

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



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA Y NIVELES DE ABONO ORGANICO  
EN EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO  
DE LA VALERIANELA (*Valerianella locusta*) EN AMBIENTE PROTEGIDO**

**RAMIRO FERNANDO FIGUEREDO QUISBERT**

**LA PAZ - BOLIVIA  
2006**

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

**EFFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA Y NIVELES DE ABONO ORGANICO  
EN EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO  
DE VALERIANELA (Valerianella locusta) EN AMBIENTE PROTEGIDO**

*Tesis de grado como requisito  
parcial para optar al Título de  
Ingeniero Agrónomo*

**RAMIRO FERNANDO FIGUEREDO QUISBERT**

**Tutor:**

Ing. M.Sc. Jorge Guzmán Calla  
.....

**Comité Revisor:**

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

Ing. David L. Callisaya Gutierrez  
.....

**APROBADA**

**DECANO a.i.**

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

## *Dedicatoria:*

*Con mucho amor, respeto y gratitud a Dios y a mis padres Vicente Figueredo y Manuela Quisbert de Figueredo quienes me enseñaron a luchar en la vida, a respetar a los demás y me apoyaron constante e incondicionalmente en mis aspiraciones. A mi esposa, mi familia y a mis padrinos.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme permitido realizar una de mis metas, finalizar mi carrera universitaria y por todo lo que me ha dado y estar siempre a mi lado

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

A los señores revisores Ing. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera, Ing. Ph.D. Vladimir Orsag e Ing. David L. Callisaya por enriquecer el presente trabajo con sus sugerencias y orientaciones.

Un agradecimiento muy especial a mi tutor de Tesis Ing . M.Sc. Jorge Guzmán Calla, por brindarme su amistad, su paciencia y apoyo; quien con sus sugerencias y correcciones posibilitaron concluir mi trabajo de investigación.

A mi esposa Patricia por su apoyo y perseverancia, y mi madrina Angélica por las sugerencias realizadas en el presente trabajo.

A mis hermanos: Delia, Sarah, Gonzalo, Rolando, Franklin, Miriam, Adalid, Henry, Alex y Yandira y a todos mis sobrinos por el apoyo y confianza depositada en mi.

A mis amigos compañeros de de la Facultad que me brindaron su amistad incondicionalmente: Poletzka, Paula, Shirley, Héctor, Marco, Neco, Gladys, Gerardo, Dr. Modesto, Dr. Viaña y a las encargadas de controlar el trámite de tesis en la facultad: Sra. Gabriela y Sra. Ángela.

A mi amiga compañera de tesis Yasmín por su apoyo y sugerencias en el trabajo de campo.

## CONTENIDO

|                         | PAG. |
|-------------------------|------|
| INDICE GENERAL.....     | i    |
| INDICE DE CUADROS ..... | vi   |
| INDICE DE FIGURAS ..... | viii |
| INDICE DE ANEXOS .....  | ix   |
| RESUMEN .....           | x    |

## INDICE GENERAL

|  |   |
|--|---|
| 1. INTRODUCCIÓN .....                        | 1 |
| 2. OBJETIVOS .....                           | 2 |
| 2.1 Objetivo General .....                   | 2 |
| 2.2 Objetivos Específicos .....              | 2 |
| 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....              | 3 |
| 3.1 Origen .....                             | 3 |
| 3.2 Importancia del cultivo .....            | 3 |
| 3.2.1 Composición Nutricional .....          | 4 |
| 3.3 Descripción Botánica .....               | 4 |
| 3.3.1 Fisiología del cultivo .....           | 4 |
| 3.3.2 Características morfológicas .....     | 5 |
| 3.4 Clasificación taxonómica .....           | 5 |
| 3.5 Ecología del cultivo .....               | 6 |
| 3.5.1 Clima y suelo .....                    | 6 |
| 3.5.2 Siembra .....                          | 6 |
| 3.5.3 Cosecha .....                          | 7 |
| 3.6 Importancia del ambiente protegido ..... | 7 |
| 3.6.1 Longitud de la carpa solar .....       | 7 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 3.6.2      | Orientación .....                                   | 8  |
| 3.6.3      | Temperatura .....                                   | 8  |
| 3.6.4      | Humedad Relativa .....                              | 9  |
| 3.6.5      | Luminosidad .....                                   | 9  |
| 3.6.6      | Ventilación .....                                   | 10 |
| <b>3.7</b> | <b>Importancia de los abonos orgánicos</b> .....    | 10 |
| 3.7.1      | Características del estiércol de ovino .....        | 11 |
| <b>3.8</b> | <b>Riego por goteo</b> .....                        | 13 |
| <b>3.9</b> | <b>Crecimiento y Desarrollo</b> .....               | 13 |
| <br>       |   |    |
| <b>4.</b>  | <b>MATERIALES Y METODOS</b> .....                   | 16 |
| <br>       |   |    |
| <b>4.1</b> | <b>Localización</b> .....                           | 16 |
| <b>4.2</b> | <b>Ubicación Geográfica</b> .....                   | 16 |
| <b>4.3</b> | <b>Descripción Agroecológica de la zona</b> .....   | 16 |
| 4.3.1      | Fisiografía .....                                   | 16 |
| 4.3.2      | Clima .....   | 16 |
| 4.3.2.1    | Datos meteorológicos de Tiahuanaco .....            | 17 |
| 4.3.3      | Suelos .....  | 19 |
| 4.3.4      | Vegetación .....                                    | 19 |
| 4.3.5      | Fauna .....   | 19 |
| <b>4.4</b> | <b>Materiales</b> .....                             | 20 |
| 4.4.1      | Material vegetal .....                              | 20 |
| 4.4.2      | Material orgánico .....                             | 21 |
| 4.4.3      | Material de laboratorio .....                       | 21 |
| 4.4.4      | Material de campo .....                             | 21 |
| <b>4.5</b> | <b>Método</b> .....                                 | 22 |
| 4.5.1      | Procedimiento experimental .....                    | 22 |
| 4.5.1.1    | Delimitación del terreno .....                      | 23 |
| 4.5.1.2    | Preparación del terreno y aplicación de abono ..... | 22 |
| 4.5.1.3    | Instalación del riego y apertura de surcos .....    | 23 |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 4.5.1.4    | Siembra .....   | 23        |
| 4.5.1.5    | Labores Culturales .....  | 23        |
| 4.5.1.5.1  | Riego .....   | 23        |
| 4.5.1.5.2  | Raleo .....   | 24        |
| 4.5.1.5.3  | Deshierbes .....  | 24        |
| 4.5.1.6    | Control de plagas y enfermedades .....                          | 24        |
| 4.5.1.7    | Aporques .....  | 24        |
| 4.5.1.8    | Toma de Datos .....   | 24        |
| 4.5.1.9    | Cosecha .....   | 25        |
| 4.5.2      | Diseño Experimental .....                                       | 25        |
| 4.5.2.1    | Modelo Lineal Aditivo .....                                     | 26        |
| 4.5.3      | Factores de Estudio .....                                       | 26        |
| 4.5.3.1    | Croquis de la parcela útil del experimento .....                | 28        |
| 4.5.3.2    | Medidas generales .....   | 29        |
| <b>4.6</b> | <b>Variables de Respuesta .....</b>                             | <b>30</b> |
| 4.6.1      | Variables Agronómicas .....                                     | 30        |
| 4.6.1.1    | Días a la germinación .....                                     | 30        |
| 4.6.1.2    | Altura de la planta .....                                       | 30        |
| 4.6.1.3    | Número de hojas .....   | 31        |
| 4.6.1.4    | Cobertura foliar .....  | 31        |
| 4.6.1.5    | Peso de la biomasa comercial .....                              | 31        |
| 4.6.1.6    | Peso de materia seca .....                                      | 31        |
| 4.6.1.7    | Rendimientos de materia seca y materia verde por hectárea ..... | 32        |
| 4.6.2      | Variables Económicas .....                                      | 32        |
| 4.6.2.1    | Beneficio bruto .....   | 32        |
| 4.6.2.2    | Beneficio neto .....  | 33        |
| 4.6.2.3    | Tasa de retorno marginal .....                                  | 33        |
| 4.6.2.4    | Relación Beneficio / Costo .....                                | 34        |
| 4.6.2.5    | Costos de Producción .....                                      | 34        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>5.1 Temperatura .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>5.2 Suelo .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>5.3 Variables Agronómicas .....</b>  | <b>37</b> |
| 5.3.1 Dí as a la emergencia .....   | 37        |
| 5.3.2 Altura de la planta .....   | 38        |
| 5.3.2.1 Influencia de la fertilización en la altura de la planta .....                      | 39        |
| 5.3.2.2 Influencia de las densidades de siembra en la altura de la planta .....             | 41        |
| 5.3.2.3 Interacción de los niveles de abono por la densidad de siembra .....                | 43        |
| 5.3.3 Número de Hojas .....   | 44        |
| 5.3.3.1 Influencia de la fertilización en el número de hojas .....                          | 45        |
| 5.3.3.2 Interacción de los niveles de abono por la densidad de siembra .....                | 47        |
| 5.3.4 Cobertura Foliar .....  | 48        |
| 5.3.4.1 Influencia de la fertilización en la cobertura foliar .....                         | 49        |
| 5.3.4.2 Influencia de las densidades de siembra en la cobertura foliar .....                | 51        |
| 5.3.4.3 Interacción de los niveles de abono por la densidad de siembra .....                | 54        |
| 5.3.5 Peso de la Biomasa Comercial .....  | 54        |
| 5.3.5.1 Influencia de la fertilización en el peso de la Biomasa Comercial .....             | 55        |
| 5.3.5.2 Influencia de las densidades de siembra en el peso de la<br>Biomasa Comercial ..... | 58        |
| 5.3.5.3 Interacción de los niveles de abono por la densidad de siembra ... ..               | 60        |
| 5.3.6 Peso de Materia Seca .....  | 61        |
| 5.3.6.1 Influencia de la aplicación de abono en el<br>peso de Materia Seca .....            | 62        |
| 5.3.6.2 Influencia de la densidad de siembra en el<br>peso de Materia Seca .....            | 64        |
| 5.3.6.3 Interacción de los niveles de abono por la<br>densidad de siembra .....             | 67        |



|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 5.3.6.3.1  | Análisis de efectos simples para la interacción de los niveles de abono y las densidades en el rendimiento de materia seca ..... | 67        |
| 5.3.6.3.2  | Prueba de Duncan para efectos simples en el nivel de 20 t/ha. de materia orgánica .....  | 69        |
| 5.3.6.3.3  | Prueba de Duncan para efectos simples en el nivel de 10 t/ha de materia orgánica .....   | 70        |
| 5.3.6.3.4  | Prueba de Duncan para efectos simples en el nivel de 0 t/ha. de materia orgánica .....   | 71        |
| <b>5.4</b> | <b>Variables Económicas</b> .....  | <b>72</b> |
| 5.4.1.     | Presupuesto parcial .....  | 72        |
| 5.4.2.     | Beneficios netos .....   | 72        |
| 5.4.3.     | Análisis de dominancia .....   | 74        |
| 5.4.4      | Análisis Marginal .....  | 75        |
| <b>6.</b>  | <b>CONCLUSIONES</b> .....  | <b>77</b> |
| <b>7.</b>  | <b>RECOMENDACIONES</b> .....   | <b>81</b> |
| <b>8.</b>  | <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....  | <b>82</b> |
| <b>9.</b>  | <b>ANEXOS</b> .....  | <b>85</b> |

## INDICE DE CUADROS

|   | Pag. |
|---|------|
| Cuadro 1. Composición nutricional de la valerianela .....   | 4    |
| Cuadro 2. Análisis químico y físico de jiri, wanu y thá ja .....  | 12   |
| Cuadro 3. Número de tratamientos .....  | 27   |
| Cuadro 4. Temperaturas promedio durante el ciclo del cultivo .....  | 35   |
| Cuadro 5. Análisis de Varianza de la altura de planta en centímetros .....  | 38   |
| Cuadro 6. Prueba de comparación de medias de Duncan<br>( $\alpha=0.05$ ) para los niveles de abono en la altura de planta .....                               | 39   |
| Cuadro 7. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para<br>los niveles de densidad de plantación en la altura de planta .....              | 41   |
| Cuadro 8. Análisis de Varianza del número de hojas por planta .....   | 44   |
| Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para<br>los niveles de abono en el número de hojas por planta .....                     | 45   |
| Cuadro 10. Análisis de Varianza de la cobertura foliar en centímetros .....   | 48   |
| Cuadro 11. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para<br>los niveles de abono en la cobertura foliar .....                              | 49   |
| Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para<br>los niveles de densidad de plantación en la cobertura foliar .....             | 51   |
| Cuadro 13. Análisis de Varianza del peso de la biomasa comercial (t/ha) .....   | 54   |
| Cuadro 14. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para<br>los niveles de abono en el peso de la Biomasa Comercial .....                  | 55   |
| Cuadro 15. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para<br>los niveles de densidad de siembra en el peso de la<br>Biomasa comercial ..... | 58   |
| Cuadro 16. Análisis de Varianza del peso de materia seca (kr/ha) .....  | 61   |

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los niveles de abono en el peso de Materia Seca .....               | 62 |
| Cuadro 18. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los niveles de densidad de siembra en el peso de Materia Seca ..... | 64 |
| Cuadro 19. Análisis de efecto simple de niveles de abono por densidad .....   | 67 |
| Cuadro 20. Prueba de Duncan para la densidad en el nivel 20 t/ha de materia orgánica .....  | 69 |
| Cuadro 21. Prueba de Duncan para la densidad en el nivel de 10 t/ha de materia orgánica .....   | 70 |
| Cuadro 22. Prueba de Duncan para la densidad en el nivel de 0 t/ha de materia orgánica .....  | 70 |
| Cuadro 23. Comparación de los beneficios netos de los tratamientos .....  | 72 |
| Cuadro 24. Análisis de dominancia de los tratamientos para el cultivo de la valerianela .....   | 74 |
| Cuadro 25. Análisis marginal .....  | 76 |

## INDICE DE FIGURAS

|   | Pag. |
|---|------|
| Figura 1. Morfología de la valerianela .....  | 5    |
| Figura 2. Curva de crecimiento característica de una planta anual .....                 | 14   |
| Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas .....  | 17   |
| Figura 4. Precipitación pluvial .....   | 18   |
| Figura 5. Humedad relativa .....  | 18   |
| Figura 6. Valerianela .....   | 20   |
| Figura 7. Área de trabajo donde se realizó el experimento .....                         | 22   |
| Figura 8. Croquis de la parcela útil del experimento .....                              | 28   |
| Figura 9. Temperaturas máximas y mínimas en el interior de la carpa .....               | 35   |
| Figura 10. Efecto del abonamiento orgánico en la altura de planta .....                 | 40   |
| Figura 11. Efecto de la densidad de siembra en la altura de planta .....                | 42   |
| Figura 12. Efecto de la fertilización en el número de hojas por planta .....            | 46   |
| Figura 13. Efecto de la fertilización en la cobertura foliar de las plantas .....       | 50   |
| Figura 14. Efecto de la densidad de siembra en la cobertura foliar .....                | 52   |
| Figura 15. Efecto de la fertilización en el peso de la biomasa comercial .....          | 56   |
| Figura 16. Efecto de la densidad de siembra en el peso de la<br>Biomasa Comercial ..... | 59   |
| Figura 17. Efecto de la fertilización en el peso de materia seca .....                  | 63   |
| Figura 18. Efecto de la densidad de siembra en el peso de materia seca .....            | 65   |
| Figura 19. Efectos simples para los niveles de abono y densidades<br>de siembra .....   | 68   |
| Figura 20. Curva de Beneficios Netos .....  | 75   |

## **INDICE DE ANEXOS**

- ANEXO 1. Localización del área de estudio.
- ANEXO 2. Análisis del Suelo.
- ANEXO 3. Datos del ensayo.
- ANEXO 4. Fotos del ensayo

## RESUMEN

La producción hortícola constituye una alternativa económica más en la región del Altiplano, es por ello que el presente trabajo se realizó con el objetivo de producir hortalizas de ciclo corto y de buen rendimiento para darle al agricultor una opción para diversificar su producción e incrementar sus ingresos.

La Valerianela (*Valerianella locusta*), es una hortaliza de invierno poco frecuente. Las pequeñas hojas redondas, cuando son tiernas, tienen un sabor agradable y constituyen una excelente ensalada y se ha demostrado que tiene un alto contenido en hierro, carotenos, vitamina C y principalmente, un bajo contenido en grasas. La familia Valerianaceae comprende cerca de 17 géneros, sólo dos géneros son de importancia agronómica: *Valerianella*, que incluye especies hortícolas y *Valeriana*, que incluye plantas medicinales y ornamentales.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento en niveles de fertilización con abono orgánico y diferentes densidades de siembra en el cultivo de *Valerianella* en ambiente protegido y evaluar la interacción de los factores en estudio. el crecimiento y rendimiento por unidad de superficie del cultivo, comparando así los costos de producción en los distintos tratamientos.

El ensayo se realizó en la localidad de Tiahuanaco, utilizando un modelo estadístico de Bloques Completos al Azar con Arreglo de Parcelas Divididas, siendo sujeto de estudio la Valerianela sembrada a tres densidades de siembra (100 plantas/m<sup>2</sup>, 50 plantas/m<sup>2</sup> y 33 plantas/m<sup>2</sup>) y diferentes niveles de abono (20 t/ha, 10 t/ha y 0 t/ha).

Los factores en estudio como las densidades de plantación y niveles de abono, influenciaron el comportamiento de las **valerianela** en las variables estudiadas como la altura de la planta, número de hojas, cobertura foliar, peso de biomasa comercial y peso de materia seca.

Pudiendo observar que la densidad tuvo bastante influencia en el rendimiento de este cultivo debido a variaciones en el número de plantas que afectan el peso de la materia seca de los diferentes niveles de abono, de esto se concluye que la densidad tiene un comportamiento diferencial con el cambio de los niveles de materia orgánica.

Los costos variables de los tratamientos propuestos indicaron lo siguiente: los tratamientos con mayores beneficios netos fueron T1(20 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) y T4 (10 t/ha y 1000000 plantas/ha) con 40580 y 37455 Bs. respectivamente. El tratamiento que presentó el menor beneficio neto fue T9 (0 t/ha y 333.333 plantas/ha) con 15240 Bs.

Las mayores tasas de retorno marginal, estuvo en T9 (0 t/ha y 333.333 plantas/ha) y T8 (0 t/ha y 500.000 plantas/ha) sin aplicación de abono; esto significa que por cada boliviano invertido hay una ganancia de 34 Bs. La menor tasa de retorno marginal se tuvo en T4 (10 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) y T1 (20 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) con aplicación de abono que dio como resultado que por cada boliviano invertido se obtuvo una ganancia de 2.45 bs.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La producción hortícola es una de las prácticas básicas del hombre. Allí donde ha habido producción agrícola se han cultivado plantas hortícolas para la alimentación humana y de los animales. El nivel de aciertos y de productividad dependió originalmente del clima local, estacional y de las especies cultivadas. Actualmente depende también de la demanda en el mercado.

La familia Valerianaceae comprende cerca de 17 géneros con unas 400 especies de amplia distribución mundial. Sólo dos géneros son de importancia agronómica: *Valerianella*, que incluye especies hortícolas y *Valeriana*, que incluye plantas medicinales y ornamentales las cuales son poco estudiadas por los botánicos. (Tronickova, 1986)

La Valerianela (*Valerianella locusta*), es una hortaliza de invierno poco frecuente. Las pequeñas hojas redondas, cuando son tiernas, tienen un sabor agradable y constituyen una excelente ensalada y se ha demostrado que tiene un alto contenido en hierro, carotenos, vitamina C y principalmente, un bajo contenido en grasas. (Tronickova, 1986)

Actualmente, se producen hortalizas de hoja en ambientes protegidos en el Altiplano, que es una alternativa para diversificar la producción agrícola en esta zona, teniendo la dificultad de obtener un mayor rendimiento por unidad de superficie, que no genera los ingresos que el agricultor espera.

El presente trabajo mostrará un estudio sobre el comportamiento en niveles de fertilización con abono orgánico y diferentes densidades de siembra de la en el cultivo de *Valerianella* en ambiente protegido y evaluar el crecimiento y rendimiento por unidad de superficie del cultivo, comparando así los costos de producción en los distintos tratamientos.



La necesidad de contar con productos alternativos a los producidos tradicionalmente en regiones altiplánicas, para diversificar su alimentación o incrementar la rentabilidad del agricultor, hace necesaria una mayor investigación en cultivos como las hortalizas, las cuales pueden ser producidas en dichas regiones y en ambientes protegidos, pudiendo obtener una mejor rentabilidad y mayor producción del cultivo.

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.3 Objetivo General.**

- Evaluar el efecto de densidades de siembra y niveles de abono orgánico, en el comportamiento agronómico de la *Valerianella* (*Valerianella lucusta*), en ambiente protegido.

