suelo Editorial Blume S. A. México.*

GUAMAN, S., 1967. *Manual de Horticultura Editorial AEC, La Paz – Bolivia. pp. 16 – 17.*

GUZMAN, M., 1993. *Construcción y Manejo de Invernaderos (memorias UMSA) La Paz – Bolivia. pp. 3 – 7.*

HARTMAN, F., 1990. *Invernadero y Ambientes Atemperados Editorial CESYM, La Paz - Bolivia. pp. 17 – 43.*

LAGUARIGUE, J., 1990. *Las bases científicas de la agricultura y sus consecuencias prácticas. Editorial Academia Española, Trad. Andrés Suarez. p. 261.*

MAROTO, J. V., 1995. *Horticultura Herbácea Especial, 4ta. Edición, Editorial Mundi – Prensa, Madrid. pp. 268 – 271.*

MARTINEZ, J., BERNART, C. ANDRES, J. 1997. *Invernaderos Editorial Aedos, Barcelona – España 1ra. Edición. pp. 25 – 42.*

MONTES DE OCA, 1982. *Geografía y Recursos Naturales de Bolivia. 3ra. Edición. Ed EDOBOL La Paz, Bolivia pp. 614.*

PEREZ, M. TURON, 1997. *Biblioteca de Agricultura de Abonos e Invernaderos*. 1ra. Edición España, Idea Books. p. 768.

PINEDA, R., 1994. *Fertilización Orgánica y Lombricultura Preparación y Uso*, CIPCA – PIURA, Perú.

QUISPE, 1984. *Cultivando Hortalizas*, Editorial SEMTA – CP, La Paz – Bolivia. p. 40

RAMIREZ, A. 1990. *Cultivo de acelga*, Editorial FSE – SEMTA, La Paz – Bolivia. p. 15

REYES, C. P., 1999. *Diseño de experimentos aplicados*, Editorial Trillas, México DF, México. p. 85

RODBERG, E., 1984. *Cultivo de Hortalizas*, Editorial SEMTA. La Paz – Bolivia. pp. 30 – 31

ROJAS, F., 2004. *Evaluación de Riego Tradicional Parcelario de Alfalfares (Medicago sativa) de la Central de Riego unificado del El Choro (Provincia Cercado - Oruro)*. Tesis de Grado, UMSA Facultad de Agronomía, La Paz - Bolivia.

SERRANO, C., 1979. *Cultivo de Hortalizas en Invernaderos*, Premio Agrícola, Editorial Aedos, Barcelona - España 1ra. Edición. pp. 129 – 135

SORIA, A., 1974. *El cultivo de Ajo Impreso en Maca*, La PAZ – Bolivia. p. 7

TISCORNIA, 1975. *Hortalizas de Hoyos*, Edit. Albatros. Buenos Aires – Argentina. pp. 121-133

VIGLIOLA, M.I., 1990. *Manual de Horticultura* Editorial Hemisferio Sur S.A., Buenos Aires – Argentina. pp. 20, 28,29

VALADEZ, L., 1995. *Evaluación Agroecológica de la Tecnología andina del “Jiri” su formación y en el cultivo de la papa*, AGRUCO UMSS, Cochabamba – Bolivia. p. 130

VALDEZ, 1997. *Producción en Invernaderos*, Editorial Águila, Puno – Perú. p. 50.

YUSTE, M., 1995. *Biblioteca de la Agricultura*, Idea Books, Barcelona – España. p. 768.

# ANEXOS

## Anexo 1. Calculo de Dosis de Abonamiento

### **Calculo de dosis en función al nitrógeno del suelo**

N = 0.13%, P=8.42ppm, K=0.58 meq/100g S<sup>o</sup>  
Dap = 1.35 g/cc = 1350 kg/m<sup>3</sup>  
Prof = 0.25 m  
Area= 10000 m<sup>2</sup>

### **Calculo de la profundidad de capa arable**

PCA = Area \*Dap\*Prof  
PCA= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*1350kg/m<sup>3</sup>\*0.25 m  
PCA= 3375000 kg S<sup>o</sup>/ha