### **2.4 Objetivos Específicos.**

- Evaluar el efecto de las diferentes densidades de siembra, sobre el comportamiento agronómico de la *valerianela*.
- Determinar el efecto de los niveles de abono orgánico en el comportamiento agronómico de la *valerianela*.
- Determinar la interacción existente, entre las densidades de siembra y niveles de abono orgánico en las variables agronómicas de la *valerianela*.
- Comparar los costos parciales de producción.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.**

#### **3.3 Origen.**

El centro de origen es desconocido. La especie crece al estado silvestre en toda la zona temperada de Europa, de Asia Menor y del Cáucaso. La primera información de su cultivo aparece en un documento alemán de 1588. Se han realizado investigaciones en varias regiones de los Estados Unidos y Europa, siendo más bien una curiosidad fuera de éstos. (Tronickova, 1986)

Es conocida también con el nombre de Canónigo el cual proviene del hecho de que frecuentemente se encontrara en los jardines de las rectorías en España. (Tronickova, 1986)

#### **3.4 Importancia del cultivo.**

La valerianela, es un cultivo cuya composición nutritiva es superior al de la lechuga, es cultivada en extensiones más o menos importantes en Alemania, Francia, Italia y otros países europeos donde la consumen por su alto valor nutritivo y es consumida en las ensaladas por lo común en mezcla con otras hortalizas. Es una planta de hojas muy delicadas, la hierba del canónigo crece en pequeñas rosetas a ras del suelo, de hojas aterciopeladas y alargadas. (Mí guel, 2001)

Es una hierba anual, de 15 a 30 cm altura. En su composición nutritiva presenta un valor superior de pro vitamina A y vitaminas B y C. Las hojas se utilizan frescas en ensalada, por lo común en mezcla con otras hortalizas. Crece en estado silvestre en toda la zona temperada de Europa, de Asia Menor y del Caucazo. (Tronickova, 1986)

### 3.2.1 Composición Nutricional.

La composición nutricional de la valerianela por cada 100 gramos es la siguiente (Mí guel, 2001)

**Cuadro1. Composición nutricional de la valerianela.**

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Calorías: 21 KCal. | Grasas monoins.: 0 gr.   |
| Proteínas: 2 gr.   | Grasas poliinsat.: 0 gr. |
| Colesterol: 0 Mg.  | Calcio: 38 Mg.           |
| Grasas sats: 0 gr. | Magnesio: 13 Mg.         |
| Fósforo: 53 Mg.    | Vitamina C: 38,2 Mg.     |
| Potasio: 459 Mg.   | Vitamina E: 0 Mg.        |
| Sodio: 4 Mg.       | Vitamina A: 7092 IU      |

Fuente: Mí guel (2001)

## 3.5 Descripción Botánica

### 3.5.1 Fisiología del cultivo.

Conocida también como canónigo, lechuga suiza y valerianela, es una hierba anual de hojas enteras ( $2n = 14$  cromosomas), de 15 a 20 cm altura. Presenta período vegetativo muy corto de 3 a 4 meses, germinando a los primeros 20 días de sembrada la semilla. Al terminar su desarrollo vegetativo, desarrolla una roseta de numerosas hojas sésiles (órgano de consumo) sobre un corto tallo. (Canónigo, 2002)

Este cultivo es típico de regiones húmedas, generalmente sombreadas, es cultivado a altitudes menores a 1400 msnm y crece en pequeñas rosetas a ras del suelo. (Canónigo, 2002)

### 3.5.2 Características morfológicas.

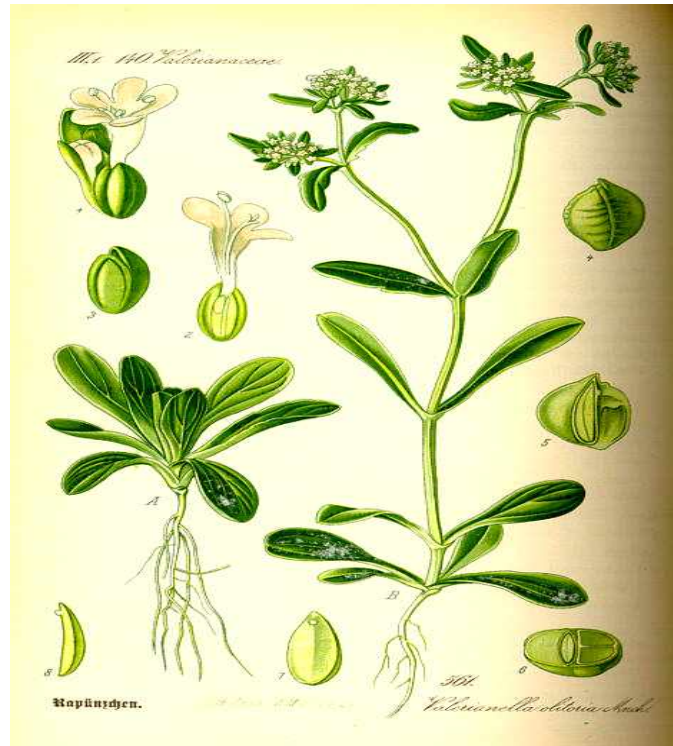


Figura 1. Morfología de la valerianela (Mí guel, 2001)

Presenta una raíz adventicia, el tallo floral ramifica dicotómicamente y diferencia cimas capituliformes en sus ápices. Las flores son celestes y de corola gamopétala desprovista de giba basal. El ovario trilocular presenta un solo lóculo fértil.

El fruto es pequeño, orbicular y grisáceo. El órgano de consumo lo constituyen las hojas de la roseta, de color verde, aterciopeladas oblongas, de 6 a 12 cm de largo y de borde entero o dentado. (Tronickova, 1986)

### 3.4 Clasificación taxonómica.

La forma mas elemental de agrupar a las hortalizas y al mismo tiempo, quizás una de las mas importantes, es la clasificación taxonómica de los individuos.

La posición taxonómica de este cultivo según Cronquist (1997) es la siguiente:

|              |   |
|--------------|---|
| Reino        | : Plantae                               |
| División     | : Magnoliophyta                         |
| Clase        | : Magnoliopsidas                        |
| Orden        | : Dipsacales                            |
| Familia      | : Valerianaceae                         |
| Género       | : Valerianella                          |
| Especie      | : V. locusta                            |
| Nombre común | : Valerianela, lechuga suiza, canónigo. |

### **3.6 Ecología del cultivo.**

#### **3.6.1 Clima y suelo.**

Lewis (1982) afirma, que la temperatura juega un papel muy importante en la fisiología de las plantas, las temperaturas altas estimulan el crecimiento de las plantas y las temperaturas bajas producen un crecimiento lento en ellas.

Este cultivo (valerianela) se desarrolla muy bien a temperaturas promedio de 25 °C, siendo una planta de fotoperiodo largo prospera mejor en climas templados, se encuentra presente de forma silvestre en valles de la región de Europa y crece en pequeñas rosetas a ras del suelo. La planta desarrolla bien en suelos sueltos y bien abonados (Canónigo, 2002)

#### **3.6.2 Siembra.**

La siembra se hace al voleo, en forma no muy tupida, a razón de 100 gramos por hectárea. La semilla debe ser ligeramente cubierta de tierra por medio del rastrillo y luego levemente apisonada, ya sea con pala o con un rodillo liviano (Tiscornia, 1982)

### **3.6.3 Cosecha.**

La cosecha se realiza cuando la planta ha llegado a un desarrollo apreciable, teniendo el cuidado de no dejar endurecer las hojas, es recomendable meter la planta en una bolsa de plástico para que no coja el olor de la nevera. Se puede conservar de 3 a 4 días en el cajón de la verdura de la nevera rociado con agua para refrescarlo. (Canónigo, 2002)

### **3.10 Importancia del ambiente protegido.**

Los ambientes protegidos como carpas solares e invernaderos, son cubiertas que evitan el descenso de temperaturas a niveles críticos, la energía solar es la fuente para calentar dichos ambientes, siendo los más comunes en la región andina de Bolivia los cuales son construidos para proteger cosechas y controlar factores como riego, luz y humedad en los cultivos. (Valdez, 1997)

Las carpas solares al igual que los que los invernaderos y huertos, cumplen funciones del aprovechamiento de energía solar pasiva, atrapar luz y principalmente la temperatura lo que beneficia el desarrollo de los cultivos. (Flores, 1996)

#### **3.10.1 Longitud de la carpa solar.**

La longitud de una carpa solar, esta determinada de acuerdo al propósito del agricultor y sobre todo por la economía del mismo, esto quiere decir que si el propósito de producción es alto en su producción, se contará con una carpa solar amplia y viceversa; estos factores son determinantes para obtener una longitud adecuada.

### **3.10.2 Orientación**

El eje longitudinal (la sección mas larga) deberá ir localizada de este a oeste, y el techo debe orientarse hacia el norte, con el fin de que reciba la mayor cantidad de irradiación posible. De tal manera que la pared más alta debe estar situada al costado sur. (TecnAgro, 1995)

Flores (1996) recomienda, que es muy importante situar la carpa solar donde capte la mayor cantidad de luz, temperatura, cerca de una fuente de agua; en cuanto al suelo, se debe elegir con preferencia terrenos planos; lugares desprotegidos donde no existan árboles que puedan proyectar sombras a la carpa solar.

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

### **3.10.3 Temperatura**

La temperatura del invernadero depende gran parte del efecto invernadero, este se crea por la radiación solar que llega a la construcción y la impermeabilidad de los materiales de recubrimiento que evitan la radiación calorífica, quedándose en el interior la radiación atrapada y calentando el ambiente. (Hartman, 1990)

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. (Flores, 1996)

Cuando en el interior de la carpa solar la temperatura está por encima de los 35° C, deben abrirse las ventanas para dejar ventilar y así evitar la aparición de plagas de hongos y pulgones. La temperatura óptima para un buen desarrollo de las hortalizas está entre los 20 a 35° C. (TecnAgro, 1995)

#### **3.10.4 Humedad Relativa**

Por efecto de la evaporación del agua de riego y de la transpiración de las plantas, la humedad relativa interna no debe sobrepasar el 60 %, de esta forma se evita la propagación de hongos, pulgones y otras plagas. Al abrir las ventanas de ventilación es posible retirar el exceso de humedad del interior del invernadero. (TecnAgro, 1995)

Las plantas se desarrollan bien donde la humedad relativa fluctúa entre 30 a 70%, por debajo del 30% las hojas se marchitan, por encima del 70% la incidencia de enfermedades es un problema. (Serrano 1979 citado por Mantilla 2004)

#### **3.10.5 Luminosidad.**

La luz es un factor que juega un papel muy importante en el crecimiento y formación de plantas, flores y frutos, de ella dependen como 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. (Flores, 1996)

La iluminación se refiere a una franja del espectro de radiación solar, comprendida entre 400 y 700 m, las plantas utilizan rangos de 320 a 800 nm correspondiente a las longitudes del rojo – violeta; la sensibilidad de las plantas respecto a la fotosíntesis presenta sus máximos a 450 nm, azul y rojo respectivamente. (Bernart, 1997)



### **3.10.6 Ventilación**

Los sistemas de ventilación en ambientes protegidos requieren de un eficiente sistema por tres razones fundamentales:

- Para abastecimiento de CO<sub>2</sub> utilizado por 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.

Una mala ventilación trae consigo la elevación o descenso de la temperatura al interior de la carpa solar y de la humedad relativa existente, que en casos extremos provoca problemas de crecimiento de las plantas y aparición de plagas y enfermedades a los cultivos. (Guzmán, 1993)

### **3.11 Importancia de los abonos orgánicos.**

Los abonos orgánicos como la gallinaza, el estiércol de ovino, bovino, caprinos y de camélidos, han sido utilizados durante siglos para incrementar el rendimiento de los cultivos y mejorar la estructura, capacidad de retención de humedad, actividad microbiana, etc. de los suelos. (FAO, 1990)

Por otra parte, el estiércol contiene cantidades significativas de compuestos orgánicos de fácil descomposición, los que mejoran la actividad biológica, lo que a su vez repercute en la estructura por la formación de agregados como resultado de la descomposición de los mismos. (FAO, 1990)

La composición media de un abono orgánico es de 0,5 % N; 0,25 %  $P_2O_5$  y 0,50 %  $K_2O$ ; los abonos orgánicos también se conocen como enmiendas, fertilizantes orgánicos. Una de las fuentes más importante de este tipo de fertilizante es el estiércol, por su aporte de materia orgánica.

### **3.11.1 Características del estiércol de ovino.**

El estiércol de oveja es considerado como un buen abono orgánico con 64% de humedad, 60% de materia orgánica y 1-2% de N, 0,7-1%  $P_2O_5$ ; 1-2-5  $K_2O$ . Sin embargo el estiércol de oveja es más rico que el de caballo; especialmente en ácido fosfórico y cal. (Yuste, 1995)

Valdez (1995) da a conocer, que el estiércol de ovino contiene elementos en 100% de Materia seca: N = 1.73;  $P_2O_5$  = 1.23;  $K_2O$  = 1.62; Ca = 1.10; Mg = 0.50; M.O. 68.80 y pH = 7.80. Existen tres formas de abono de ovino los cuales se utilizan en la agricultura andina:

- El “jiri”, con alta concentración de nutrientes, hormonas y enzimas; el cual es acumulado en el corral con una coloración verde, semipastosa y olor penetrante; el mas fresco con una humedad del 50%, compactado por el pisoteo de las ovejas, deyecciones, agua de lluvia, etc.
- El “wanu”, presenta y color amarillento – café oscuro, medianamente húmedo (30%), se produce también por pisoteo de los ovinos que forman una capa medianamente compacta, la de mayor proporción en el corral.
- La “thá ja”, es un estiércol granulado de forma ovoide y color negro, en su parte central se observa el pasto seco de color amarillo, se acumula durante los meses mas secos del año; en estos meses la thá ja sirve como cama a los ovinos, retiene el calor; tiene mayor Potasio y Boro, rara vez se usa como abono solo cuando hay déficit de “wanu”

**Cuadro 2. Análisis químico y físico de jiri, wanu y tha'ja en porcentaje de materia seca.**

| ELEMENTO      | Formas de abono de ovino |          |         |
|---------------|--------------------------|----------|---------|
|               | JIRI                     | WANU     | 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    | 43.72   |
| PH            | 8.50                     | 7.70     | -       |
| Densidad g/cc | 1.33                     | 0.79     | 0.30    |

**Fuente: Valdez (1995)**

En el cuadro 2, se observa que el “jiri” y “wanu” poseen mayor humedad 50,10 % y 30,40 % respectivamente y tienen un alto contenido de nutrientes N P K, mayor contenido de ceniza, son más densos; a comparación de la “tha'ja” que tiene menor contenido de estos elementos, ya que presenta menor humedad (9 %) y es utilizado como cama de corral en invierno; generalmente el que se utiliza como abono directamente para el cultivo es el “wanu”.

### **3.12 Riego por goteo.**

El riego por goteo supone una mejora tecnológica importante que contribuirá a una mejor y mayor productividad de los cultivos. Comporta un cambio profundo dentro de los sistemas de aplicación de agua de agua suelo que incidirá también en las prácticas culturales a realizar, es considerada como una nueva técnica de producción agrícola. (Medina, 1998)

La característica principal de este riego es, que no se moja todo el suelo, sino sólo parte del mismo, que varía en las características del suelo, el caudal del gotero y el tiempo de aplicación. En esta parte húmeda es en la que la planta concentrará sus raíces y de la que se alimentará. (Medina, 1998)

### **3.13 Crecimiento y Desarrollo.**

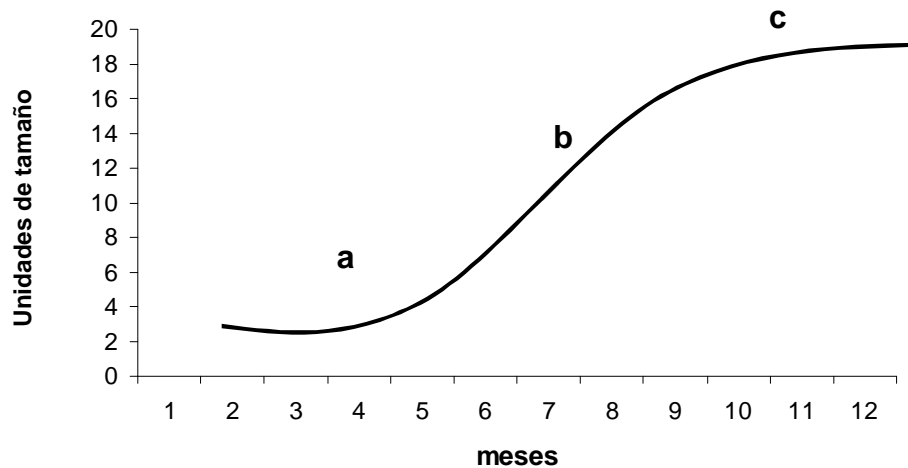
Fernández y Johnston (1986); Barcello (1988), destacan que si bien el crecimiento y desarrollo son términos que se usan como sinónimos, son conceptos diferentes pero no separables. El término “desarrollo” se aplica a un sentido más amplio a la serie de los cambios cuantitativos y cualitativos que ocurren en un organismo a través de su ciclo de vida, donde se observa la diferenciación de nuevos órganos tales como raíces, tallos y hojas.

Mientras que por “crecimiento” se entiende a un aumento irreversible y permanente del volumen que puede ir acompañado por un aumento de masa o peso, para ello se crearon modelos matemáticos para el análisis, siendo estos solo valores indicativos generales, ya que ninguno de ellos puede abarcar en una sola fórmula la historia total de una planta. (Rodríguez, 1991)

Si se grafica el crecimiento de una planta, independientemente del índice que se mide, se obtienen una curva característica en forma de "S". La longitud de esta curva puede modificarse por la ausencia de algún elemento nutritivo o por variaciones ambientales. (Fernández y Jhonston, 1986)

Lira (1994) señala que, es conveniente un breve análisis matemático de los aspectos simples del crecimiento, se presenta un modelo típico de crecimiento de una planta anual, se divide en tres fases:

- a) Fase logarítmica o exponencial
- b) Fase lineal
- c) Fase de declinación por envejecimiento o sensibilidad de la planta.



**Figura 2. Curva de crecimiento característica de una planta anual (Whaley, 1961 citado por Lira, 1994)**

Bidwell (1979) citado por Auza (2003), la curva típica de crecimiento de una planta anual puede dividirse en tres fases que son:

- ◆ **Fase inicial:** en esta fase la mayoría del espacio alrededor de la planta no ha sido aún ocupada, donde el crecimiento es vegetativo en su mayoría, donde cada hoja que se forma contribuye a incrementar el crecimiento.
- ◆ **Fase lineal o de complemento:** coincide con el desarrollo vegetativo de tallos, hojas, inflorescencias; las hojas comienzan a sombrearse unas con otras y sobre índices de área foliar superior a 3, al incrementarse las hojas difícilmente se va a incrementar la luz interceptada.

En este momento el crecimiento sigue una función lineal y en esta fase es donde se acumula la mayor cantidad de materia seca; durante la fase lineal la tasa de crecimiento se torna constante y no está en relación con el tamaño anterior del organismo.

- ◆ **Fase de madurez y senectud:** durante la cual se acumulan las reservas y concluye frecuentemente con una pérdida de peso debido a la desecación y a la desaparición de una parte del aparato vegetativo. En esta tercera fase el crecimiento se detiene, no existe una regla para distinguir el inicio dependiendo en realidad del cultivo y de las condiciones del mismo. (Bidwell 1979 citado por Auza 2003)

## **5. MATERIALES Y METODOS**

### **5.1 Localización.**

El presente trabajo de investigación se realizó en el altiplano paceño, mas propiamente en la comunidad de Khasa Achuta el cual pertenece al municipio de Tiahuanaco del departamento de La Paz. (Anexo 1)

### **5.2 Ubicación Geográfica**

La población de Tiahuanaco, se encuentra situada en la 3ra. Sección de la Provincia Ingavi del departamento de La Paz, a 74 Km de la ciudad de La Paz, con una ubicación geográfica de 16°33' Latitud Sur y 68°41' Longitud Oeste, con una altitud de 3840 m.s.n.m. Limita al sur con el cantón San Andrés de Machaca, al oeste con el cantón Guaqui y al noreste con la Provincia Los Andes de nuestro departamento. (Montes de Oca, 1997)

### **5.3 Descripción Agro ecológica de la zona.**

#### **5.3.1 Fisiografía.**

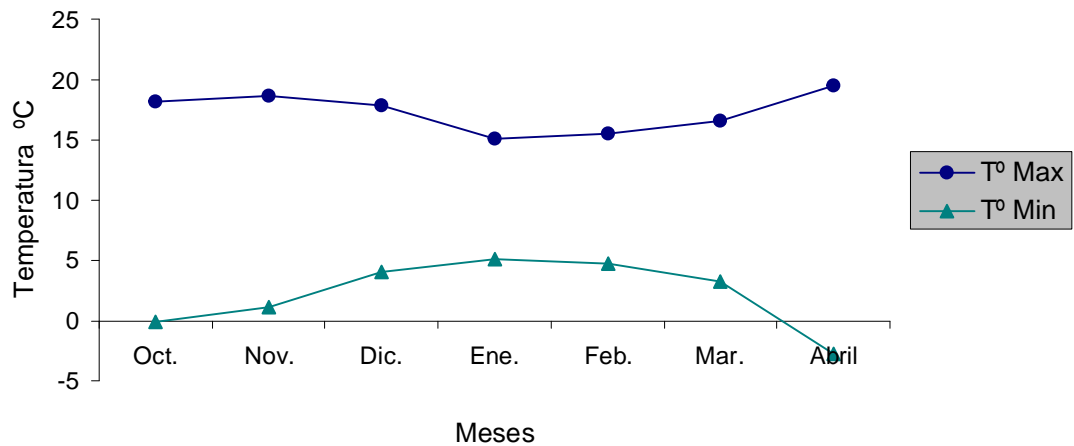
Fisiográficamente la región de Tiahuanaco en su superficie consta de un 59,8 % con llanuras, el 17,7 % son colinas y el 22,45 % de esta superficie corresponden a serranías (UAC – 1990)

#### **5.3.2 Clima.**

Esta zona se caracteriza por presentar un clima semiárido templado, con bajas precipitaciones pluviales que oscilan de entre 150 a 300 mm por año, con una temperatura máxima de 19,5 °C, una temperatura mínima de -2,8 °C y una temperatura media de 7,8 °C.

Los vientos predominantes en la zona tienen una dirección SE y corren a una velocidad entre 2 a 5 nudos. (SENAMHI 1993, citado por Mantilla 2005)

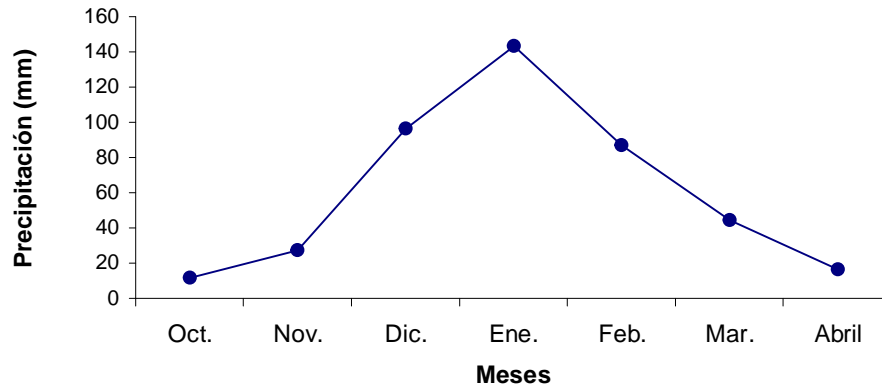
#### 4.3.2.1. Datos meteorológicos de Tiahuanaco (SENAMHI - 2004)



**Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas**

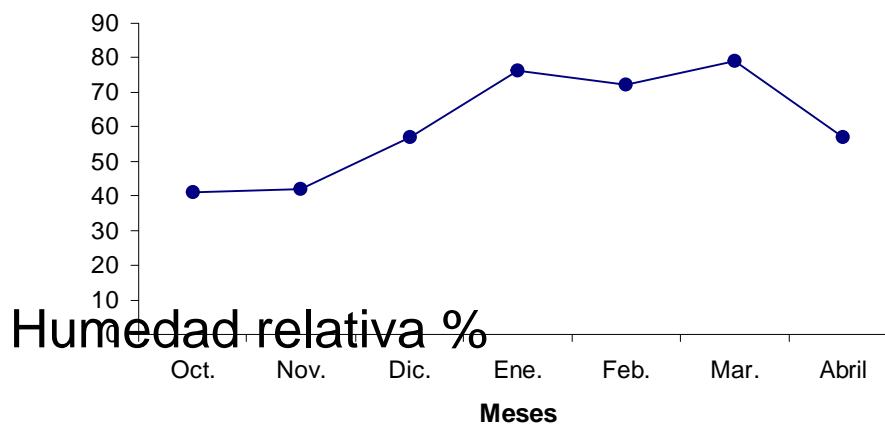
En la figura 3 se observa a las temperaturas máximas que es de 18,6 y 19,5 °C en los meses de octubre (2003) y abril (2004) y las temperaturas mínimas se reportaron en los meses de octubre con -0,1 °C (2003) y en abril con -2,8 °C. (SENAMHI 2003 – 2004)





**Figura 4. Precipitación pluvial**

En la figura 4, se observa el comportamiento de la presipitación pluvial fluvial desde los meses de octubre (2003) hasta abril (2004), siendo el mes de enero, el mes con mayor presipitación con 142.9 mm/año y la menor fue en el mes de octubre con 11.3 mm/año. (SENAMHI 2003 – 2004)



**Figura. 5 humedad relativa**

En la figura 5, se muestra el comportamiento de las hmedades relativas desde los meses de octubre (2003) hasta abril (2004), siendo en los meses de enero y marzo los que presentaron los valores mas altos, con 76% y 79% respectivamente (SENAMHI 2003 – 2004)

### **5.3.3 Suelos.**

Los suelos de esta zona presentan una profundidad de capa arable de 10 a 30 cm. , esta región presenta suelos con una textura franco-arenosa y arcillo-limosa, siendo pobres en materia orgánica que oscila entre 1,30 – 2,04 % de M.O. (Mamani, 1994)

En el presente estudio se presenta un estudio del suelo extraído del lugar y el mismo mostró que el suelo presenta una textura franco-arcillosa con materia orgánica presente es de 2,25 %, con un pH = 7.1 (ANEXO – 2)

### **5.3.4 Vegetación.**

La región consta de 59,8% de su superficie son llanuras, el 17,7 % son colinas y el 22,45% corresponden a serranías. En las cuales se encuentran gramíneas (*Festuca dolichophylla*, *Stipa ichu*, *hordeón medicum*); malezas como Aliniski (*Erodium moschatum*), Layulayu (*trifolium amabili*), Mostaza (*Brassica sp.*). (Mamani, 1994)

### **5.3.5 Fauna.**

En cuanto a la fauna presente en la zona, se cuenta con animales domésticos entre ellos: ovinos, vacunos, gallinas, cuyes y animales silvestres como: gato silvestre (titi), cuis (pampa wanqo), patos silvestres. (Callisaya, 1999)

## 5.4 Materiales.

### 5.4.1 Material Vegetal.



**Figura 6. Valerianela**

En el presente trabajo se utilizó la especie Valerianela (*Valerianella locusta*), conocida también como: canónigo, dulceta, lechuga de campo o la lechuga Suiza. Es una planta anual de ciclo vegetativo corto de aproximadamente 3 a 4 meses, la planta emerge a los 14 o 20 días después de sembrada la semilla, la planta crece entre 15 a 20 cm. de altura. (Tronickova, 1986)

Esta planta será sembrada desde su semilla debiendo ser sembrada directamente en el suelo en el ambiente protegido.

#### **4.4.5 Material orgánico.**

Para el presente trabajo se utilizó estiércol de ovino como fuente de materia orgánica, el mismo que es encontrado en la región y por tener alta concentración de nutrientes en su estructura. Los niveles que se estudiaron para los tratamientos fueron los siguientes:

- En el primer nivel fue de 20 T/ha es decir 2 Kg/m<sup>2</sup>.
- Para el segundo nivel fue de 10 T/ha es decir 1 Kg/m<sup>2</sup>.
- Por último para el tercer nivel fue de 0 T/ha es decir, sin aplicación de abono el cual sirvió de testigo.

#### **4.4.6 Material de laboratorio.**

Se utilizó una balanza de precisión y balanza analítica para pesar la materia verde y materia seca, también se utilizó un horno de secado a una temperatura de 60 °C por un lapso de tiempo de 48 hrs. para la obtención de materia seca de las muestras obtenidas en campo de los diferentes tratamientos. También se utilizó pinzas para manipular las plantas.

#### **4.4.7 Material de campo.**

- |           |                   |
|-----------|-------------------|
| - Palas   | - Picotas         |
| - Chontas | - Termómetros     |
| - Cuerdas | - Cintas métricas |
| - Estacas | - Rastrillos      |

## **5.5 Metodología.**

### **5.5.1 Procedimiento Experimental**

A continuación describiremos paso a paso el método experimental que se siguió durante el experimento:

#### **5.5.1.1 Delimitación del terreno.**

Se delimitó el área de estudio en una extensión total de 120 m<sup>2</sup>, los 4 bloques con una superficie de 30m<sup>2</sup> cada uno y los tratamientos en una superficie de 9m<sup>2</sup>. Los bloques y unidades experimentales o tratamientos fueron delimitados con estacas y cintas dentro el ambiente protegido.



**Figura 7. Área de trabajo donde se realizó el experimento**

#### **5.5.1.2 Preparación del terreno y aplicación de abono.**

La preparación del terreno empezó desde la roturación y remoción del suelo en forma manual, nivelando el mismo para evitar problemas de pendiente, teniendo el cuidado de evitar heterogeneidad del suelo.

Se aplicó el abono orgánico por unidad experimental pesando las cantidades necesarias para sus tres niveles los cuales fueron: en un primer nivel de 20 T/ha (2 Kg/m<sup>2</sup>), para el segundo nivel fue de 10 T/ha (1 Kg/m<sup>2</sup>) y un último nivel fue de 0 T/ha es decir que no hubo aplicación de materia orgánica.

### **5.5.1.3 Instalación del riego y apertura de surcos**

La instalación del riego por goteo se realizó desde la toma de agua (pozo) conectado a una bomba de agua con el acoplamiento de los tubos PVC con las cintas de riego o mangas de riego con una distancia de 20 cm entre goteros, 35 cm entre cintas de riego, esto para que la distribución de agua sea uniforme en el ambiente; luego se tuvo que realizar la formación de surcos a los lados de cada cinta a una distancia de 20 cm entre surco.

### **5.5.1.4 Siembra**

Una vez instalado el sistema de riego, la siembra fue realizada manualmente, seleccionando las mejores semillas y mediante la aplicación directa de la semilla, entre 2 a 3 semillas por golpe, cubriendo luego las semillas con una capa de tierra. Se sembraron a tres densidades de siembra cuyas densidades fueron de 5 cm, 10 cm y 15 cm de distancia entre plantas.

### **5.5.1.5 Labores Culturales**

#### **5.5.1.5.1 Riego.**

El riego fue por goteo, durante los primeros días de la siembra se mantuvo la humedad del suelo a capacidad de campo para obtener la uniformidad en la emergencia, se regó dos veces por día, uno por la mañana y otro por la tarde; se controló el exceso de humedad del suelo que puede ocasionar pudriciones.

#### **5.5.1.5.2 Raleo.**

A los 15 días después de la siembra se hicieron los raleos correspondientes, esto se realiza cuidadosamente y de forma manual para evitar daños a la planta, el mismo que tiene por objetivo permitir un mejor desarrollo para la planta evitando competencia.

#### **5.5.1.5.3 Deshierbes**

Los deshierbes se realizaron en forma manual y constantemente en función a las necesidades o invasión de malezas, realizando un control más efectivo durante la germinación y emergencia, la cual pueda evitar la competencia por nutrientes y agua.

#### **5.5.1.6 Control de plagas y enfermedades**

Por ser un cultivo no tradicional, no se cuenta con bibliografía acerca de plagas o enfermedades que pudieran atacar a la planta. Se controló la humedad del suelo para evitar la presencia de alguna plaga o enfermedad.

#### **5.5.1.7 Aporques**

El aporque fue realizado a las 4 semanas después de la germinación, esta labor cultural se realiza para fortalecer a la planta dotándole de mejor aireación y evitando la compactación del suelo.

#### **5.5.1.8 Toma de Datos**

Las mediciones realizaron cada 15 días observando las diferentes fases fisiológicas del cultivo, llevando registros de campo de ellos. Se midió la altura de la planta desde la base hasta el ápice, la longitud está considerada en cm, se

tomó medidas también del área foliar, se contó el número de plantas por tratamiento y el número de hojas por planta, en los distintos tratamientos.

#### **5.5.1.9 Cosecha**

La cosecha fue realizada manualmente a los 60 días después de la siembra en cada uno de los bloques y tratamientos; para facilitar el manejo de los datos del material vegetal, se procedió a cosechar primero 1 m<sup>2</sup> de cada unidad experimental, luego se cosechó el resto de las plantas de la unidad experimental, hasta cosechar todas las unidades experimentales.

#### **5.5.2 Diseño Experimental**

El diseño experimental que se utilizó fue Bloques Completos al Azar con arreglo de Parcelas Divididas, por presentar dos factores principales (niveles de abono y densidades de siembra) en estudio para este cultivo y para tener mejor evaluación sobre la interacción de estos factores y también poder evaluar la influencia de la temperatura sobre los diferentes bloques. (Guzmán, 2000)

Para evaluar el efecto de la densidad de siembra y los niveles de abono orgánico, se hizo una comparación entre tratamientos mediante la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), esta prueba permite evaluar de forma mas efectiva los datos obtenidos por unidad experimental (Guzmán, 2000)

El Factor "A" (abono) fue distribuido en parcela grande y el Factor "B" (densidades de siembra) en parcela pequeña ya que este necesita un estudio de mayor precisión; se formó un total de cuatro bloques, para obtener un total de cuatro repeticiones por tratamiento y nueve tratamientos en cada bloque sorteados al azar, esto para obtener un mejor análisis de los datos.



En total se contaron con 36 unidades experimentales las cuales serán evaluadas individualmente, esta evaluación fue óptima por las características del diseño y las condiciones del suelo.

#### 4.6.2.3 Modelo Lineal Aditivo (Calzada, 1982)

El modelo lineal utilizado para este experimento fue:

$$y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij} + \lambda_k + (\alpha\lambda)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera.

$\mu$  = Media poblacional.

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel de fertilización nitrogenada.

$\varepsilon_{ij}$  = Error de la parcela grande.

$\lambda_k$  = Efecto de la  $k$ -ésima densidad de siembra.

$\alpha\lambda_{ik}$  = Interacción del  $i$ -ésimo nivel de fertilización por la  $k$ -ésima densidad de siembra.

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental.

#### 4.6.3 Factores de Estudio

**FACTOR A:** Niveles de abono

$a_1 = 20$  TM / ha

$a_2 = 10$  TM / ha

$a_3 = 0$  TM / ha

**FACTOR B:** Densidades de siembra

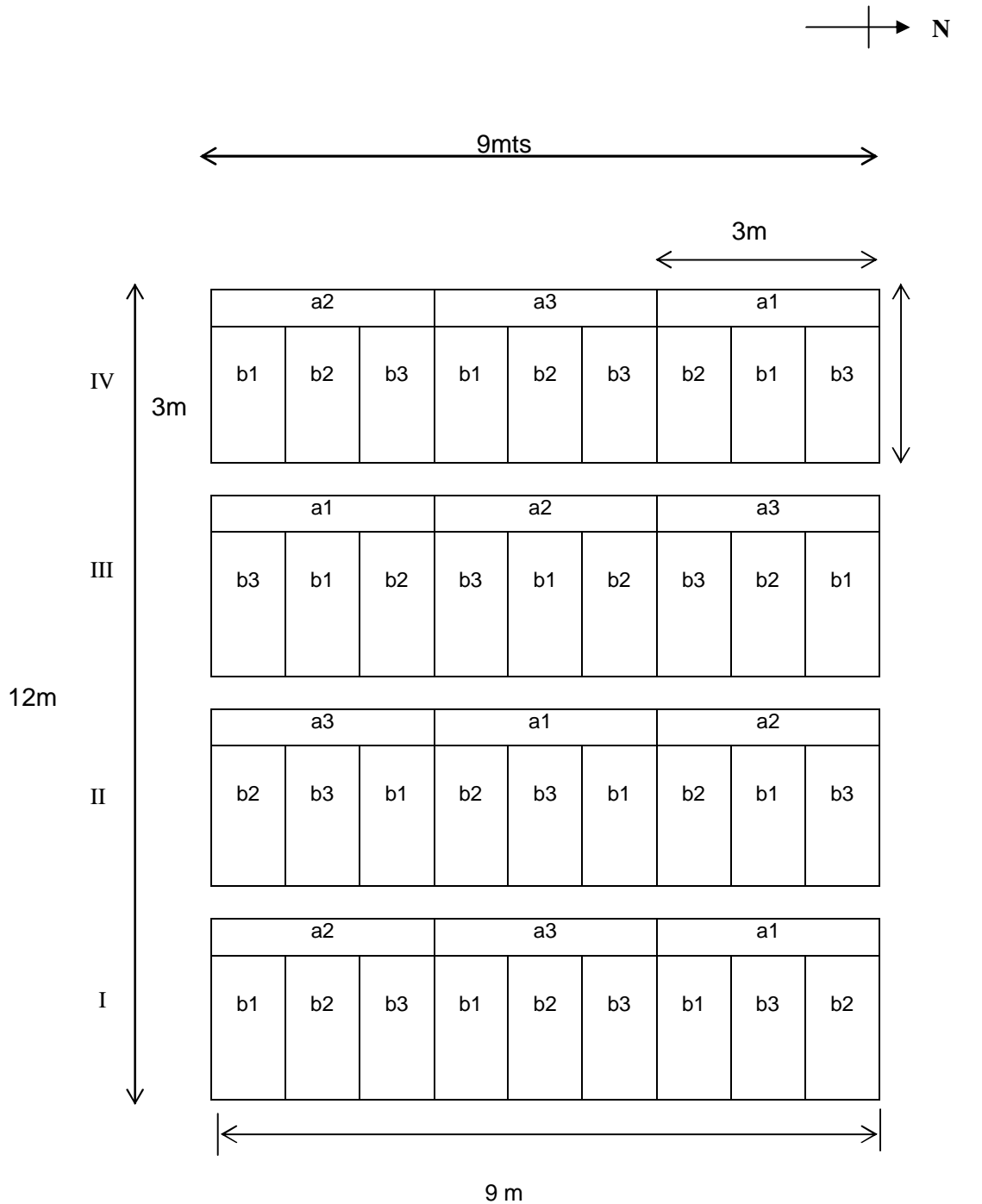
|    | Densidad                   | Distancia entre plantas | Observación               |
|----|----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| b1 | 100 plantas/m <sup>2</sup> | 5 cm                    | 20 pltas/m * 5 hileras/m  |
| b2 | 50 plantas/m <sup>2</sup>  | 10 cm                   | 10 pltas/m * 5 hileras/m  |
| b3 | 33 plantas/m <sup>2</sup>  | 15 cm                   | 6.6 pltas/m * 5 hileras/m |

**Cuadro 3. Número de tratamientos**

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| T1 = a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> | 20 T/ha de abono y densidad de 100 pltas/m <sup>2</sup> |
| T2 = a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> | 20 T/ha de abono y densidad de 50 pltas/m <sup>2</sup>  |
| T3 = a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> | 20 T/ha de abono y densidad de 33 pltas/m <sup>2</sup>  |
| T4 = a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> | 10 T/ha de abono y densidad de 100 pltas/m <sup>2</sup> |
| T5 = a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> | 10 T/ha de abono y densidad de 50 pltas/m <sup>2</sup>  |
| T6 = a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> | 10 T/ha de abono y densidad de 33 pltas/m <sup>2</sup>  |
| T7 = a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> | 0 T/ha de abono y densidad de 100 pltas/m <sup>2</sup>  |
| T8 = a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> | 0 T/ha de abono y densidad de 50 pltas/m <sup>2</sup>   |
| T9 = a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> | 0 T/ha de abono y densidad de 33 pltas/m <sup>2</sup>   |

El cuadro 2, nos muestra los diferentes tratamientos (en un número de nueve) instalados en todo el experimento los cuales fueron distribuidos al azar en cada una de las unidades experimentales con sus respectivas repeticiones.

### 4.6.3.1 Croquis de la parcela útil del experimento



Esc: 1:100

**Figura 8. Croquis de la parcela útil**

#### 4.6.3.2 Medidas Generales

|                               |    |                        |                    |
|-------------------------------|----|------------------------|--------------------|
| Número de tratamientos        | 9  | Largo de bloque        | 9 m                |
| Número de bloques             | 4  | Ancho de bloque        | 3 m                |
| Número de U.E. / bloque       | 9  | Área de bloque         | 30 m <sup>2</sup>  |
| Total Unidades Experimentales | 36 | Área total experimento | 108 m <sup>2</sup> |

#### Parcela Grande

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| Número de parcelas        | 12               |
| Número de parcelas/bloque | 3                |
| Largo de parcela          | 3 m              |
| Ancho de parcela          | 3 m              |
| Área de parcela           | 9 m <sup>2</sup> |

#### Subparcelas

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| Largo de subparcela | 3 m              |
| Ancho de subparcela | 1 m              |
| Área subparcela     | 3 m <sup>2</sup> |

#### Número de Surcos

|                            |    |
|----------------------------|----|
| nº surcos / parcela grande | 13 |
| nº surcos / subparcela     | 4  |

#### Nº de plantas –densidad 5 cm

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| nº plantas / surco      | 60  |
| nº plantas / subparcela | 240 |

#### Nº de plantas –densidad 10 cm

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| nº plantas / surco      | 30  |
| nº plantas / subparcela | 120 |

#### Nº de plantas –densidad 15 cm

|                         |    |
|-------------------------|----|
| nº plantas / surco      | 20 |
| nº plantas / subparcela | 80 |

Para aprovechar mejor el espacio del experimento, no se tomaron en cuenta la existencia de pasillos, pero si se tomó en cuenta la bordura en los bloques y en cada unidad experimental.

## **4.7 VARIABLES DE RESPUESTA.**

### **4.6.1 Variables Agronómicas.**

Para estudiar el efecto de las tres densidades de siembra y tres niveles de abono, fueron consideradas las variables agronómicas: días a la emergencia, porcentaje de germinación, altura de planta, número de hojas, cobertura foliar, peso de biomasa comercial, peso de materia seca y rendimiento por unidad experimental.

#### **4.6.1.1 Días a la germinación.**

A fin de determinar las diferencias entre días a la emergencia para los tratamientos, se contaron el número de días transcurridos desde la siembra hasta que las diferentes unidades experimentales mostraron plantas emergidas a la superficie del suelo, mayor a 50% ya presentes con el primer par de hojas.

Se realizó también el conteo del número de plantas emergidas sobre el número total de plantas por unidad experimental bajo la siguiente relación:

$$\% G = \frac{\text{Número de plantas emergidas}}{\text{El número total de plantas en unidades experimentales}} * 100$$

#### **4.6.1.2 Altura de la Planta**

Se tomaron medidas de longitud (cm) de la altura de las plantas con la ayuda de una cinta métrica, tomando dichas medidas desde la base del cuello hasta la parte superior de la planta en un promedio de 10 plantas por unidad experimental, estas medidas fueron tomadas una vez por semana.

#### **4.6.1.3. Número de Hojas**

Se realizó el conteo del número de hojas por planta, tomando como muestra la cantidad de 10 plantas por unidad experimental haciendo un total de 90 plantas en los nueve tratamientos, estas hojas fueron contadas cuando ya los diferentes tratamientos presentaban sus primeras hojas en un número mayor al 50%, el tiempo transcurrido para este conteo fue después de los 15 días.

#### **4.6.1.4 Cobertura Foliar**

Para determinar la cobertura foliar de cada planta, se tomaron medidas sobre el diámetro de cada planta (cm) de la altura de las plantas con la ayuda de una cinta métrica, tomando dichas medidas desde la base del cuello hasta la parte superior de la planta en un promedio de 10 plantas por unidad experimental, estas medidas fueron tomadas una vez por semana.

#### **4.6.1.5 Peso de Biomasa Comercial**

Para evaluar esta variable, se hizo la respectiva cosecha del centro de cada unidad experimental, tomando en cuenta el efecto de bordura, se cosechó en un área de suelo de 1m<sup>2</sup>, para luego ser transformados por hectárea de producción y se peso en una balanza en Kg.

#### **4.6.1.6. Peso de Materia Seca**

Se tomaron muestras en verde, las cuales fueron llevadas a un horno de secado con una temperatura de 65°, durante 48 hrs. Luego una vez obtenidas las muestras secas por tratamiento, fueron pesadas en una balanza analítica para así obtener el peso de materia seca; cabe recalcar que estén diferencias sustanciales de peso fresco a peso seco.

#### **4.6.1.7. Rendimientos de materia seca y materia verde por hectárea.**

El rendimiento de la materia seca y del peso de la biomasa comercial (materia verde) se calculará en base a los promedios de los pesos obtenidos en los diferentes tratamientos de estas dos variables.