### **Para Nitrógeno**

3375000kg S<sup>o</sup>/ha ----- 100 %  
X ----- 0.13 %  
X= 4387.5 kg N/ha

### **Al 1.0 % coeficiente de mineralización**

43.875 kg N min/ha/año

### **Para 6 meses**

21.94 kg N asim/ha/6 meses

### **40 % Eficiencia de absorción de nutrientes por la planta**

8,77 kg N asim/ha

### **Para fósforo**

**Relación:** 8.42ppm = 8.42 kg P/1000000 kg P2O5

8.42 kg P2O5 disp. ----- 1000000 kg de S<sup>o</sup>  
X ----- 3375000 kg de S<sup>o</sup>/ha  
X = 28.42 kg P2O5 disp/ha

28.42 kg P2O5 disp/ha\*2.29  
65,08 kg P2O5 asim/ha

### **20 % Eficiencia de absorción de nutrientes por la planta**

13,02 kg P2O5 asim/ha

### **Para potasio**

0.58 meq/100 g S<sup>o</sup> \* 1 Eq-gr K/1000 meq K \* 39 gr K/1 Eq-gr K  
0.023 gr K/ha = 0.023 kg K/ha

### **Decimos que**

0.023 kg K ----- 100 kg S<sup>o</sup>  
X ----- 3375000 kg S<sup>o</sup> /ha  
X = 763.43 kg k camb/ha

**Forma oxido 1.21**

923.74 kg K camb/ha

**Se considera que el 50% de K es disponible de la mayoría de los cultivos**

461.87 kg K2O camb/ha

**40 % eficiencia de absorción para potasio K2O**

184.75 Kg K2O disp/ha

**Tomando en cuenta la profundidad**

Nitrógeno = 3.51

Fosforo = 5.20

Potasio = 74

**Para turba**

N = 1.67 %, P= 0.12 %, K= 0.03 %

Dap = 8000 kg/m<sup>3</sup>

Prof = 0.075 m

Area= 10000 m<sup>2</sup>

PCA = 600000 kg/ha

**Nitrógeno**

600000 kg/ha----- 100 %

X----- 1.67 %

X = 10020 kg N/ha

**Para 6 meses**

5010 kg N/ha/6meses \* 0.01

50 kg N/ha

**Fosforo**

720 kg P2O5/ha

**Potasio**

180 kg K2O/ha \* 0.50

90 kg K2O disp/ha

**Nutrientes en el suelo antes de la siembra**

N	P	K
53.51	725	164

**Requerimiento del cultivo**

100	-	60	-	100
53.51		725		164
46.49	-	(+665)	-	(+64)
47	-	O	-	O

**Calculo de dosis para cada nivel**

a1 = sin abono  
a2 = 47 kg N/ha  
a3 = 94 kg N/ha

**Considerando el análisis del estiércol de ovino**

**Nivel a1** 0 kg/ha = 0 tn/ha est. seco

**Nivel a2**

100 kg est.seco-----1.68 kg N  
X----- 47 kg N/ha  
X= 2797.62 kg N/ha estiércol seco

2792.62 kg \*12 meses/6 meses = 5595.23 kg/ha estiércol seco  
= 5.6 tn/ha

**Nivel a3**

100 kg est. seco ----- 1.68 kg N  
X ----- 94 kg N/ha  
X =5595.23 kg N/ha est. seco

5595.23 kg \*12 meses/6 meses = 1119.48 kg/ha est. Sec  
= 11.2 tn/ha est. seco

## Anexo 2. Base de Datos

**Variable:** Longitud de la hoja + peciolo

### *Promedio de longitud + peciolo del cultivo de acelga a la cosecha*

Bloque	Dosis	Var.	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
I	0	V 1	44,64	42,44	42,56	41,00	38,52
I	0	V 2	52,90	40,62	39,94	40,93	34,70
I	5,6	V1	50,62	50,60	51,45	51,25	45,59
I	5,6	V2	48,25	47,90	46,85	42,38	39,27
I	11,2	V1	51,70	55,73	52,16	51,11	45,26
I	11,2	V2	52,73	50,74	46,65	46,38	40,29
II	0	V1	41,39	44,10	42,96	38,90	37,48
II	0	V2	40,90	43,60	42,00	36,38	35,35
II	5,6	V1	49,44	50,15	51,98	49,94	42,98
II	5,6	V2	47,,67	43,81	45,74	42,68	30,79
II	11,2	V1	55,30	56,95	53,94	50,47	48,40
II	11,2	V2	48,55	46,70	46,38	43,48	39,78
III	0	V1	36,89	43,89	44,00	36,59	31,67
III	0	V2	41,22	42,33	44,24	43,56	29,90
III	5,6	V1	48,43	50,45	51,43	45,40	42,64
III	5,6	V2	44,18	47,00	46,18	41,12	35,42
III	11,2	V1	58,57	55,85	54,25	50,66	45,12
III	11,2	V2	45,61	49,11	46,60	40,91	35,97

Fuente: Elaboración propia (2007).