#### **4.6.2. Variables Económicas**

El análisis económico y la rentabilidad de los diferentes bloques, se realizó con el método de evaluación económica propuesto por el CYMMYT (1988). El cual propuso una metodología sobre el presupuesto parcial y un análisis marginal, para determinar los costos y beneficios de los tratamientos.

Este análisis tuvo el objetivo de identificar los tratamientos con mayor beneficio económico, todos los costos de producción se calcularon por hectárea. Se tienen las siguientes fórmulas.

##### **4.6.2.1. Beneficio Bruto.**

Es la relación del rendimiento ajustado por cada tratamiento multiplicado por el precio del producto, para esta relación no se debe descontar los costos de producción del cultivo.

$$\text{BB} = \text{R} * \text{P}$$

BB = Beneficio Bruto

R = Rendimiento Ajustado

P = Precio del producto

#### 4.6.2.2. Beneficio Neto

Es la relación del beneficio bruto que percibirá menos el total de los costos de producción.

$$\text{BN} = \text{BB} - \text{CP}$$

BN = Beneficio Neto

BB = Beneficio Bruto

CP = Costo de Producción

#### 4.6.2.3. Tasa de Retorno Marginal

Es la relación del Beneficio Neto en el primer nivel del tratamiento no dominado, restando el Beneficio Neto del segundo tratamiento no dominado; dividido entre los Costos Variables del primer nivel de tratamiento no dominado y en el segundo nivel; Expresándose en porcentaje(%)

$$\text{TRM} = ((\text{BN1}-\text{BN2})/(\text{CV1}-\text{CV2})) * 100$$

TRM = Tasa de Retorno Marginal.

BN1 = Benéfico Neto en el Primer Nivel de tratamiento no dominado.

BN2 = Benéfico Neto en el Segundo Nivel de tratamiento no dominado.

CV1 = Total costos variables en el primer nivel de tratamiento no dominado.

CV2 = Total costos variables en el segundo nivel de tratamiento no dominado.



#### 4.6.2.4. Relación Beneficio / Costo.

Si la relación B/C es menor a unidad, indica que no existe beneficio económico, por tanto el cultivo no es rentable, cuando la relación B/C es igual a la unidad, muestra que los ingresos logran cubrir solo los costos de producción y el cultivo tampoco es rentable; si la relación B/C es mayor a la unidad, indica que los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción y por tanto el cultivo es rentable.

$$\mathbf{B/C} = \frac{\mathbf{BB}}{\mathbf{CP}}$$

B/C = Beneficio/Costo

BB = Beneficio Bruto

CP = Costo de Producción

#### 4.6.2.5. Costos de Producción.

Los Costos de Producción, son el gasto o desembolso de dinero que se hace en la adquisición de los insumos, para producir bienes o servicios. Sin embargo el término costo es mas amplio, ya que significa el valor de todos los recursos que participan en el proceso productivo de un bien en cantidades y en un periodo de tiempo determinado.(Perrin et. al. 1979)

El citado autor, sostiene que los costos mas comunes a que enfrenta una unidad de producción agrícola, como la compra de semilla, fertilizantes, herramientas, agroquímicos y mano de obra, como también pueden ordenarse los costos de producción en función a las diferentes operaciones que se realizan durante la producción agrícola, las cuales comprenden la preparación del terreno, siembra, fertilización, control fitosanitario, deshierbes, aporques, riego y cosecha.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

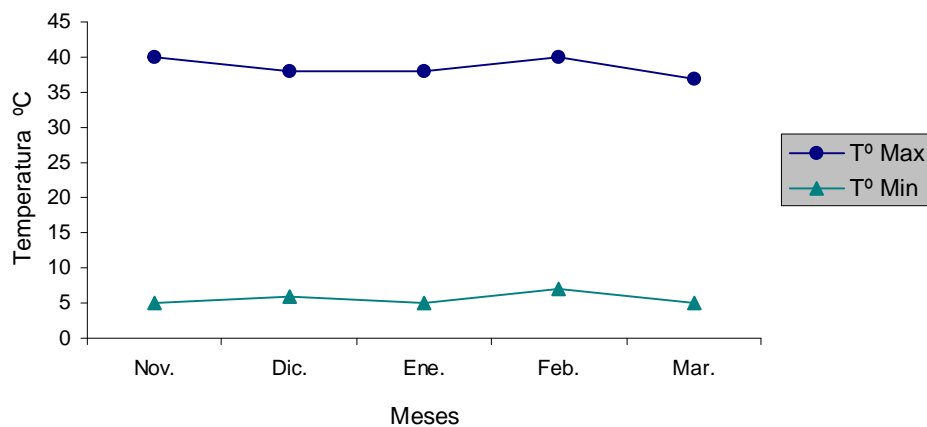
### 5.5 Temperatura.

Las temperaturas promedio de Diciembre a abril fueron:

**Cuadro 4. Temperaturas promedio durante el ciclo del cultivo**

| MES       | Tº mí nima<br>PROMEDIO | Tº máxima<br>PROMEDIO |
|-----------|------------------------|-----------------------|
| Noviembre | 5                      | 40                    |
| Diciembre | 6                      | 38                    |
| Enero     | 5                      | 38                    |
| Febrero   | 7                      | 42                    |
| Marzo     | 4                      | 37                    |

Como se puede observar en el cuadro 4, las temperaturas mínimas que se registraron en la carpa solar fueron de 4 °C en el mes de marzo y la temperatura máxima registrada 42 °C fue en el mes de febrero.



**Fig. 9. Temperaturas máximas y mínimas en el interior de la carpa**

En la figura 9, se observa a las temperaturas máximas (42 °C) y mínimas (4 °C) registradas al interior de la carpa solar desde los meses de noviembre (2003) hasta abril (2004)

La temperatura influye en las funciones vitales de los vegetales como la transpiración y respiración; las temperaturas máximas y mínimas que soportan la mayoría de los vegetales son de 0 °C a 70 °C, fuera de estos límites pueden morir o quedar en estado latente. (Estrada, 2003)

Con las temperaturas obtenidas en el ambiente protegido no se tuvo problemas en el normal crecimiento de la planta, llegando a su ciclo final al cabo de los 90 días, alcanzando una altura promedio de 15 cm.

## **5.6 Suelo.**

Con el objetivo de conocer el estado físico y químico del suelo donde se instaló el ensayo, se realizó el respectivo análisis en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

Los datos de análisis Físico – Químico de suelo se observa en el cuadro 1 (VER ANEXO 1), donde se establece que el suelo de la parcela presenta una textura franco –arcillosa con un porcentaje de materia orgánica de 2,25 % y un pH de 7.1, encontrándose en un rango de un suelo ligeramente neutro.

Esta análisis mostró que el suelo no tiene problemas de salinidad como es típico de regiones del altiplano, con la incorporación de materia orgánica al experimento se incremento la disponibilidad de nutrientes al suelo para la planta.

## **5.7 Variables Agronómicas.**

Para realizar una evaluación sobre el estudio de las tres densidades de siembra y los tres niveles de abono, fueron consideradas variables agronómicas: días después de la germinación, porcentaje de germinación, altura de la planta, el número de hojas, cobertura foliar, peso de biomasa comercial, peso de materia seca y el rendimiento por unidad experimental. De acuerdo al siguiente orden:

### **5.7.1 Días a la emergencia.**

Los días a la emergencia, se evaluaron a los 15 días después de realizada la siembra, se contaron el número de días transcurridos desde la siembra hasta que las diferentes unidades experimentales mostraron plantas emergidas a la superficie del suelo, mayor a 50% ya presentes con el primer par de hojas.

Se observó que hubo diferencias en el porcentaje de emergencia entre los diferentes niveles de abono, con promedios de: 80 % con una aplicación de abono de 20 t/ha, en el segundo nivel 10 t/ha el porcentaje fue de 75 % y en el tercer nivel de abono 0 t/ha, el promedio de emergencia fue de 71%.

Respecto a las diferencias obtenidas en el porcentaje de emergencia a los 15 días podemos decir que por cada 100 semillas sembradas a un nivel de 20 t/ha se tuvo 80 plantas emergidas, a 10 t/ha por cada 100 semillas sembradas se obtuvo 75 plantas emergidas y sin aplicación de abono 0 t/ha, se obtuvieron 71 plantas por cada 100 semillas sembradas.

Medina (1998) al respecto dice, los factores que más influyen en poner fin al estado de latencia y conducen a una germinación, en condiciones naturales son: agua, oxígeno, temperatura, luz y sustancias químicas. El agua es un factor limitante de la germinación mas corriente, por ello los suelos con mayores concentraciones de materia orgánica, suelen retener mejor el agua.

### 5.7.2 Altura de la planta.

La variable altura de la planta fue medida a los 15, 30, 45 y 60 días, en centímetros. Se realizaron comparaciones de medias con la prueba de Duncan con  $\alpha = 0.05$  (5%). Resultados que se muestran en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Análisis de Varianza de la altura de planta en centímetros**

| FV                                | GL | SC     | CM    | Fc    | Pr > F | significancia |
|-----------------------------------|----|--------|-------|-------|--------|---------------|
| Bloque (B)                        | 3  | 57,86  | 19,29 | 37,87 | 0,0003 | *             |
| Fertilizante (A)                  | 2  | 33,17  | 16,58 | 32,56 | 0,0006 | *             |
| Ea                                | 6  | 3,05   | 0,51  | 1,45  |        |               |
| Densidad de Siembra (C)           | 2  | 6,16   | 3,08  | 8,76  | 0,0022 | *             |
| Fertilizante * Dens. Siemb. (A*C) | 4  | 2,17   | 0,54  | 1,54  | 0,2332 | ns            |
| Eb                                | 18 | 6,33   | 0,551 |       |        |               |
| Total                             | 35 | 108,75 |       |       |        |               |

CV = 4,31 %

El coeficiente de variación fue de 4,31 % encontrándose en un rango por debajo del 30%, lo que indica la confiabilidad de los datos (Padrón, 1996). El análisis de varianza muestra diferencias significativas para bloques, fertilizante, densidad de siembra; la interacción de fertilizante por densidad de siembra no fue significativa.

Existieron diferencias significativas entre bloques por lo que se deduce que hubo precisión en el ensayo y el diseño fue bien utilizado. Al encontrarnos en un ambiente protegido se trató de que el terreno sea homogéneo no existiendo cambios bruscos de temperatura para la toma de las muestras. Por esta razón se disminuyó la variabilidad y se obtuvieron coeficientes de variación muy bajos.

### 5.7.2.1 Influencia de la fertilización en la altura de la planta.

El análisis de varianza muestra diferencias significativas en el Factor A (niveles de abono), lo que indica la influencia de los tres niveles (20 t/ha, 10 t/ha y 0 t/ha) sobre el crecimiento en altura de la planta; la incorporación de materia orgánica en dosis importantes al suelo, conduce a un aumento considerable de la porosidad y deja un suelo con buena estructura y textura, permitiendo un buen crecimiento de las plantas en los suelos donde hubo aplicación de materia orgánica y no así en sectores donde no se aplicó materia orgánica.

#### **Cuadro 6. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los niveles de abono en la altura de planta.**

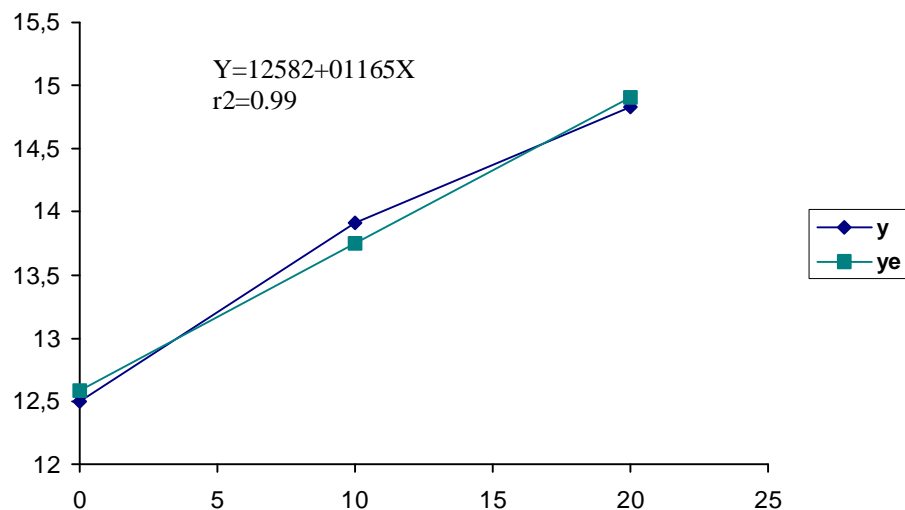
La prueba de comparación de medias de Duncan para el efecto del abono en la altura de planta muestra los siguientes resultados:

| Nivel de Abono | x Altura planta (cm) | Prueba de DUNCAN ( $\alpha = 0.05$ ) |
|----------------|----------------------|--------------------------------------|
| 20 T/ha        | 14.86                | A                                    |
| 10 T/ha        | 13.91                | B                                    |
| 0 T/ha         | 12.50                | C                                    |

En el cuadro 6, se aprecia que existen diferencias significativas en las alturas promedio de las plantas en los tratamientos. El nivel de 20 t/ha es significativamente diferente a los niveles de 10 t/ha y al nivel de 0 t/ha, existen diferencias significativas entre los niveles de 10 t/ha, con relación al nivel de 0 t/ha. Los promedios de altura alcanzados en estos niveles son: 14.86 centímetros (20 t/ha), 13.91 centímetros (10 t/ha) y 12.5 centímetros (0 t/ha)

Los resultados obtenidos nos llevan a pensar que al tener un mejor nivel de abono, las plantas aprovechan mejor los nutrientes en los tratamientos en los cuales hubo aplicación de materia orgánica.

La materia orgánica es una fuente de macro nutrientes, micro nutrientes y hormonas que ayudan a enriquecer el suelo y además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que aceleran la elongación de la planta. (Primavesi, 1982)



**Figura 10. Efecto del abonamiento orgánico en la altura de planta**

En la figura 10 se observa, el efecto de los niveles de materia orgánica en la altura de planta. A medida que se incrementa el nivel de materia orgánica se observan incrementos en la altura de planta de acuerdo a la ecuación de regresión  $Y = 12.582 + 0.1165x$  con un coeficiente de correlación de  $r = 0.99$ , el cual se considera alto.

De esta ecuación se deduce que por cada tonelada de materia orgánica la altura de las plantas se incrementará en 0.1165 centímetros. Además se puede deducir que a medida que la materia orgánica se incrementa la respuesta de la altura de planta es lineal y permitirán mayores incrementos en la altura de planta.

Al respecto Primavesi (1982), señala que la materia orgánica es indispensable para el crecimiento de una planta, por que mantiene la microvida y mesovida del suelo, donde éste permite un buen desarrollo de la planta.

### 5.7.2.2 Influencia de las densidades de siembra en la altura de la planta.

Las densidades de siembra, mostraron también diferencias significativas en la altura de la planta; la primera densidad 100 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 5 cm entre plantas) mostró valores menores de altura de la planta, en la segunda densidad 50 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 10 cm entre plantas) mostró valores superiores a la primera y en la tercera densidad 33 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 15 cm entre plantas) mostró valores mas altos en las mediciones de las muestras; esto debido a la competencia existente entre plantas por los nutrientes.

#### **Cuadro 7. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los niveles de densidad de plantación en la altura de planta.**

La prueba de comparación de medias de Duncan para el efecto de la densidad en la altura de planta muestra los siguientes resultados:

| Densidades de Siembra    | x | Altura planta (cm) | Prueba de DUNCAN ( $\alpha = 0.05$ ) |
|--------------------------|---|--------------------|--------------------------------------|
| 33 pltas/m <sup>2</sup>  |   | 14.083             | A                                    |
| 50 pltas/m <sup>2</sup>  |   | 14.000             | A                                    |
| 100 pltas/m <sup>2</sup> |   | 13.166             | B                                    |

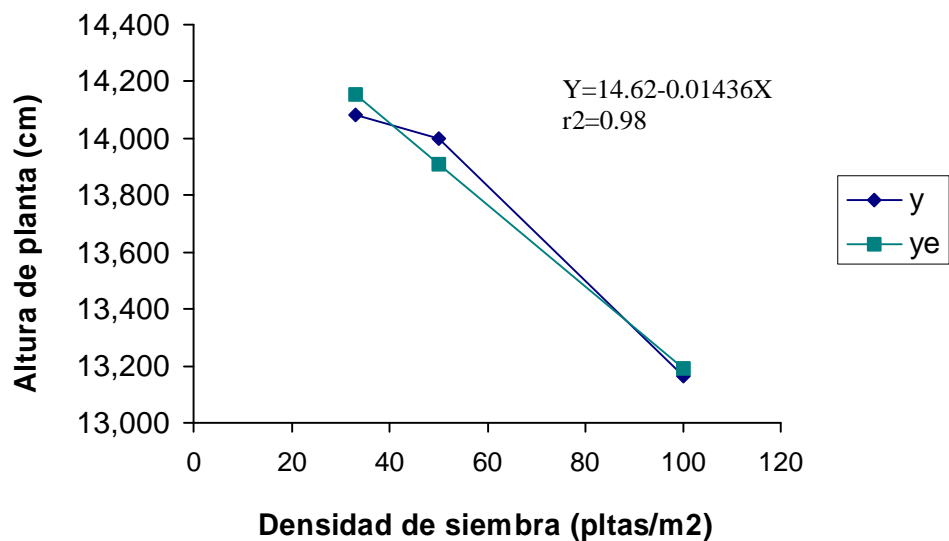
El cuadro 7 muestra, que no existen diferencias significativas entre las densidades de 33 pltas/m<sup>2</sup> y 50 pltas/m<sup>2</sup>, con promedios de altura de 14.08 y 14.0 centí metros respectivamente. Se encontraron diferencias significativas entre las



densidades de 33 pltas/m<sup>2</sup> y 100 pltas/m<sup>2</sup> con alturas promedio de 14.08 y 13.16 centí metros respectivamente.

Por otro lado se puede observar también, que se encontraron diferencias significativas entre las densidades de 50 pltas/m<sup>2</sup> y 100 pltas/m<sup>2</sup> con promedios de 14.0 centí metros y 13.16 centí metros respectivamente. Estas diferencias se deben a la distancia que existe entre plantas 10 y 15 cm en las densidades de 50 pltas/m<sup>2</sup> y 33 pltas/m<sup>2</sup> respectivamente, ya que las plantas fueron favorecidas debido a que no existió competencia por espacio, nutrientes y luz.

Por otra parte la tercera densidad (100 pltas/m<sup>2</sup>) con una distancia entre plantas de 5 centí metros, las plantas no fueron favorecidas en su altura por que existió a mayor competencia por espacio, nutrientes y luz.



**Figura 11. Efecto de la densidad de siembra en la altura de planta**

En la figura 11 se observa, el efecto de los niveles de la densidad de siembra en la altura de planta. A medida que se incrementa la densidad de siembra se observan decrementos en la altura de planta de acuerdo a la ecuación de regresión  $Y=14.62 - 0.01436x$  con un coeficiente de correlación de  $r=0.98$ , el cual se considera alto.

También se deduce que cuando la densidad de 33 plantas por metro cuadrado pasa a 50 plantas por metro cuadrado la altura de las plantas se reduce 0.083 cm. Además, cuando la densidad pasa de 50 plantas a 100 plantas por metro cuadrado, la altura de planta disminuye en 0.834 cm, verificándose una reducción de la altura a medida que el número de plantas por metro cuadrado se incrementa.

Al respecto Centellas (1999), señala que a mayor distancia de plantación, existe un menor efecto competitivo por luz, agua y nutrientes; ya que el crecimiento de la planta está controlado por coeficientes de división, ensanchamiento celular, abastecimiento de componentes orgánicos e inorgánicos, necesarios para la síntesis de protoplasma y paredes nuevas.

Para que exista una máxima eficiencia fotosintética, es necesario que las plantas no compitan entre ellas por nutrientes y agua, ya que el agua es la responsable de la absorción y traslocación de materias primas, la elongación de las células depende principalmente del agua para dilatar la pared celular; los nutrientes son fuente de alimento y materia prima para las plantas (Plata 2002)

### **5.7.2.3 Interacción de los niveles de abono por la densidad de siembra.**

El análisis de varianza muestra que en la interacción fertilizante (A) por densidad de siembra (C), no se encontraron diferencias significativas, por lo que se deduce que ambos factores son independientes, es decir que las densidades de siembra tuvieron un comportamiento similar en los tres niveles de abono con respecto a la altura de la planta.

### 5.7.3 Número de Hojas.

La toma de datos de la variable número de hojas por planta fue realizado a los 15, 30, 45 y 60 días, se contaron las hojas una a una; se realizaron comparaciones de medias con la prueba de Duncan con  $\alpha = 0.05\%$ . El análisis de varianza destaca los siguientes valores representados en el siguiente cuadro.

**Cuadro 8. Análisis de Varianza del número de hojas por planta**

| FV                               | GL | SC     | CM    | Fc    | Pr > F | significancia |
|----------------------------------|----|--------|-------|-------|--------|---------------|
| Bloque (B)                       | 3  | 161,0  | 53,67 | 69,00 | 0,0001 | *             |
| Fertilizante (A)                 | 2  | 67,6   | 33,78 | 43,43 | 0,0003 | *             |
| Ea                               | 6  | 4,7    | 0,78  | 0,64  |        |               |
| Densidad de Siembra (C)          | 2  | 7,73   | 3,86  | 3,18  | 0,0655 | ns            |
| Fertilizante * Dens. Siemb (A*C) | 4  | 11,78  | 2,94  | 2,43  | 0,0855 | ns            |
| Eb                               | 18 | 21,84  | 1,21  |       |        |               |
| Total                            | 35 | 274,55 |       |       |        |               |

CV = 7,15 %

El coeficiente de variación fue de 7,15 %, lo que indica la confiabilidad de los datos encontrándose en un rango por debajo del 30% siendo éste el límite de confiabilidad, (Calzada, 1970). Muestra diferencias significativas para bloques y fertilizante, sin embargo no presenta diferencias significativas para las densidades de siembra ni la interacción de fertilizante por la densidad.