**Variable:** Numero de hoja

### *Promedio de Numero de hoja del cultivo de acelga a la cosecha*

Bloque	Dosis	Var.	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
I	0	V 1	4,90	5,10	4,50	4,00	4,00
I	0	V 2	6,10	5,20	4,00	3,20	4,00
I	5,6	V1	5,60	5,30	4,90	4,40	4,50
I	5,6	V2	6,70	5,40	4,90	4,40	4,10
I	11,2	V1	6,30	5,70	4,80	4,20	3,90
I	11,2	V2	6,70	5,40	4,50	4,20	4,00
II	0	V1	5,20	5,00	4,50	4,40	4,50
II	0	V2	5,80	4,70	4,10	4,00	3,80
II	5,6	V1	5,50	5,20	4,60	4,50	4,10
II	5,6	V2	5,90	4,80	4,00	4,30	3,70
II	11,2	V1	6,70	5,60	4,70	4,60	4,60
II	11,2	V2	6,90	5,00	4,10	4,10	3,60
III	0	V1	4,90	4,60	4,40	4,30	4,00
III	0	V2	6,40	4,90	3,70	3,80	3,80
III	5,6	V1	5,00	4,80	4,50	4,00	4,00
III	5,6	V2	5,70	4,40	3,90	3,70	3,80
III	11,2	V1	5,80	5,00	4,50	4,00	4,20
III	11,2	V2	6,60	4,60	4,00	3,80	3,90

Fuente: Elaboración propia (2007).



**Variable:** Rendimiento comercial:

**Promedio de Rendimiento comercial (Kg/m<sup>2</sup>) del cultivo de acelga**

Bloque	Dosis	Var.	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
I	0	V 1	2,68	2,37	1,83	1,43	1,65
I	0	V 2	1,72	1,50	1,82	1,27	1,34
I	5,6	V1	4,57	3,76	3,38	3,30	2,37
I	5,6	V2	2,15	2,49	1,68	1,60	1,37
I	11,2	V1	4,92	4,48	4,10	3,07	2,33
I	11,2	V2	3,20	2,51	1,55	1,95	1,52
II	0	V1	3,07	2,79	2,35	2,31	1,73
II	0	V2	1,98	1,97	1,30	1,37	1,33
II	5,6	V1	3,55	3,77	3,40	2,60	2,03
II	5,6	V2	2,05	2,06	1,90	1,66	1,88
II	11,2	V1	4,38	4,01	3,80	3,32	2,50
II	11,2	V2	2,88	2,62	2,10	1,95	1,93
III	0	V1	2,62	1,50	1,83	1,61	1,33
III	0	V2	2,62	1,97	1,90	1,48	1,30
III	5,6	V1	3,90	3,93	3,37	2,91	2,47
III	5,6	V2	2,47	2,15	2,13	1,66	1,57
III	11,2	V1	5,11	4,63	4,00	3,83	3,17
III	11,2	V2	3,33	2,70	2,57	2,10	2,00

Fuente: Elaboración propia (2007).

**Promedio de Rendimiento comercial (Kg/ha) del cultivo de acelga**

Bloque	Dosis	Var.	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
I	0	V 1	26833,33	23666,67	18333,33	14333,33	16500,00
I	0	V 2	17166,67	15000,00	18166,67	12700,00	13400,00
I	5,6	V1	45666,67	37600,00	33833,33	33000,00	23666,67
I	5,6	V2	21500,00	24866,67	16833,33	16000,00	13666,67
I	11,2	V1	49166,67	44833,33	41000,00	30666,67	23300,00
I	11,2	V2	32000,00	25066,67	15500,00	19500,00	15233,33
II	0	V1	30666,67	27900,00	23500,00	23133,33	17333,33
II	0	V2	19800,00	19666,67	13000,00	13666,67	13333,33
II	5,6	V1	35486,67	37700,00	34000,00	26000,00	20333,33
II	5,6	V2	20500,00	20633,33	19000,00	16633,33	18766,67
II	11,2	V1	43833,33	40066,67	38033,33	33233,33	25000,00
II	11,2	V2	28833,33	26166,67	21000,00	19500,00	19333,33
III	0	V1	26166,67	14966,67	18333,33	16066,67	13333,33
III	0	V2	26166,67	19733,33	19000,00	14800,00	13000,00
III	5,6	V1	39000,00	39333,33	33666,67	29133,33	24666,67
III	5,6	V2	24666,67	21533,33	21333,33	16566,67	15666,67
III	11,2	V1	51100,00	46300,00	40000,00	38333,33	31666,67
III	11,2	V2	33333,33	27000,00	25666,67	20966,67	20000,00

Fuente: Elaboración propia (2007).