El cuadro 8 nos muestra que existieron diferencias significativas entre bloques, lo que indica que el diseño experimental fue bien utilizado y hubo precisión en el ensayo; al estar en un ambiente protegido se trato de homogenizar el terreno, se evitó los cambios bruscos de temperatura que afecten a la evaluación de las muestras. Al disminuir la variabilidad se tuvo coeficientes de variación bajos.

### 5.7.3.1 Influencia de la fertilización en el número de hojas.

El análisis de varianza muestra diferencias significativas en el Factor A (niveles de abono o fertilizante), lo que indica la influencia de los tres niveles (20 t/ha, 10 t/ha y 0 t/ha) sobre el número de hojas en cada planta. Al respecto Primavesi (1982) señala que, el estiércol es una fuente de macronutrientes y micronutrientes, hormonas; que ayudan a enriquecer el suelo.

El estiércol proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que aceleran la división celular que va relacionado directamente con un aumento de auxinas, influyendo en la producción de hojas en la planta. (Centellas, 1999)

En el trabajo realizado se incorporó abono de ovino con la finalidad de nutrir a la planta y lograr un suelo suelto, mejorando su estructura, ya que la zona presenta un suelo franco – arcilloso (Anexo2), se hicieron labores culturales al suelo, que ayudaron a disminuir la compactación del suelo y aumentar su aireación favoreciendo al crecimiento de la *Valerianela*.

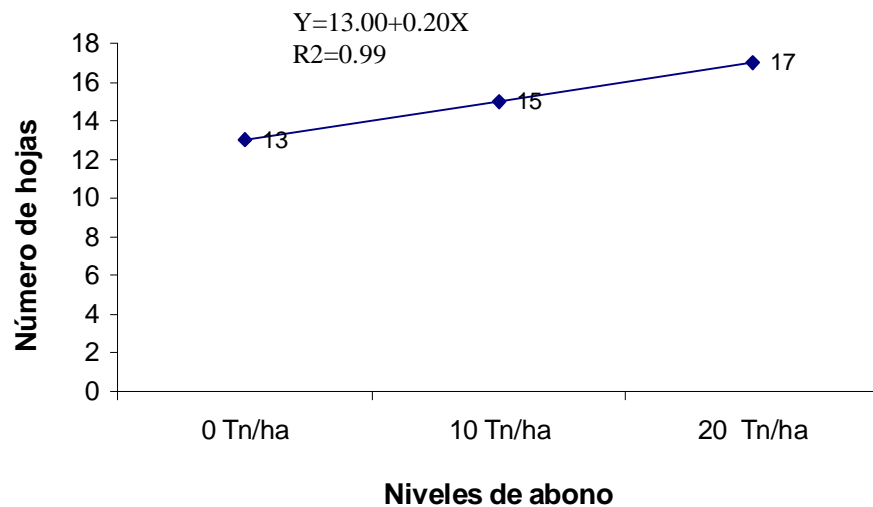
**Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para los niveles de abono en el número de hojas por planta.**

| Nivel de Abono | x | Número de hojas | Prueba de DUNCAN<br>( $\alpha = 0.05$ ) |
|----------------|---|-----------------|---|
| 20 T/ha        |   | 17              | A                                       |
| 10 T/ha        |   | 15              | B                                       |
| 0 T/ha         |   | 13              | C                                       |

En el cuadro 9, apreciamos que existen diferencias significativas en el número promedio de las hojas de planta en los diferentes tratamientos. Donde el nivel de 20 t/ha es significativamente diferente a los niveles 10 t/ha y al nivel de 0 t/ha.

Nos muestra también que existen diferencias significativas entre los niveles 10 t/ha con 0 tn /ha. Los promedios de número de hojas alcanzados son: 17 hojas (20 t/ha), 15 hojas (10 t/ha) y 13 hojas (0 t/ha)

La incorporación de estiércol o abono de corral los cultivos, ayuda a aumentar la infiltración de agua, ayuda a la lixiviación de las sales, corrige el pH del suelo mejorando su estructura; la fertilización del suelo contribuye a la salud vegetal, por diversificar la vida del suelo, evitar la pérdida de agua y aumentar los nutrientes; lo que beneficia a la planta incrementando sus niveles de desarrollo. (Primavesi, 1982)



**Figura 12. Efecto de la fertilización en el número de hojas por planta**

En la figura 12, se observa el efecto de los niveles de materia orgánica en el número de hojas de la planta. A medida que se incrementa el nivel de materia orgánica se observan incrementos en el número de hojas de acuerdo a la ecuación de regresión  $Y=13.00+0.20x$  con un coeficiente de correlación de  $r=0.99$ , el cual se considera alto.

De esta ecuación se deduce que por cada tonelada de materia orgánica incorporada en el suelo, el número de hojas se incrementa en 0.2 hojas. Además se puede deducir que a medida que la materia orgánica se incrementa la respuesta del número de hojas de la planta es lineal y permitirán mayores incrementos en la presencia del número de hojas por planta.

Las plantas, al tener un mejor nivel de abono, pueden aprovechar mejor los nutrientes existentes en el suelo y así poder tener un mejor desarrollo y elongación de sus hojas, sin embargo, el efecto de la materia orgánica depende de un manejo adecuado en su incorporación (Primavesi, 1982)

#### **5.7.3.2 Influencia de las densidades de siembra en el número de hojas.**

Las densidades de siembra, no mostraron diferencias significativas en la presencia de hojas en las plantas; las diferentes densidades de siembra 100 pltas/m<sup>2</sup>, 50 pltas/m<sup>2</sup> y 33 plantas/m<sup>2</sup>, no influyeron en el número de hojas por planta en los diferentes tratamientos. Lo que nos lleva a pensar que los factores son independientes, es decir que las densidades tuvieron un comportamiento similar bajo los tres niveles de abono.

Al respecto Reyes (1978) menciona, que cuando la interacción de variables no presenta significancia, los factores en estudio son independientes.

#### **5.7.3.3 Interacción de los niveles de abono por la densidad de siembra.**

El análisis de varianza muestra que en la interacción fertilizante (A) por densidad de plantación (C), no se encontraron diferencias significativas, por lo que se deduce que ambos factores son independientes, o sea que a medida que cambian los niveles de abono no hay cambios en los niveles de las densidades con respecto al número de hojas presentes en las plantas.

#### 5.7.4 Cobertura Foliar.

La cobertura foliar, al igual que las otras variables de respuesta, fue medida con una cinta métrica a los 15, 30, 45 y 60 días en centímetros. Se realizaron comparaciones de medias con la prueba de Duncan con  $\alpha = 0.05$  %. Resultados que se muestran en el cuadro 10.

**Cuadro 10. Análisis de Varianza de la cobertura foliar en centímetros.**

| FV                               | GL | SC     | CM    | Fc    | Pr > F | significancia |
|----------------------------------|----|--------|-------|-------|--------|---------------|
| Bloque (B)                       | 3  | 59,86  | 19,95 | 24,49 | 0,0009 | *             |
| Fertilizante (A)                 | 2  | 42,00  | 21,00 | 25,77 | 0,0011 | *             |
| Ea                               | 6  | 4,89   | 0,81  | 1,17  |        |               |
| Densidad de Siembra (C)          | 2  | 45,50  | 22,75 | 32,76 | 0,0001 | *             |
| Fertilizante * Dens. Siemb (A*C) | 4  | 2,00   | 0,50  | 0,72  | 0,5894 | ns            |
| Eb                               | 18 | 12,50  | 0,69  |       |        |               |
| Total                            | 35 | 166,75 |       |       |        |               |

CV = 4,25 %

El coeficiente de variación fue de 4,25 % lo que indica la confiabilidad de los datos encontrándose en un rango por debajo del 30% siendo éste el límite de confiabilidad, (Calzada, 1970). Muestra diferencias significativas para bloques, fertilizante y densidad de siembra; la interacción de fertilizante por la densidad de plantación no fue significativa.

Existieron diferencias significativas entre bloques, por lo que se deduce que hubo un buen manejo del ensayo y el diseño estadístico fue bien utilizado. Al tener un ambiente protegido, se trató de que el terreno sea homogéneo no existiendo cambios bruscos de temperatura ni riego. Por esta razón se disminuyó la variabilidad y se obtuvieron coeficientes muy bajos de variación.

#### 5.7.4.1 Influencia de la fertilización en la cobertura foliar

El análisis de varianza muestra diferencias significativas en el Factor A (niveles de abono), lo que indica que existe influencia de los tres niveles de fertilización (20 t/ha, 10 t/ha y 0 t/ha) sobre la cobertura foliar de cada planta; la incorporación de materia orgánica en dosis importantes al suelo, conduce a un aumento considerable de la porosidad y deja un suelo con buena estructura y textura, permitiendo un buen crecimiento y desarrollo de las plantas y no así en sectores donde no se aplicó materia orgánica.

#### **Cuadro 11. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los niveles de abono en la cobertura foliar.**

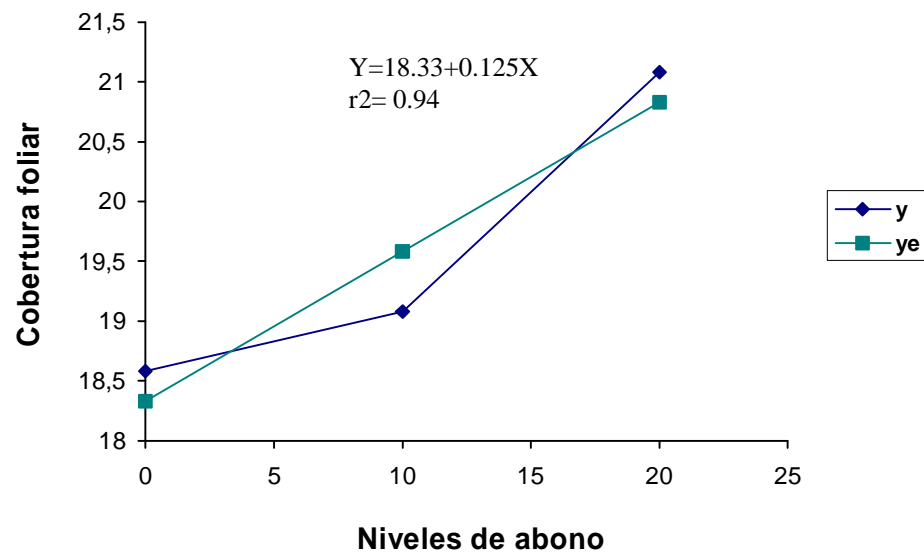
La prueba de comparación de medias de Duncan para el efecto del abono en la cobertura foliar muestra los siguientes resultados:

| Nivel de Abono | x | Cobertura foliar<br>(cm) | Prueba de DUNCAN<br>( $\alpha = 0.05$ ) |
|----------------|---|--------------------------|---|
| 20 T/ha        |   | 21.08                    | A                                       |
| 10 T/ha        |   | 19.08                    | B                                       |
| 0 T/ha         |   | 18.58                    | B                                       |

En el cuadro 11, apreciamos que existen diferencias significativas en dos niveles de aplicación de abono para la cobertura foliar promedio, de las plantas en los diferentes tratamientos. El nivel de 20 t/ha es significativamente diferente al nivel de 10 t/ha y al nivel de 0 t/ha.; sin embargo no existen diferencias significativas entre los niveles de 10 t/ha y 0 t/ha.



Los diferentes niveles de abono orgánico, donde en una incorporación de materia orgánica fue de 20 t/ha el promedio de la cobertura foliar es de 21,08 cm, a una dosis de 10 t/ha el promedio de la cobertura foliar es de 19,08 cm y sin aplicación de abono 0 t/ha el promedio de la cobertura foliar es de 18,58 cm.



**Figura 13. Efecto de la fertilización en la cobertura foliar de las plantas**

En la Figura 13, se observa el efecto de los niveles de materia orgánica en la cobertura foliar de la planta. A medida que se incrementa el nivel de materia orgánica, se observan incrementos en la cobertura foliar de la planta de acuerdo a la ecuación de regresión  $Y = 18.33 + 0.125x$  con un coeficiente de correlación de  $r = 0.94$ , el cual se considera alto.

De acuerdo a esta ecuación, se deduce que por cada tonelada de materia orgánica, la cobertura foliar de las plantas se incrementa en 0,125 centímetros. Además se puede deducir que a medida que la materia orgánica se incrementa la respuesta de la cobertura foliar es lineal y permitirán mayores incrementos en la cobertura foliar.

La incorporación de materia orgánica (estiércol de ovino) logra obtener un suelo liviano, con mayor contenido de nutrientes y mejora la estructura del suelo, la incorporación de agua mediante riegos realizados semanalmente logró una buena aireación mejorando el desarrollo de las plantas, donde al tener un mejor nivel de abono, pueden aprovechar mejor los nutrientes existentes en el suelo y así poder tener un mejor desarrollo y crecimiento del diámetro de su área foliar. (Guzmán, 2002)

Se debe considerar también que el estiércol es una fuente de macro y micro nutrientes, hormonas; que ayudan a enriquecer el suelo, además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que aceleran la elongación y división celular que va relacionado con un aumento de auxinas, influyendo en la producción de hojas (Centellas, 1999)

#### **5.7.4.2 Influencia de las densidades de siembra en la cobertura foliar**

La densidad de plantación, mostró también diferencias significativas en la cobertura foliar de las plantas; en la primera densidad 100 pltas/m<sup>2</sup>, se mostraron valores menores en la cobertura foliar de las plantas, en la segunda densidad 50 pltas/m<sup>2</sup>, mostró valores superiores a la primera y en la tercera densidad 33 pltas/m<sup>2</sup> mostró valores mas altos con respecto a las dos densidades anteriores.

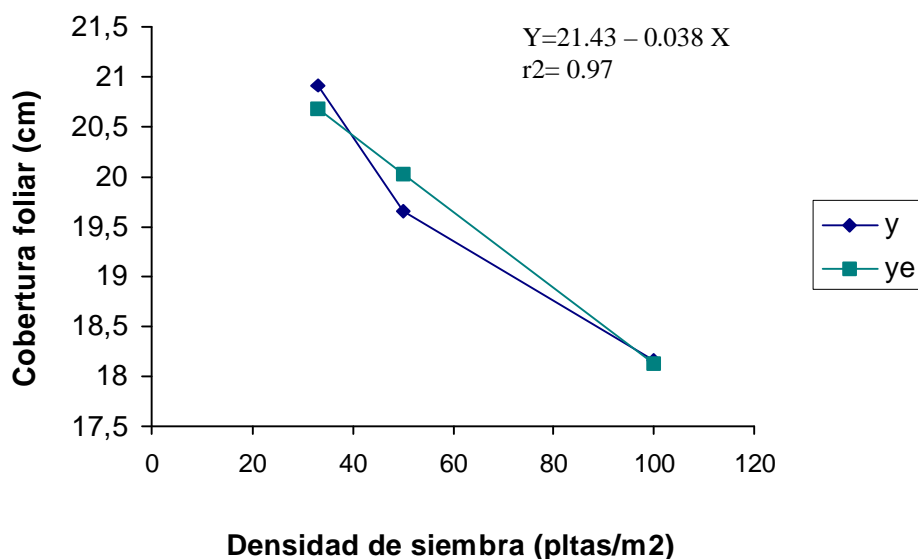
#### **Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para los niveles de densidad de plantación en la cobertura foliar.**

La prueba de comparación de medias de Duncan para el efecto de niveles de densidad de plantación en la cobertura foliar en los diferentes tratamientos, mostró los siguientes resultados.

| Densidades de Siembra    | x Diámetro de la Cobertura foliar (cm) | Prueba de DUNCAN ( $\alpha = 0.05$ ) |
|--------------------------|--|--------------------------------------|
| 33 pltas/m <sup>2</sup>  | 20,91                                  | A                                    |
| 50 pltas/m <sup>2</sup>  | 19,66                                  | B                                    |
| 100 pltas/m <sup>2</sup> | 18,16                                  | C                                    |

El cuadro 12 muestra, que existen diferencias significativas entre las densidades de siembra de 33 pltas/m<sup>2</sup> con 50 pltas/m<sup>2</sup> y 100 pltas/m<sup>2</sup> con promedios de altura de 20,91; 19,66 y 18,16 centímetros respectivamente. También se encontraron diferencias significativas entre las densidades de 50 pltas/m<sup>2</sup> y 100 pltas/m<sup>2</sup> con alturas promedio de 19,66 y 18,16 centímetros respectivamente.

Plata (2002) señala que, para que exista una máxima eficiencia fotosintética, es necesario que las plantas no compitan por agua, ya que esta es la responsable de la absorción y traslocación de materias primas, la elongación de las células depende principalmente del agua para dilatar la pared celular.



**Figura 14. Efecto de la densidad de siembra en la cobertura foliar**

En la figura 14, se observa el efecto de los niveles de la densidad de siembra en la cobertura foliar de la planta. A medida que se incrementa la densidad de plantación, se observan decrementos en el diámetro de la cobertura foliar de las plantas de acuerdo a la ecuación de regresión  $Y = 21.93 - 0.038x$  con un coeficiente de correlación de  $r=0.97$ , el cual se considera alto.

De esta ecuación se deduce que cuando la densidad de siembra de 33 plantas por metro cuadrado pasa a una densidad de 50 plantas por metro cuadrado, la altura de las plantas se reduce en 0.038 cm. Además, cuando la densidad pasa de 50 plantas a 100 plantas por metro cuadrado, la altura de planta disminuye en 0.038 cm, verificándose una reducción de la altura a medida que el número de plantas por metro cuadrado se incrementa.

Se observa también el efecto que causa los niveles de densidad de siembra en la cobertura foliar de las plantas, debido a la distancia de plantación existente entre plantas. Se deduce que las densidades de siembra pueden favorecer al desarrollo de la planta, favoreciendo aquella que presenta una menor densidad de siembra debido a que no existió competencia por espacio, nutrientes y luz; y desfavoreciendo a aquellas plantas cuyas densidades son mayores los mismos que compiten entre si por espacio, nutrientes y luz.

Al respecto Centellas (1999), señala que a mayor distancia de plantación, existe un menor efecto competitivo por luz, agua y nutrientes; ya que el crecimiento de la planta está controlado por coeficientes de división, ensanchamiento celular, abastecimiento de componentes orgánicos e inorgánicos, necesarios para la síntesis de protoplasma y paredes nuevas.

Centellas (1999), reporta en un ensayo de lechuga bajo ambiente protegido, distintas densidades de siembra y diferentes niveles de estiércol de ovino, existieron menores diámetros de cobertura a altas densidades de siembra, de la misma forma la altura de una planta se ve afectada a altas densidades. Concluye

que las mayores densidades afectan a la turgencia de las células por competencia de agua, cierre de estomas y reducción de fotosíntesis en las hojas.

#### 5.7.4.3 Interacción de los niveles de abono por la densidad de siembra.

El análisis de varianza muestra que en la interacción fertilizante (A) por densidad de siembra (C), no se encontraron diferencias significativas, por lo que se deduce que ambos factores son independientes, es decir que las densidades de siembra (33 pltas/m<sup>2</sup>, 50 pltas/m<sup>2</sup> y 100 pltas/m<sup>2</sup>); tuvieron un comportamiento similar en los tres niveles de abono (20 t/ha, 10 t/ha y 0 t/ha) con respecto a la cobertura foliar de la planta.

#### 5.7.5 Peso de la Biomasa Comercial (t/ha)

La variable Peso de la Biomasa Comercial fue determinada utilizando el peso fresco de la planta por cada unidad experimental, los datos fueron tomados y calculados al final de la cosecha a los 65 días en cada bloque; se hizo comparaciones de medias con la prueba de Duncan con  $\alpha = 0.05$  (5%)

**Cuadro 13. Análisis de Varianza del peso de la biomasa comercial (t/ha)**

| FV                               | GL | SC      | CM     | Fc     | Pr > F | significancia |
|----------------------------------|----|---------|--------|--------|--------|---------------|
| Bloque (B)                       | 3  | 492,52  | 164,17 | 264,45 | 0,0001 | *             |
| Fertilizante (A)                 | 2  | 287,16  | 143,58 | 65,99  | 0,0001 | *             |
| Ea                               | 6  | 13,05   | 2,17   | 3,51   |        |               |
| Densidad de Siembra (C)          | 2  | 580,16  | 290,08 | 467,60 | 0,0001 | *             |
| Fertilizante * Dens. Siemb (A*C) | 4  | 6,66    | 1,66   | 2,69   | 0,0646 | Ns            |
| Eb                               | 18 | 11,16   | 0,62   |        |        |               |
| Total                            | 35 | 1390,75 |        |        |        |               |

CV = 4,52 %

El coeficiente de variación fue de 4.52% encontrándose en un rango por debajo del 30% lo que indica la confiabilidad de los datos (Calzada, 1970); muestra diferencias significativas para bloques, niveles de abono y densidades de plantación; la interacción de niveles de abono por densidad de siembra no fue significativa.

El cuadro 13 nos muestra que existieron diferencias significativas entre bloques, ello demuestra que el diseño fue apropiado ya que se atribuyo la mencionada variación a la temperatura, misma que fue atenuada con el modelo estadístico con el que se gano eficiencia obteniendo un coeficiente de variación muy bajo.

#### **5.7.5.1 Influencia de la fertilización en el peso de la Biomasa Comercial**

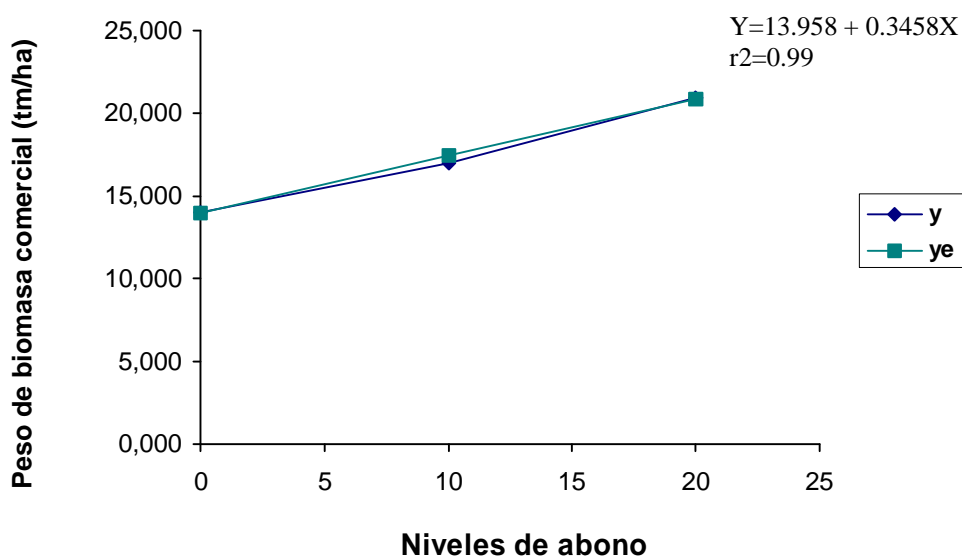
El análisis de varianza muestra diferencias significativas en el Factor A (niveles de abono), lo que indica que existe influencia de los tres niveles de abono (20 t/ha, 10 t/ha y 0 t/ha) sobre el peso de la biomasa comercial; lo cual nos indica que el abono al influir en el crecimiento de la planta, reflejo su efecto en el peso de las hojas de la planta, del mismo modo que influyó en la altura, cobertura foliar y número de las hojas de la planta.

**Cuadro 14. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para los niveles de abono en el peso de la Biomasa Comercial.**

| <b>Nivel de Abono</b> | <b>x</b> | <b>Peso de la Biomasa Comercial (t/ha)</b> | <b>Prueba de DUNCAN (<math>\alpha = 0.05</math>)</b> |
|-----------------------|----------|--|--|
| 20 T/ha               |          | 20,92                                      | A  |
| 10 T/ha               |          | 17,33                                      | B  |
| 0 T/ha                |          | 14,00                                      | C  |

En el cuadro 14 se aprecia que existen diferencias significativas de los pesos promedio de biomasa comercial en los diferentes tratamientos. El nivel de 20 t/ha es significativamente diferente a los niveles de 10 t/ha y al nivel de 0 t/ha. Existen también diferencias significativas entre los niveles de 10 t/ha y el nivel de 0 t/ha.

Los diferentes niveles de abono orgánico, donde se incorporó materia orgánica en niveles de 20 t/ha el promedio del peso de la biomasa comercial fue de 90,92 t/ha, en la aplicación de 10 t/ha el promedio del peso de la biomasa comercial fue de 17,33 t/ha y sin aplicación de abono 0 t/ha el promedio del peso de la biomasa comercial fue de 14,00 t/ha.



**Figura 15. Efecto de la fertilización en el peso de la biomasa comercial**

En la figura 15, se observa el efecto de los niveles de abono en el peso de la biomasa comercial de cada unidad experimental. A medida que se incrementa el nivel de materia orgánica, se observan incrementos en el peso de biomasa comercial de acuerdo a la ecuación de regresión  $Y = 13,958 + 0,3458x$  con un coeficiente de correlación de  $r = 0.99$ , el cual se considera alto.

De acuerdo a esta ecuación, se deduce que por cada tonelada de materia orgánica, el peso de biomasa comercial, se incrementa en 0,35 t/ha. Además se puede deducir que a medida que la materia orgánica se incrementa la respuesta del peso de biomasa comercial es lineal y permitirán mayores incrementos en esta variable.

Las plantas al tener un mejor nivel de abono se incrementan el contenido de nutrientes y mejora la estructura del suelo, pueden aprovechar mejor los nutrientes existentes en el suelo y así poder tener un mejor desarrollo influyendo en su crecimiento y obteniendo una mejor altura y así poder obtener un mejor peso por unidad experimental.

Primavesi (1982) menciona, al incorporar fertilización al suelo, se incrementa los nutrientes en el suelo e incrementa la CIC lo cual es favorable para la planta por que estimula la absorción de nutrientes incrementando de esta forma el crecimiento y desarrollo de la planta.

El estiércol es una fuente de macro y micro nutrientes, hormonas; que ayudan a enriquecer el suelo, además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que aceleran la elongación y división celular que va relacionado con un aumento de auxinas, influyendo en la producción de hojas los cuales aumentan el peso de cada planta. (Centellas, 1999)

#### **5.7.5.2 Influencia de las densidades de siembra en el peso de la Biomasa Comercial**

Las densidades de siembra en sus tres niveles, mostraron también diferencias significativas en el peso de la biomasa comercial la cual fue pesada por unidad experimental; la primera densidad 100 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 5 cm entre plantas), mostró que obtuvo un mayor peso por la cantidad de plantas existentes, esto debido a su mayor densidad.



En la segunda densidad 50 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 10 cm entre plantas) mostró valores inferiores a la anterior y en la tercera densidad 33 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 15 cm entre plantas) mostró valores mucho más bajos con relación a las dos anteriores por la cantidad de plantas presentes en cada tratamiento. Lo que indica que la materia orgánica al influir en el crecimiento de la planta, reflejo su efecto en el peso de ésta del mismo modo que influyó en la altura y cobertura foliar los cuales incrementaron peso de la biomasa comercial.

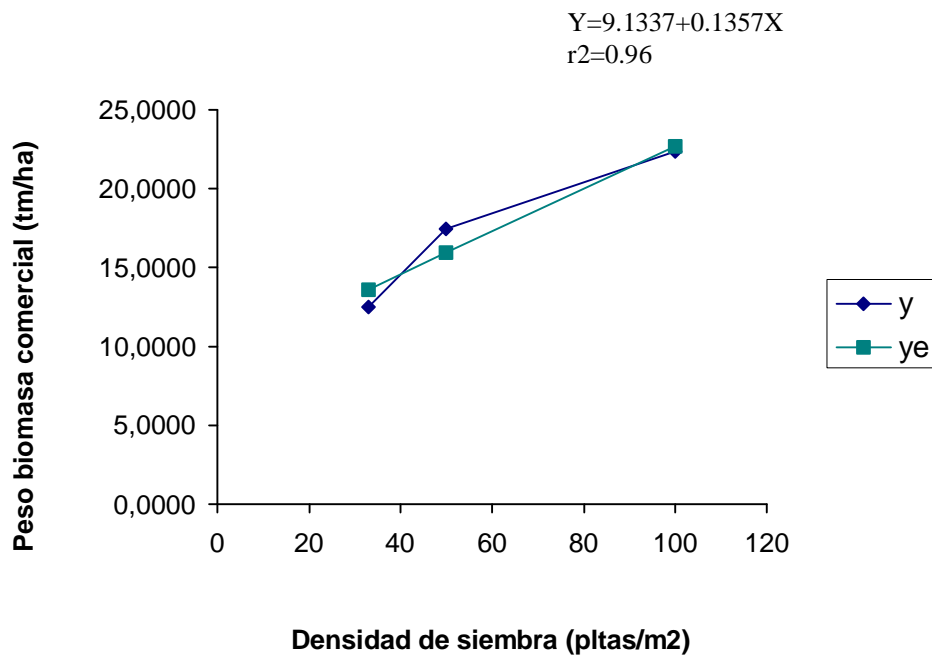
**Cuadro 15. Prueba de comparación de medias Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los niveles de densidad en el peso de la Biomasa comercial.**

La prueba de comparación de medias de Duncan para el efecto de la densidad de plantación en el peso de la biomasa comercial, muestra los siguientes resultados en el siguiente cuadro.

| Densidades de Siembra   | x | Peso de la Biomasa Comercial (t/ha) | Prueba de DUNCAN ( $\alpha = 0.05$ ) |
|-------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 100pltas/m <sup>2</sup> |   | 22,33                               | A                                    |
| 50 pltas/m <sup>2</sup> |   | 17,42                               | B                                    |
| 33 pltas/m <sup>2</sup> |   | 12,50                               | C                                    |

En el cuadro 15 muestra, que existen diferencias significativas en el peso de la biomasa comercial entre las densidades de 100 pltas/m<sup>2</sup>, 50 pltas/m<sup>2</sup> y 33pltas/m<sup>2</sup>; con promedios de 22,33 t/ha la primera, 17,42 t/ha la segunda densidad y 12,50 t/ha la tercera densidad respectivamente. También existen diferencias significativas entre las densidades de 50 pltas/m<sup>2</sup> y 33 pltas/m<sup>2</sup> con promedios de 17,42 t/ha y 12,50 t/ha respectivamente. Esto indica que a mayor densidad de siembra existe un mayor número de plantas incrementando de esta manera el peso de la biomasa comercial en los diferentes tratamientos.

Para que exista una máxima eficiencia fotosintética, es necesario que las plantas no compitan por nutrientes ni por agua, ya que el agua es la responsable de la absorción y traslocación de nutrientes al interior de la planta, la elongación de las células depende principalmente del agua para dilatar la pared celular e incrementar su crecimiento. (Plata, 2002)



**Figura16. Efecto de la densidad de siembra en el peso de la biomasa comercial**

En la figura 16, se observa el efecto de los niveles de la densidad de siembra en el peso de la biomasa comercial. A medida que se incrementa la densidad de siembra se observan incrementos en el peso de biomasa comercial de acuerdo a la ecuación de regresión  $Y = 9,1337 + 0,1357x$  con un coeficiente de correlación de  $r=0,96$ , el cual se considera alto.

De esta ecuación se deduce que cuando la densidad de 33 plantas por metro cuadrado pasa a 50 plantas por metro cuadrado, el peso de la biomasa comercial se incrementa en 0,0407 kg.

Además, cuando la densidad pasa de 50 plantas por metro cuadrado a 100 plantas por metro cuadrado, el peso también se incrementa en 0.0407 kg, verificándose el incremento del peso a mayores densidades por metro cuadrado.

Esta diferencia en el peso, se debe a la distancia que existe entre plantas, las mayores densidades (100 pltas/m<sup>2</sup>) dan un promedio mayor en el peso por tener mayor número de plantas por metro cuadrado, la segunda densidad 50 pltas/m<sup>2</sup>, presenta un valor menor a la anterior por presentar un número menor de plantas por metro cuadrado. Con respecto a la tercera densidad 33 pltas/m<sup>2</sup>, presenta un peso menor a los dos anteriores por tener un número menor de plantas por metro cuadrado.

Se deduce que las densidades de siembra pueden favorecer al peso por unidad experimental, favoreciendo aquella que presenta una mayor densidad de siembra por la cantidad de plantas existentes en ésta densidad y desfavoreciendo a aquellas unidades experimentales cuyas densidades de siembra son menores. (García, 1987)

#### **5.7.5.3 Interacción de los niveles de abono por la densidad de siembra.**

El análisis de varianza muestra que en la interacción de abono orgánico (A) por densidad de plantación (C), no se encontraron diferencias significativas, por lo que se deduce que ambos factores (A) y (C) son independientes, o sea que a medida que cambian los niveles de abono no hay cambios en los niveles de las densidades con respecto al peso de biomasa comercial en las unidades experimentales.

### 5.7.6 Peso de Materia Seca

La variable Peso de Materia Seca fue determinada utilizando el peso en seco de la planta por cada unidad experimental, los datos fueron tomados y calculados al final de la cosecha, se tomaron las muestras y luego se procedió a llevarlas a un horno a 65° C por 48 horas; se hizo comparaciones de medias con la prueba de Duncan con  $\alpha=0.05\%$ . Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro 16. Análisis de Varianza del peso de materia seca (kg/ha)**

| FV                          | GL | SC        | CM       | Fc     | Pr > F | significancia |
|-----------------------------|----|-----------|----------|--------|--------|---------------|
| Bloque (B)                  | 3  | 348241,1  | 116080,3 | 55,93  | 0,0001 | *             |
| Fertilizante (A)            | 2  | 217455,9  | 108727,9 | 52,38  | 0,0002 | *             |
| Ea                          | 6  | 12453,5   | 2075,5   | 4,68   |        |               |
| Densidad de Siembra (C)     | 2  | 413162,0  | 206581,0 | 466,07 | 0,0049 | *             |
| Fertiliz. * Den.Siemb (A*C) | 4  | 5481,7    | 1370,4   | 3,09   | 0,0421 | *             |
| Eb                          | 18 | 7978,3    | 443,2    |        |        |               |
| Total                       | 35 | 1004772,7 |          |        |        |               |

CV = 4.5 %

El coeficiente de variación fue de 4.5% encontrándose en un rango por debajo del 30% lo que indica la confiabilidad de los datos (Calzada, 1970); muestra diferencias significativas para bloques, niveles de abono y densidades de plantación; la interacción de niveles de abono por densidad de siembra también mostró niveles significativos.

El cuadro 16 nos muestra que existieron diferencias significativas entre bloques, por lo que se deduce que hubo un buen manejo, ganancia de preescisión en el ensayo y el diseño estadístico fue bien utilizado. Al tener un ambiente protegido se trabajó mucho en la homogeneidad del terreno y por esta razón se disminuyó la variabilidad y se obtuvieron coeficientes de variación muy bajos.

#### 5.7.6.1 Influencia de la aplicación de abono en el peso de la Materia Seca

El análisis de varianza muestra diferencias significativas en el Factor A (niveles de abono), lo que indica que existe influencia de los tres niveles de abono (20 t/ha, 10 t/ha y 0 t/ha) sobre el peso de la materia seca; lo cual nos indica que el abono al influir en el crecimiento de la planta, refleja su efecto en el peso de las hojas de la planta, del mismo modo que influyó en la altura, cobertura foliar y número de las hojas de la planta.

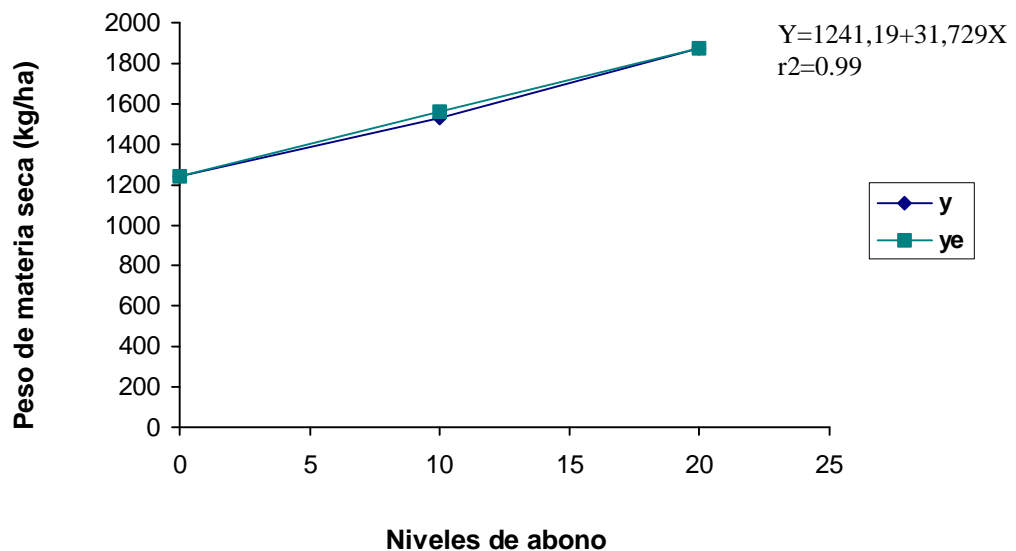
#### Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para los niveles de abono en el peso de Materia Seca.

La prueba de comparación de medias de Duncan para el efecto del abono en el peso de la biomasa comercial, muestra los siguientes resultados:

| Niveles de Abono | x | Peso de la Materia Seca<br>(kg/ha) | Prueba de DUNCAN<br>( $\alpha = 0.05$ ) |
|------------------|---|------------------------------------|---|
| 20 T/ha          |   | 1875.92                            | A                                       |
| 10 T/ha          |   | 1558.21                            | B                                       |
| 0 T/ha           |   | 1241.33                            | C                                       |

En el cuadro 17, apreciamos que existen diferencias significativas de los pesos promedio de materia seca en los diferentes tratamientos. El nivel de 20 t/ha es significativamente diferente a los niveles de 10 t/ha y al nivel de 0 t/ha. Existen también diferencias significativas entre los niveles de 10 t/ha y el nivel de 0 t/ha.

Los diferentes niveles de abono orgánico, donde se incorporó materia orgánica en niveles de 20 t/ha el promedio del peso de materia seca fueron de 1875,92 kg por hectárea, en la aplicación de 10 t/ha el promedio del peso de materia seca fue de 1558,21 kg por hectárea y sin aplicación de abono 0 t/ha el promedio del peso fue de 1241,33 kg por hectárea.



**Figura 17. Efecto de la fertilización en el peso de materia seca**

En la figura 17, se observa el efecto de los niveles de abono en el peso de materia seca de cada unidad experimental. A medida que se incrementa el nivel de materia orgánica, se observan incrementos en el peso de biomasa comercial de acuerdo a la ecuación de regresión  $Y = 1241.19 + 31.729x$  con un coeficiente de correlación de  $r = 0.99$ , el cual se considera alto.

De acuerdo a esta ecuación, se deduce que por cada tonelada de materia orgánica, el peso de biomasa comercial, se incrementa en 9.517 gramos. Además se puede deducir que a medida que la materia orgánica se incrementa la respuesta del peso de biomasa comercial es lineal y permitirán mayores incrementos en esta variable.

Las enmiendas orgánicas como los estiércoles, mejoran la estructura del suelo, y proporcionan cierta cantidad de nutrientes a la planta, el incremento de materia seca estará relacionado a la variedad y edad de la planta.(Primavesi, 1982)

El estiércol es una fuente de macro y micro nutrientes, hormonas; que ayudan a enriquecer el suelo, además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que aceleran la elongación y división celular que va relacionado con un aumento de auxinas, influyendo en la producción de hojas los cuales aumentan el peso de cada planta. (Centellas, 1999)

#### **5.7.6.2 Influencia de la densidad de siembra en el peso de Materia Seca.**

Las densidades de siembra en sus tres niveles, mostraron también diferencias significativas en el peso de materia seca por unidad experimental; la primera densidad 100 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 5 cm entre plantas), mostró que obtuvo un mayor peso que las otras dos, En la segunda densidad 50 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 10 cm) mostró valores menores a la anterior y en la tercera densidad 33 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 15 cm) mostró valores mucho más bajos con relación a las dos anteriores por la densidad de plantas presentes en cada tratamiento.

#### **Cuadro 18. Prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los niveles de densidad de siembra en el peso de Materia Seca.**

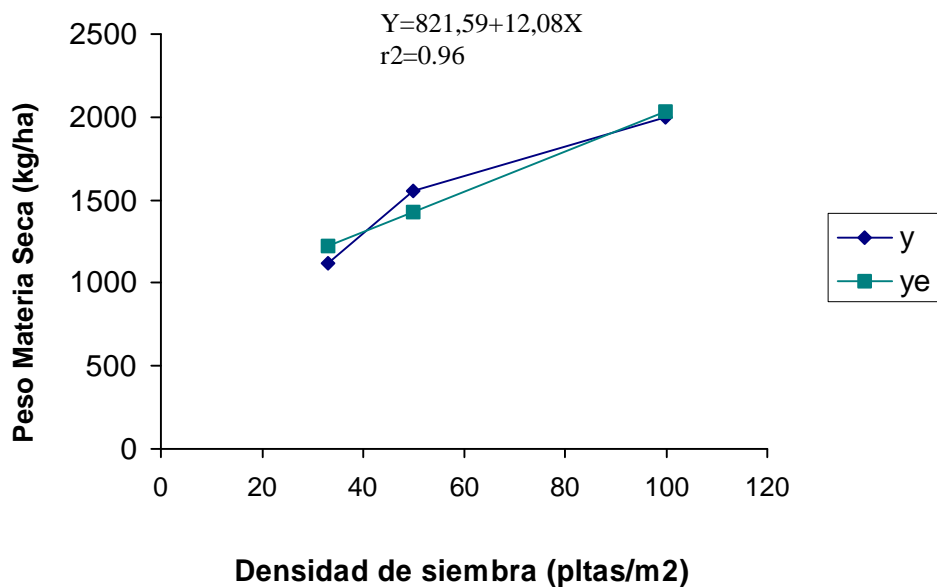
La prueba de comparación de medias muestra los siguientes resultados:

| <b>Densidades de Siembra</b> | <b>x</b> | <b>Peso de la Materia Seca (kg/ha)</b> | <b>Prueba de DUNCAN (<math>\alpha = 0.05</math>)</b> |
|------------------------------|----------|--|--|
| 100pltas/m <sup>2</sup>      |          | 1995,96                                | A  |
| 50 pltas/m <sup>2</sup>      |          | 1558,25                                | B  |
| 33 pltas/m <sup>2</sup>      |          | 1121,25                                | C  |

En el cuadro 18 muestra, que existen diferencias significativas en el peso de la biomasa comercial entre las densidades de 100pltas/m<sup>2</sup>, 50 pltas/m<sup>2</sup> y 33 pltas/m<sup>2</sup>; con promedios de 1995,96 kg/ha, 1558,25 kg/ha y 1121,25 kg/ha respectivamente. También existen diferencias significativas entre las densidades de 50 pltas/m<sup>2</sup> y 33 pltas/m<sup>2</sup> con promedios de 1558,25 kg/ha para el primero y 1121,25 kg/ha para el segundo.

El peso seco de los vegetales, es el “peso real” de éste por que el resto solo es absorción de agua contenida en la planta (Diehl et al. 1990)

Patruno (1978) sostiene que la densidad de siembra y la distribución óptima de las plantas, es uno de los factores más importantes para lograr un máximo rendimiento en cualquier cultivo.



**Figura 18. Efecto de la densidad de siembra en el peso de materia seca.**



En la figura 18, se observa el efecto de los niveles de la densidad de siembra en el peso de la biomasa comercial. A medida que se incrementa la densidad de siembra se observan incrementos en el peso de biomasa comercial de acuerdo a la ecuación de regresión  $Y = 821,59 + 12,08x$  con un coeficiente de correlación de  $r=0,96$ , el cual se considera alto.

De esta ecuación se deduce que cuando la densidad de 33 plantas por metro cuadrado pasa a 50 plantas por metro cuadrado, el peso de materia seca se incrementa en 12,08 kg. Además, cuando la densidad pasa de 50 plantas por metro cuadrado a 100 plantas por metro cuadrado, el peso también se incrementa en 12,08 kg, verificándose el incremento del peso a medida que el número de plantas por metro cuadrado.