### Anexo 3. Análisis Económico

#### *Rendimiento Ajustado*

Características	Tratamiento					
	1	2	3	4	5	6
Rendimiento promedio (kg/ha)	20737,8	16573,0	32872,4	19210,8	38435,6	23273,4
Rendimiento ajustado (-10 %)	18664,0	14915,7	29585,1	17289,7	34592,0	20946,0

Fuente: Elaboración propia (2007)

#### *Análisis económico por el método de presupuestos parciales*

Características	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rend. Prom. (Kg/ha)	18664,0	14915,7	29585,1	17289,7	34592,0	20946,0
Precio Bs/Kg	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Beneficio bruto	37328,00	29831,40	59170,20	34579,40	69184,00	41892,00
<b>Total Costos variables</b>	15700,0	15700,0	16820,0	16820,0	17940,0	17940,0
<b>Beneficios Netos</b>	21628,00	14131,40	42350,20	17759,40	51244,00	23952,00

Fuente: Elaboración propia (2007)

#### *Total de los costos variables en el ensayo (Bs/ha)*

Insumos	Unidad	Tratamiento					
		1	2	3	4	5	6
Semilla	gramo	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0
Estiércol	kilo	0,0	0,0	1120,0	1120,0	2240,0	2240,0
Arena	kilo	5000,0	5000,0	5000,0	5000,0	5000,0	5000,0
Agua (10 litros por día)	litro	2200,0	2200,0	2200,0	2200,0	2200,0	2200,0
Control de plagas y enf.	global	5000,0	5000,0	5000,0	5000,0	5000,0	5000,0

Mano de obra	Unidad	Tratamiento					
		1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Preparación de sustrato	Glb	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0
Remoción y nivelado de suelo	GLB	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0
Siembra general	Glb	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0
Riego (día por medio 1')	Glb	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0
Cosecha	Glb	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0
Empaque 5' por ciclo	Glb	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0
Aporque c/4 días,	Glb	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0
<b>Costo variable total</b>		<b>15700,0</b>	<b>15700,0</b>	<b>16820,0</b>	<b>16820,0</b>	<b>17940,0</b>	<b>17940,0</b>

#### Anexo 4.

#### ***Datos climáticos registrados durante la investigación del microclima de las carpas solares y medio externo, 2007.***

<b>MEDIO</b>	<b>PARAM.</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>
Ambiente externo	PP [mm]	65.4	106.8	17.6	1.5	3.1	0.0
	Tmáx [°C]	15.2	14.7	14.3	14.4	13.8	13.8
	Tmín [°C]	3.1	3.8	1.8	-3.8	-4.6	-5.7
	Tmed [°C]	9.4	9.3	8.1	5.3	4.8	4.0
	HRmed [%]	65.0	68.0	50.0	35.0	38.0	31.0
Micro clima (dentro carpa solar)	Tmáx [°C]	37.2	36.0	34.4	32.8	29.5	31.5
	Tmín [°C]	8.5	7.9	5.8	4.3	4.5	3.4
	Tmed [°C]	22.8	22.0	20.1	18.5	17.0	17.5
	HRmín [%]	51.8	51.4	50.8	49.5	49.0	46.0
	HRmáx [%]	81.8	83.4	82.9	81.5	85.9	83.1
	HRmed [%]	66.8	67.4	66.8	65.5	67.5	64.6

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados y SENAMHI (2007)

## Anexo 5. Fotos durante el trabajo de investigación



*Figura 25. Carpa solar de un agua, Unidad Educativa “Progreso” donde se llevo a cabo el trabajo de investigación.*



*Figura 26. Siembra de cultivo de acelga en almacigo.*



**Figura 27.** Emergencia de cultivo de acelga en almaciguera



**Figura 28.** Crecimiento de cultivo de acelga de acuerdo al tratamiento



**Figura 29.** Plantas de acelga evaluadas al azar



**Figura 30.** Cultivo de acelga durante el experimento



**Figura 31.** Cosecha del cultivo de acelga