Esta diferencia en el peso, se debe a la distancia que existe entre plantas, las mayores densidades (100 pltas/m<sup>2</sup>) dan un promedio mayor en el peso en por tener mayor número de plantas por metro cuadrado, la segunda densidad 50 pltas/m<sup>2</sup>, presenta un valor menor a la anterior por presentar un número menor de plantas por metro cuadrado, y con respecto a la tercera densidad 33 pltas/m<sup>2</sup>, presenta un peso menor a los dos anteriores por tener un número menor de plantas por metro cuadrado.

Se deduce que las densidades de siembra pueden favorecer al peso por unidad experimental, favoreciendo aquella que presenta una mayor densidad de siembra por la cantidad de plantas y desfavoreciendo a aquellas unidades experimentales cuyas densidades de siembra son menores. (García, 1987)

Patruno (1978), sostiene que el factor importante para obtener una población uniforme y lograr buenos rendimientos, es la determinación de la cantidad de semilla a utilizarse por unidad de superficie, obteniendo así un mayor número de plantas.

### 5.7.6.3 Interacción de los niveles de abono por la densidad de siembra.

El análisis de varianza muestra que en la interacción fertilizante (A) por densidad de plantación (C), se encontraron diferencias significativas, por lo que se deduce que ambos factores son dependientes, o sea que a medida que cambian los niveles de abono hay cambios en los niveles de las densidades con respecto al peso de materia seca en las unidades experimentales. Para un análisis más efectivo de esta interacción se realizó la prueba de efectos simples y determinar el nivel de significancia entre densidades y niveles de abono.

#### 5.7.6.3.1 Análisis de efectos simples para la interacción de los niveles de abono y las densidades en el rendimiento de materia seca.

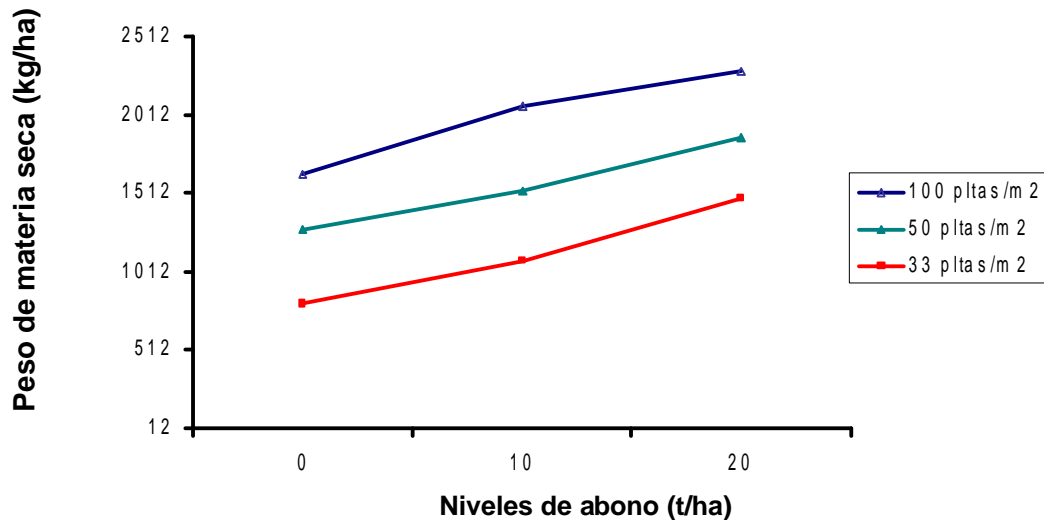
El análisis de varianza de para efectos simples muestra los siguientes resultados en el cuadro 19.

**Cuadro 19. Análisis del efecto simple de niveles de densidad en cada nivel de abono.**

| <i>FV</i> | <i>GL</i> | <i>SC</i> | <i>CM</i> | <i>FC</i> | <i>FT</i> |   |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
| D (0)     | 2         | 1355384   | 677692    | 137,60    | 2.55      | * |
| D (10)    | 2         | 1976641   | 988320    | 200,68    | 2.55      | * |
| D (20)    | 2         | 1318185   | 659096    | 133,89    | 2.55      | * |
| ERROR     | 18        | 88648,4   | 4924,91   |           |           |   |

El análisis de varianza para los efectos simples de la interacción entre los niveles de densidades y los niveles de abono, diferencias significativas en cada uno de los niveles de densidad (factor C).

Por tanto, se puede aseverar que la densidad tiene un comportamiento diferencial cuando existe un cambio en los niveles de materia orgánica. Este comportamiento puede observarse en la figura 19.



**Figura 19. Efectos simples para los niveles de abono y densidades de siembra**

La figura 19 muestra el rendimiento en materia seca como variable dependiente y la fertilización con estiércol de ovino como variable independiente y se puede constatar que en el nivel de 0 t/haa y una densidad de 33 p lta s /m<sup>2</sup> se obtuvieron los menores rendimientos con 809 kg/ha. Por otro lado el mejor rendimiento se obtuvo con un nivel de 20 t/haa y una densidad de 100 p lta s /m<sup>2</sup> con un peso de materia seca de 2288 kg/ha.

En resumen, se puede observar que la densidad tuvo bastante influencia en el rendimiento de materia seca debido a variaciones en el número de plantas que afectan el peso de la materia seca de los diferentes niveles de abono, de esto se concluye que la densidad de plantación tiene un comportamiento diferencial con el cambio de los niveles de materia orgánica.

Al respecto Pérez (1994), menciona que resulta evidente que el aprovechamiento de una determinada cantidad de plantas exige una superficie óptima para su máximo desarrollo, cualquier variación sobre esta cantidad de plantas óptimas tiene un efecto limitante en la producción. Carrión (1986), señala que debe considerarse adecuadas densidades, por que una densidad de plantación estrecha perjudica el desarrollo normal del cultivo y en consecuencia se obtienen malas cosechas.

Para analizar los efectos simples de la densidad en cada uno de los niveles de materia orgánica, se realizaron las pruebas de Duncan.

#### **5.7.6.3.2 Prueba de Duncan para efectos simples en el nivel de 20 t/ha de materia orgánica.**

La prueba de Duncan para el efecto simple de la densidad en el nivel de 20 t/ha de materia orgánica muestra los siguientes resultados:

**Cuadro 20. Prueba de Duncan para la densidad en el nivel 20 t/ha de materia orgánica.**

| <b>Densidad</b>          | <b>x</b> | <b>Peso de la materia seca<br/>(kg/ha)</b> | <b>Prueba de DUNCAN<br/>(<math>\alpha = 0.05</math>)</b> |
|--------------------------|----------|--|--|
| 100 pltas/m <sup>2</sup> |          | 2288                                       | A  |
| 50 pltas/m <sup>2</sup>  |          | 1862                                       | B  |
| 33 pltas/m <sup>2</sup>  |          | 1477                                       | C  |

El cuadro 20 muestra que existe diferencias significativas entre los tres niveles de densidad para el nivel 20 kg/ha.

El mayor rendimiento en materia seca fue para la densidad 100 pltas/m<sup>2</sup> con un valor de 2288 kg/ha, el menor valor fue para la densidad de 33 pltas/m<sup>2</sup> con un rendimiento de 1477 kg/ha.

Si se relaciona el resultado con el obtenido en el cuadro 13 (pág. 49) para la cobertura foliar se puede deducir que la densidad de 100 pltas/m<sup>2</sup> presentó la menor cobertura foliar con un diámetro de 18,16 cm. El mismo cuadro muestra que la cobertura comercial corresponde a 50 pltas/m<sup>2</sup> con un valor de 19,66 cm y un peso de materia seca de 1862,25 kg/ha siendo esta la óptima para el presente trabajo de investigación a este nivel de abono.

#### **5.7.6.3.3 Prueba de Duncan efectos simples en el nivel de 10 t/ha. de materia orgánica.**

La prueba de Duncan para el efecto simple de la densidad en el nivel de 10 t/ha de materia orgánica muestra los siguientes resultados:

**Cuadro 21. Prueba de Duncan para la densidad en el nivel de 10 t/ha. de materia orgánica.**

| Densidad                 | x Peso de la materia seca (kg/ha) | Prueba de DUNCAN (α = 0.05) |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 100 pltas/m <sup>2</sup> | 2070                              | A                           |
| 50 pltas/m <sup>2</sup>  | 1526                              | B                           |
| 33 pltas/m <sup>2</sup>  | 1078                              | C                           |

El cuadro 21 muestra que existe diferencias significativas entre los tres niveles de densidad para el nivel de 10 t/ha. El mayor rendimiento en materia seca fue para la densidad 100 pltas/m<sup>2</sup> con un valor de 2070 kg/ha, el menor valor fue para la densidad de 33 pltas/m<sup>2</sup> con un rendimiento de 1078 kg/ha.

El cuadro anterior muestra que a este nivel de abono 10 t/ha, la densidad de plantación de 100 pltas/ha nos da un mejor rendimiento de materia seca con un peso de 2070 kg/ha, siendo esta la óptima para el presente nivel de fertilización.

#### **5.7.6.3.4 Prueba de Duncan para efectos simples en el nivel de 0 t/ha. de materia orgánica.**

La prueba de Duncan para el efecto simple de la densidad en el nivel de 0 t/ha de materia orgánica muestra los siguientes resultados:

**Cuadro 22. Prueba de Duncan para la densidad en el nivel de 0 t/ha. de materia orgánica.**

| <b>Densidad</b>          | <b>x</b> | <b>Peso de la materia seca<br/>(kg/ha)</b> | <b>Prueba de DUNCAN<br/>(<math>\alpha = 0.05</math>)</b> |
|--------------------------|----------|--|--|
| 100 pltas/m <sup>2</sup> |          | 1629                                       | A  |
| 50 pltas/m <sup>2</sup>  |          | 1282                                       | B  |
| 33 pltas/m <sup>2</sup>  |          | 809  | C  |

El cuadro 22 muestra que existe diferencias significativas entre los tres niveles de densidad de plantación para 0 t/ha. El mayor rendimiento en materia seca fue para la densidad 100 pltas/m<sup>2</sup> con un valor de 1629 kg/ha, el menor valor fue para la densidad de 33 pltas/m<sup>2</sup> con un rendimiento de 809 kg/ha.

El cuadro nos muestra también que sin la incorporación de abono 0 t/ha, la densidad de plantación de 100 pltas/ha nos da un mejor rendimiento de materia seca con un peso de 1629 kg/ha, siendo esta la óptima para el presente nivel de fertilización.

## 5.8 VARIABLES ECONOMICAS.

### 5.4.4. Presupuesto parcial.

Para obtener el presupuesto parcial del experimento, se calculó el beneficio bruto, beneficio neto, la tasa de retorno marginal, los costos variables (abono y semilla) de los tratamientos, todos los cálculos fueron llevados a una hectárea como recomienda el método de análisis económico propuesto por el CYMMYT (1988).

### 5.4.5. Beneficios netos.

Los resultados del análisis económico realizado en el cultivo de *valerianela*, considerando los beneficios netos se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 23. Comparación de los beneficios netos de los tratamientos.**

| ITEM                                | TRATAMIENTOS                                |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |
|-------------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                     | T1  | T1                               | T3                               | T4                               | T5                               | T6                               | T7                               | T8                               | T9                               |
|                                     | (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )            | (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> ) | (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> ) | (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> ) | (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> ) | (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> ) | (a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> ) | (a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> ) | (a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> ) |
| Rendimiento medio (kg/ha)           | 25500                                       | 20750                            | 16500                            | 23000                            | 17000                            | 12000                            | 18500                            | 14500                            | 9000                             |
| Rendimiento ajustado (kg/ha)        | 22440                                       | 18260                            | 14520                            | 20240                            | 14960                            | 10560                            | 16280                            | 12760                            | 7920                             |
| <b>Beneficio Bruto (Bs/ha)</b>      | 44880                                       | 36520                            | 29040                            | 40480                            | 29920                            | 21120                            | 32560                            | 25520                            | 15840                            |
| <b>Costos Variables</b>             |   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |
| Costo semilla (Bs/ha)               | 1350  | 675                              | 450                              | 1350                             | 675                              | 450                              | 1350                             | 675                              | 450                              |
| Costo abono (Bs/ha)                 | 2500  | 2500                             | 2500                             | 1250                             | 1250                             | 1250                             | 0                                | 0                                | 0                                |
| Mano de obra/abono (Bs/ha)          | 150   | 150                              | 150                              | 125                              | 125                              | 125                              | 0                                | 0                                | 0                                |
| Mano de obra/siemb. (Bs/ha)         | 300   | 200                              | 150                              | 300                              | 200                              | 150                              | 300                              | 200                              | 150                              |
| <b>Total costo variable (Bs/ha)</b> | 4300  | 3525                             | 3250                             | 3025                             | 2250                             | 1975                             | 1650                             | 875                              | 600                              |
| <b>Beneficio Neto (BN)</b>          | BN = Beneficio bruto – total costo variable |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |
| <b>Beneficio Neto (Bs/ha)</b>       | 40580                                       | 32995                            | 25790                            | 37455                            | 27670                            | 19145                            | 30910                            | 24645                            | 15240                            |

Fuente: elaboración propia.

T1 = (a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>) = 20 t/ha; 1.000.000 plantas/ha  
 T2 = (a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>) = 20 t/ha; 500.000 plantas/ha  
 T3 = (a<sub>1</sub>b<sub>3</sub>) = 20 t/ha; 333.333 plantas/ha  
 T4 = (a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>) = 10 t/ha; 1.000.000 plantas/ha  
 T5 = (a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>) = 10 t/ha; 500.000 plantas/ha  
 T6 = (a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>) = 10 t/ha; 333.333 plantas/ha  
 T7 = (a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>) = 0 t/ha; 1.000.000 plantas/ha  
 T8 = (a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>) = 0 t/ha; 500.000 plantas/ha  
 T9 = (a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>) = 0 t/ha; 333.333 plantas/ha

En el cuadro 23 se observa el rendimiento medio obtenido para cada uno de los tratamientos convertido a una hectárea, posterior a ello se observa este mismo pero reducido en 12%, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el productor podría obtener con la implementación de los tratamientos, al respecto CIMMYT (1988) indica, que como regla general aplica un ajuste del 5 al 30%, y para el presente trabajo de investigación se redujo en 12% debido al manejo minucioso y cuidadoso en la cosecha del cultivo.

El cuadro también muestra los tratamientos con mayores beneficios netos en los niveles de 20 t/ha en T1(20 t/ha y 1.000.000 plantas/ha), T2 (20 t/ha y 500.000 plantas/ha) y T3(20 t/ha y 333.333 plantas/ha) con 40580, 32995 y 25790 Bs. respectivamente. En el nivel de 10 t/ha en T4 (10 t/ha y 1000000 plantas/ha), T5 (20 t/ha y 500.000 plantas/ha) y T6 (20 t/ha y 333.333 plantas/ha) con 37455, 27670 y 19145 Bs. Los menores beneficios netos aparentemente se obtuvieron en el nivel de 0 t/ha en T7 (0 t/ha y 1.000.000 plantas/ha), T8 (0 t/ha y 500.000 plantas/ha) y T9 (0 t/ha y 333.333 plantas/ha) con resultados de 30910, 24645 y 15240 Bs. respectivamente.



#### 5.4.6. Análisis de Dominancia.

En el siguiente cuadro se pueden observar los tratamientos dominados y los tratamientos no dominados que presentó el experimento.

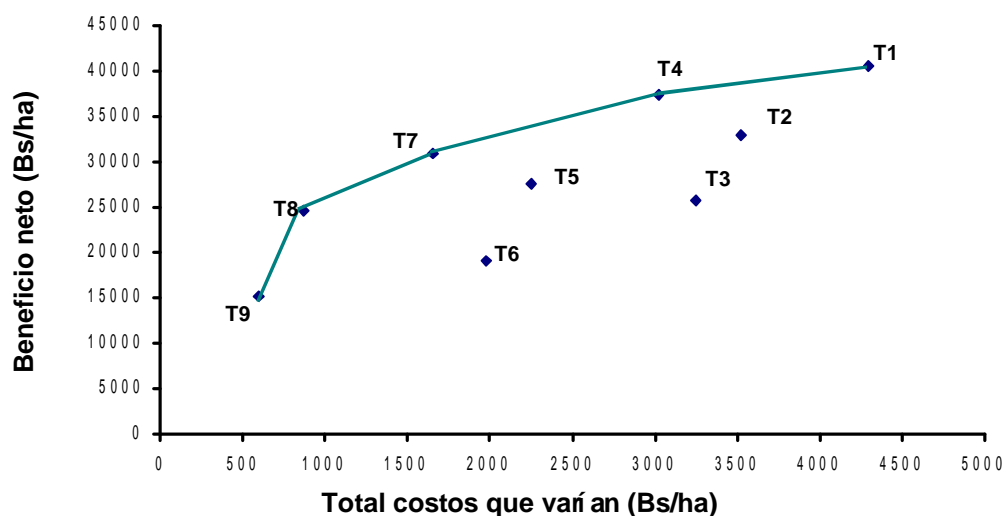
**Cuadro 24. Análisis de dominancia de los tratamientos para el cultivo de la valerianela.**

| <b>Tratamiento</b>                | <b>Costo Total<br/>Bs/ha</b> | <b>Beneficio<br/>Neto<br/>Bs/ha</b> | <b>Dominancia</b> |
|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| T9 (0 t/ha y 333.333 pltas/ha)    | 600                          | 15240                               | No dominado       |
| T8 (0 t/ha y 500.000 pltas/ha)    | 875                          | 24645                               | No dominado       |
| T7 (0 t/ha y 1.000.000 pltas/ha)  | 1650                         | 30910                               | No dominado       |
| T6 (10 t/ha y 333.333 pltas/ha)   | 1975                         | 19145                               | Dominado          |
| T5 (10 t/ha y 500.000 pltas/ha)   | 2250                         | 27670                               | Dominado          |
| T4 (10 t/ha y 1.000.000 pltas/ha) | 3025                         | 37450                               | No dominado       |
| T3 (20 t/ha y 333.333 pltas/ha)   | 3250                         | 25790                               | Dominado          |
| T2 (20 t/ha y 500.000 pltas/ha)   | 3525                         | 32995                               | Dominado          |
| T1 (20 t/ha y 1.000.000 pltas/ha) | 4300                         | 40580                               | No dominado       |

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 26, podemos observar que los tratamientos se hallan en orden creciente según sus costos, los tratamientos no dominados es decir con mayor beneficio neto y menor costo, resultaron el T9 (0 t/ha y 333.333 plantas/ha), el T8 (0 t/ha y 500.000 plantas/ha) y el T7 (0 t/ha y 1.000.000.000 plantas/ha); se obtuvo un mayor beneficio ya que estos tratamientos no llevan abono por tanto no se incurre en gastos de este insumo. Se observa también que los tratamientos T4.(10 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) y T1 (20 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) salieron no dominados.

Por estos resultados podemos recomendar el de menor costo que es el T9 (0 t/ha y 333.333 plantas/ha) pero se debe tomar en cuenta los requerimientos del cultivo en abono, y no olvidemos que si bien invertimos más en el primer año, el siguiente se tendrá un terreno abonado y los gastos se reducirán, por tanto nos conviene mejor el T4 (10 t/ha y 1.000.000 plantas/ha)



**Figura 20. Curva de Beneficios Netos**

La figura 20 muestra, los beneficios netos aumentan al incrementar la cantidad invertida en los tratamientos no dominados (T1, T4, T7, T8 y T9), mientras que los tratamientos dominados (T2, T3, T5, T6) están situados por debajo la curva de beneficios netos.

#### **5.4.5 Análisis Marginal.**

En el análisis marginal del siguiente cuadro, se puede evidenciar que ya no se encuentran los tratamientos que reportan pérdida de la cantidad invertida.

## Cuadro 25. Análisis marginal

| Tratamiento                      | Costo total Bs/ha | Costo Marginal | BN Bs/ha | Beneficio Marginal | TRM (%) |
|----------------------------------|-------------------|----------------|----------|--------------------|---------|
| T9 (0 t/ha y 333.333 pltas/ha)   | 600               | 275            | 15240    | 9405               | 3420.0  |
| T8 (0 t/ha y 500.000 pltas/ha)   | 875               | 775            | 24645    | 6265               | 808.4   |
| T7 (0 t/ha y 1.000.000 pltas/ha) | 1650              | 1375           | 30910    | 6540               | 475.6   |
| T4(10 t/ha y 1.000.000 pltas/ha) | 3025              | 1275           | 37450    | 3130               | 245.5   |
| T1(20 t/ha y 1.000.000 pltas/ha) | 4300              |                | 40580    |                    |         |

Fuente: Elaboración propia      BN = Beneficio Neto      TRM= Tasa de Retorno Marginal

El cuadro 25, muestra a una tasa de retorno marginal máxima del 3420 %, que significa que el beneficio neto aumenta 34.2 veces con relación al incremento de costos en los tratamientos T9 (0 t/ha y 333.333 plantas/ha) y T8 (0 t/ha y 500.000 plantas/ha) sin aplicación de abono; esto significa que por cada boliviano invertido para el éste (recobra el boliviano y se gana 34 Bs. mas) Así mismo, se observó que al pasar del T8 (0 t/ha y 500.000 plantas/ha) al T7 (0 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) el beneficio aumenta en 8.08 unidades (por cada boliviano que invierte gana 8 Bs.) en relación a los costos y al pasar del T7 (0 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) al T4 (10 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) el beneficio aumenta en 4.75 unidades (por cada boliviano que invierte, obtiene 4.75 Bs.

Se puede observar que al pasar del T4 (10 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) al T1 (20 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) el beneficio aumenta en 2.45 unidades (por cada boliviano invertido gana 2.45 Bs). Al respecto (CIMMYT, 1988) indica que el análisis marginal consiste en comparar los incrementos en beneficios y los incrementos en costos por las agregaciones que se hacen en los ensayos de campo, para revelar la manera en que los beneficios netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida crece. En resumen, la mayor TRM se obtuvo con una distancia de 10 cm entre plantas y sin aplicación de abono.

## 6. CONCLUSIONES.

Con los resultados obtenidos en el presente estudio, se tiene las siguientes conclusiones:

- La densidad de siembra no afectó en el porcentaje de emergencia de las plantas para los diferentes tratamientos, que corresponde a 75 %.
- De las tres densidades estudiadas para la altura de la planta, solo se mostraron diferencias significativas entre las densidades de 33 pltas/m<sup>2</sup> y 50 pltas/m<sup>2</sup>, con promedios de altura de 14,08 y 14 centímetros respectivamente. Se encontró también diferencias significativas entre las densidades de 33 pltas/m<sup>2</sup> y 100 pltas/m<sup>2</sup> con alturas promedio de 14,08 y 13,16 centímetros y entre las densidades de 50 pltas/m<sup>2</sup> y 100 pltas/m<sup>2</sup> con promedios de 14 centímetros y 13,16 centímetros respectivamente.
- Las diferentes densidades de siembra 100 pltas/m<sup>2</sup>, 50 pltas/m<sup>2</sup> y 33 plantas/m<sup>2</sup>, no influyeron en la presencia del número de hojas por planta en los diferentes tratamientos. Esto significa que la presencia de un número mayor o menor de hojas en la planta se debe a otros factores los cuales no están influenciados por la densidad.
- La densidad de plantación, mostró también su efecto en la cobertura foliar de las plantas entre las densidades de siembra de 100 pltas/m<sup>2</sup> con 50 pltas/m<sup>2</sup> y 33 pltas/m<sup>2</sup> con promedios de altura de 18,16 - 19,66 y 20,91 centímetros respectivamente. También se encontraron diferencias significativas entre las densidades de 50 pltas/m<sup>2</sup> y 100 pltas/m<sup>2</sup> con alturas promedio de 19,66 con 18,16 y centímetros respectivamente. Esta diferencia se debe a la competencia existente entre plantas por nutrientes y agua para las densidades mayores.

- Las densidades de siembra en sus tres niveles (100 pltas/m<sup>2</sup>, 50 pltas/m<sup>2</sup> y 33pltas/m<sup>2</sup>) mostraron su efecto en el peso de biomasa comercial para los diferentes tratamientos con promedios de 22,33 t/h la primera; 17,42 t/ha la segunda densidad y 12,50 t/ha la tercera densidad respectivamente. También existen diferencias significativas entre las densidades de 50 pltas/m<sup>2</sup> y 33 pltas/m<sup>2</sup> con promedios de 17,42 t/ha y 12,50 t/ha respectivamente.
- Las densidades de siembra en sus tres niveles, mostraron su influencia sobre el peso de materia seca en los diferentes tratamientos; la primera densidad 100 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 5 cm entre plantas), obtuvo el mayor promedio con 1995,96 kg/ha; la segunda densidad 50 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 10 cm) mostró un valor de 1558,25 kg/ha y la tercera densidad 33 pltas/m<sup>2</sup> (distancias de 15 cm) mostró un valor de 1121,25 kg/ha.
- Los niveles de abono afectaron el porcentaje de emergencia, la aplicación de 20 t/h tuvo un porcentaje de emergencia de 80 %, en el segundo nivel 10 t/h el porcentaje fue de 75 % y en el tercer nivel de abono 0 t/ha, el promedio de emergencia fue de 71%.
- Los niveles de abono mostraron su efecto sobre la altura de la planta, encontrándose la mayor altura en el primer nivel de abono (20 t/ha) con una altura de 14,86 cm, en el segundo nivel de abono (10 t/ha) la altura promedio es de 13,91 cm y sin aplicación de abono (0 t/ha) alcanzó una altura de 12,5 cm.
- Los niveles de abono mostraron su efecto sobre el número de hojas en las plantas en los diferentes tratamientos; donde el nivel de 20 t/ha es significativamente diferente a los niveles 10 t/ha y al nivel de 0 t/ha y existen también diferencias significativas entre los niveles 10 t/ha con el

nivel de 0 tn/ha. Los promedios del número de hojas fueron 17 hojas (20 t/ha), 15 hojas (10 t/ha) y 13 hojas (0 t/ha)

- Los niveles de abono para la cobertura foliar, mostraron diferencias significativas solo en dos niveles de aplicación, en los tratamientos. El nivel de 20 t/ha es significativamente diferente al nivel de 10 t/ha y al nivel de 0 t/ha.; sin embargo no existen diferencias significativas entre los niveles 10 t/ha y 0 t/ha; los promedios registrados de la cobertura foliar en estos niveles fueron 21,08 cm (20 t/ha), 19,08 cm (10 t/ha) y sin aplicación de abono 0 t/ha el promedio de la cobertura foliar fue de 18,58 cm.
- Los niveles de abono en el peso de biomasa comercial mostró diferencias significativas de sus pesos promedio en los diferentes tratamientos. Los diferentes niveles de abono orgánico, donde se incorporó materia orgánica en niveles de 20 t/ha el promedio del peso de la biomasa comercial fue de 90,92 t/ha, en la aplicación de 10 t/ha el promedio del peso de la biomasa comercial fue de 17,33 t/ha y sin aplicación de abono 0 t/ha el promedio del peso de la biomasa comercial fue de 14,00 t/ha.
- Los niveles de abono en el peso de materia seca, mostró sus diferencias significativas en los tratamientos, lo que indica que existe influencia de los tres niveles de abono (20 t/ha, 10 t/ha y 0 t/ha); el nivel de 20 t/ha es significativamente diferente a los niveles de 10 t/ha y al nivel de 0 t/ha y el nivel de 10 t/ha es diferente significativamente al nivel de 0 t/ha. Los promedios son 1875,92 kg por hectárea (20 t/ha), 1558,21 kg por hectárea (10 t/ha) y 1241,33 kg por hectárea (0 t/ha).
- La interacción del abono orgánico (A) por densidad de siembra (C) para la altura de la planta, para el número de hojas, cobertura foliar y el peso de biomasa comercial no fue significativo, por lo que se deduce que la densidad de siembra y los niveles de abono son factores independientes.

- La interacción fertilizante (A) por densidad de plantación (C) para materia seca, fue significativa, por lo que se deduce que ambos factores son dependientes. Se pudo constatar que en el nivel de 0 t/ha y una densidad de 33 pltas/m<sup>2</sup> se obtuvieron los menores rendimientos con 809 kg/ha. Por otro lado el mejor rendimiento se obtuvo con un nivel de 20 t/ha y una densidad de 100 pltas/m<sup>2</sup> con un peso de materia seca de 2288 kg/ha.
- En resumen, se puede observar que la densidad tuvo bastante influencia en el rendimiento de materia seca debido a variaciones en el número de plantas que afectan el peso de la materia seca de los diferentes niveles de abono, de esto se concluye que la densidad tiene un comportamiento diferencial con el cambio de los niveles de materia orgánica.
- Los costos variables de los tratamientos propuestos indicaron lo siguiente: los tratamientos con mayores beneficios netos fueron T1(20 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) y T4 (10 t/ha y 1000000 plantas/ha) con 40580 y 37455 Bs. respectivamente. El tratamiento que presentó el menor beneficio neto fue T9 (0 t/ha y 333.333 plantas/ha) con 15240 Bs.
- Las mayores tasas de retorno marginal, estuvo en T9 (0 t/ha y 333.333 plantas/ha) y T8 (0 t/ha y 500.000 plantas/ha) sin aplicación de abono; esto significa que por cada boliviano invertido hay una ganancia de 34 Bs. La menor tasa de retorno marginal se tuvo en T4 (10 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) y T1 (20 t/ha y 1.000.000 plantas/ha) con aplicación de abono que dio como resultado que por cada boliviano invertido se obtuvo una ganancia de 2.45 bs.

## 7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el ensayo a campo abierto para poder observar las diferencias de este cultivo que estuvo en ambiente protegido y ver el comportamiento agronómico en el exterior y el tiempo de cosecha.
- Realizar análisis de suelo antes y después de la aplicación del cultivo, para poder llegar a un conocimiento mas concreto en cuanto al aprovechamiento de la planta.
- Se recomienda realizar un estudio de mercado por los beneficios en los rendimientos obtenidos en este cultivo y por sus características que la muestran como una buena alternativa para el agricultor.
- Validar los resultados obtenidos en el presente trabajo y estudiar otros factores que afecten el rendimiento y calidad de la valerianela.



## **8. REVISION BIBLIOGRAFÍA.**

AUZA, J. 2003. Curvas de crecimiento de quinua y avena en condiciones diferenciadas de alimentación hídrica y nutrición nitrogenada en la estación experimental de Choquenaira. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 12-15.

BARCELLO, J. 1988. Fisiología Vegetal. Características generales del Crecimiento. Edit: Pirámide. Madrid, España. 5ta. ed. pp. 430-441.

BERNART, C. 1997. Invernaderos. Edit: Aedos. Barcelona, España. 5ta ed. pp. 430 – 450.

BIDWELL, 1979. Fisiología Vegetal. Trad. de 2. ed. por Cano, C. Distrito Federal, México. pp. 409 - 416.

CALLISAYA, O. 1999. Influencia de la introducción de Suka Kollus sobre la organización de la producción ganadera en la comunidad de Achuta Grande, Provincia Ingavi. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 153 p.

CALZADA, J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Edit: Jurídica. 3ra. ed. Lima, Perú. 190 p.

CALZADA, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Edit: Milagros. 5ta. ed. Lima, Perú. pp. 420 – 435.

CANONIGO, 2002. Verduras de hoja. Consultado 22 de julio de 2003. Disponible en: <http://www.sgclubdelgourmet.com/Hortalizas.htm>

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

CENTELLAS, R. 1999. Respuesta del cultivo de lechuga en condiciones de invernadero a tres distancias de plantación y tres niveles de estiércol de ovino. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. p. 79

CIMMYT (Centro internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, ME). 1988. Manual Metodológico de Evaluación Económica, DF, México. pp .29 – 35.

CRONQUIST, A. 1997. Introducción a la Botánica. Edit: Continental S.A. 1ra. ed. México. pp. 55 - 70

DIEHL, R; MATEO BOX, J; URBANO, P. 1990. Crecimiento y Desarrollo de Plantas Cultivadas. Edit: Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 313 – 343.

ESTRADA, J. 2003. Aplicación fraccionada de Nitrógeno y análisis de crecimiento en dos variedades de Espinaca en ambiente protegido. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 108 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación) 1990. 1er. Seminario Nacional sobre Fertilidad de Suelo y Uso de Fertilizantes en Bolivia. pp. 75 – 82.

FERNANDEZ, G; JOHNSTON, M. 1986. Fisiología Vegetal Experimental. Edit: IICA. 1ra. ed. San José, Costa Rica. pp. 241 – 236.

FLORES, J. 1996. Manual de Carpas Solares. Edit: Cedefoa. La Paz, Bolivia. p.72

GARCIA, A. 1987. La lechuga Cultivo y comercialización. Edit: Oikos. 4ta ed. Barcelona, España. pp. 90 – 98.

GUZMAN, J. 2000. Apuntes de clases de Diseños Experimentales II. Facultad de Agronomía. p. 10

GUZMAN, J. 2003. Construcción y Manejo de Invernaderos. Memorias (Universidad Mayor de San Andrés). La Paz, Bolivia. pp. 5 – 10.

HARTMAN, F. 1990. Invernaderos y Ambientes Atemperados. Edit: Offsed. La Paz, Bolivia. pp. 9 – 30.

I.B.T.A. (Instituto Boliviano de Tecnología Agrícola) 1995. Plagas y Enfermedades de las hortalizas de hoja. Ministerio de Agricultura. La Paz, Bolivia. pp. 9 - 32

LIRA, R. 1994. Fisiología Vegetal. Edit: Trillas. Distrito Federal, México. 144 p.

LEWIS, G. 1982. Revisión de especies hortícolas. Edit. S.A. Sud Africa p. 3

MAMANI, F. 1994. Efecto de la densidad de siembra en cuatro variedades de qañawa en el altiplano norte. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 100 p.

MANTILLA, J. 2004. Efecto de la densidad de siembra y abono orgánico en el crecimiento e índices fisiotécnicos de la zanahoria enana (*Daucus carota L.*) bajo ambiente protegido. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 100 p.

MEDINA, J. (1998). Riego por goteo, Edit: Mundi prensa. pp. 15 – 18

MIGUEL, A. 2001. Canónigo – recetario. Consultado el 30 de octubre del 2005. Disponible en: <http://www.lavidaencasa.com/Alimentos/canonigo.htm>

MONTES DE OCA, I. 1997. Geografía y Recursos Naturales de Bolivia. Edit: Printed. 3ra. ed. La Paz, Bolivia. pp. 141 - 144.

PADRON, E. 1996. Diseños Experimentales con aplicación a la Agricultura y Ganadería. Edit: Trillas. DF, México. pp. 39-66, 185-196.

PATRUNO, A. 1978. Influencia de la densidad de siembra en los cultivos. Edit: El Ateneo. Zaragoza, España. pp. 209 – 211.

PEREZ, G. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. 2 ed. Piura, Perú. p. 52.

PERRIN, R; ANDERSON, J. 1988. Manual metodológico de evaluación Económica. CIMMYT. Presupuesto Parcial. pp. 9 – 29.

PLATA, N. 2002. Densidades de plantación y poda de umbelas florales sobre el rendimiento y calidad de semilla de zanahoria. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. p. 110

PRIMAVESI, A. 1982. Manejo Ecológico del Suelo. Edit: Florida. 5ta. ed. Buenos Aires, Argentina. pp. 250 – 280.

REYES, P. 1978. Diseño de experimentos Agrícolas. Edit: Trillas. 1ra. ed. DF, México. pp. 131-361.

RODRIGUEZ, M. 1991. Fisiología Vegetal. Edit: Amigos del Libro. Cochabamba, Bolivia. pp. 343 – 361.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) 2003-2004. Datos climáticos de la zona de Tiahuanaco. p. 2

TECN-AGRO (Tecnificación Agrícola), 1995. Subprograma de Capacitación Agropecuaria. Carpas Solares. Edit: Min. Educ. 1ra. ed. La Paz, Bolivia. p. 56

TISCORNIA, J. 1982. Cultivo de Hortalizas Terrestres. Edit: Albatros. Buenos Aires, Arg. pp. 135 -150.

TRONICKOVA, E. 1986. Hortalizas - Canónigo. Consultado 29 de julio de 2003. Disponible en: [http://www.puc.cl/sw\\_educ/hort0498/HTML/p241..htm](http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p241..htm)

UAC (Unidad Académica Campesina) 1990. Datos geográficos de Tiahuanaco. Universidad Católica Boliviana. pp. 8 – 9.

UCPRESS, 2001. Valerianella. Consultado 29 de julio de 2003. Disponible en: <http://www.ucpress.edu/books/pages.htm>

VALDÉZ, J. 1995. Evaluación Agroecológica de la Tecnología Andina del “jiri”: su formación y uso en el cultivo de la papa. Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. p. 130

VALDEZ, G. 1997. Producción en Invernaderos. Edit: Águila. Puno, Perú. p. 50

VIGLIOLA, M. 1986 Manual de Horticultura. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. p. 235

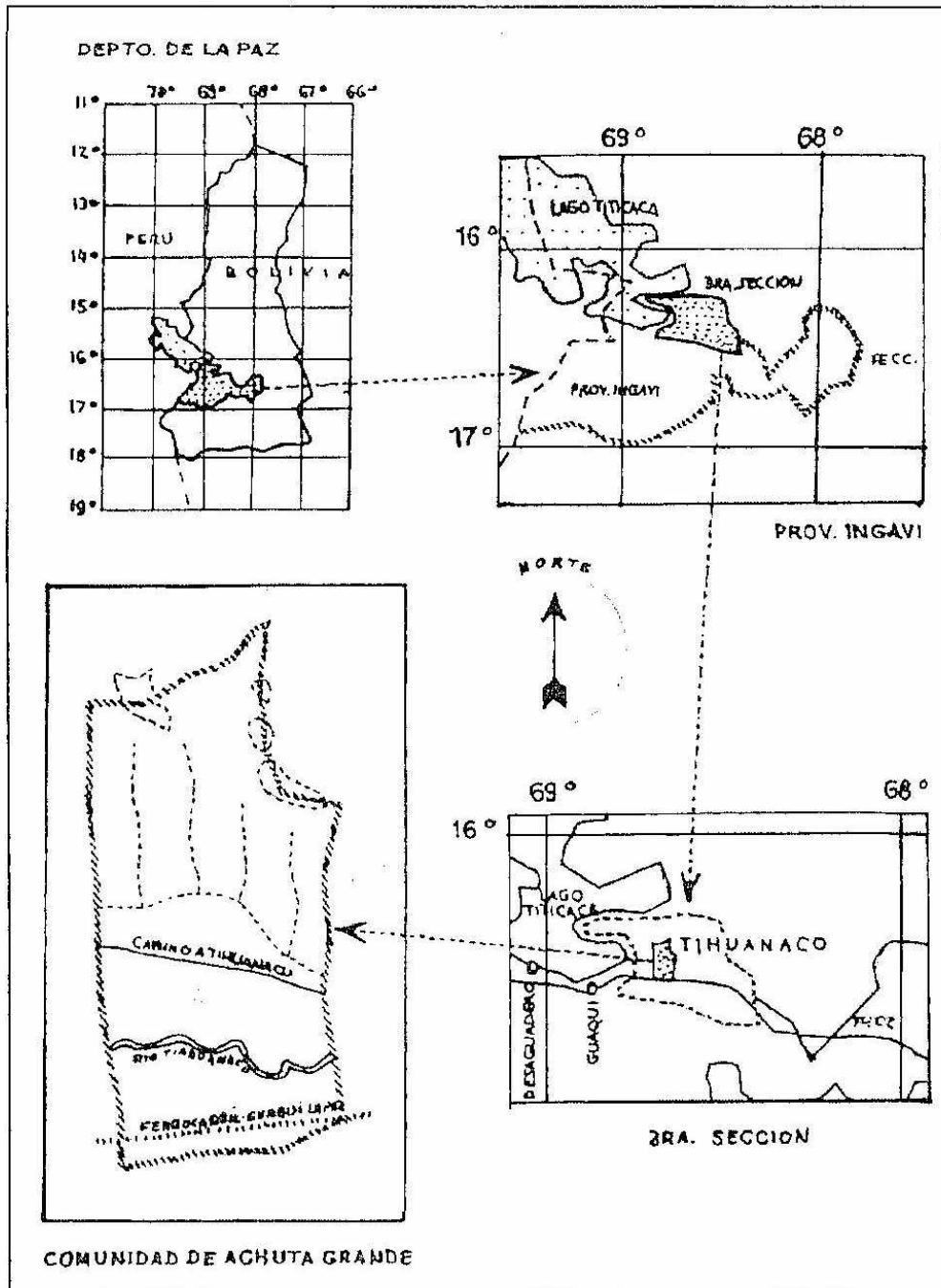
YUSTE, M. 1995. Biblioteca de la Agricultura. Edit: IDEA BOKKS. Barcelona, España. p. 768

ANEXOS

# ANEXO 1.

## ANEXO 1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

Mapa 1



## ANEXO 2.

### ANEXO 2.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR

CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

DIVISION DE QUIMICA

## ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO: ANA ROSA TICOMA QUIÑPE, NORAH MEJIA PONCE  
 PROCEDENCIA: Dpto. LA PAZ, Provincia INGAVI  
 TIAHUANACU  
 U.M.S.A

Nº SOLICITUD: 063/2004  
 FECHA DE RECEPCION: 11 / agosto / 2004  
 FECHA DE ENTREGA: 19 / agosto / 2004

| N° Lab.    | CODIGO           | ARENA % | ARCILLA % | LIMO % | CLASE TEXTURAL | GRAVA % | CARBO NATOS LIBRES | pH en agua | pH en KCl 1N | C.E. mS/cm | CATIONES DE CAMBIO (meq / 100 gr suelo) |       |      |      |      |       | SAT. BAS. % | M.O. % | H TOTAL % | P Asm ppm |       |
|------------|------------------|---------|-----------|--------|----------------|---------|--------------------|------------|--------------|------------|---|-------|------|------|------|-------|-------------|--------|-----------|-----------|-------|
|            |                  |         |           |        |                |         |                    |            |              |            | Al+H                                    | Ca    | Mg   | Na   | K    | TBI   |             |        |           |           | CIC   |
| 270 / 2004 | Muestra de suelo | 22      | 31        | 47     | FY             | 0.2     | PP                 | 7.19       | 7.10         | 2.501      | 0.18                                    | 21.02 | 1.42 | 0.30 | 0.62 | 23.36 | 23.54       | 99.24  | 2.25      | 0.52      | 11.78 |

**OBSERVACIONES.-**

- \* Potasio, sodio y magnesio intercambiables extraídos con Acetato de Amonio 1 N. Calcio Intercambiable extraído con Acetato de sodio 1 N, pH 7,00.
- \*\* Fósforo Asimilable (P<sup>a</sup> Asimil) amolizado con el método de Bray Kurtz.
- C.E. Conductividad eléctrica en milli-Siemens por centímetro.
- C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.
- T.B.I. Total de Bases de Intercambio.
- M.O. Materia Orgánica.

**CARBONATOS LIBRES**

A Ausente  
 P Presente  
 PP Presente en gran cantidad

**CLASE TEXTURAL**

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



*[Handwritten signature]*

RESPONSABLE DE LABORATORIO  
 JORGE CHUIGARA



### ANEXO 3. PROMEDIOS DE LOS DATOS DEL ENSAYO

| Días | bloque | nivel | dens | día_germ | %_Germ | h_planta | Cob_foliar | Nº_Hoja |
|------|--------|-------|------|----------|--------|----------|------------|---------|
|      |        | t/h   | cm   |          |        | cm       | cm         |         |
| 15   | 1      | 20    | 5    | 15       | 90     | 0,9      | 2          | 2       |
|      | 1      | 20    | 10   | 15       | 85     | 0,7      | 1,5        | 2       |
|      | 1      | 20    | 15   | 15       | 80     | 0,9      | 1,8        | 2       |
|      | 1      | 10    | 5    | 15       | 75     | 1        | 2          | 2       |
|      | 1      | 10    | 10   | 15       | 80     | 0,8      | 1,6        | 2       |
|      | 1      | 10    | 15   | 15       | 70     | 0,9      | 1,9        | 2       |
|      | 1      | 0     | 5    | 15       | 70     | 0,8      | 1,5        | 2       |
|      | 1      | 0     | 10   | 15       | 65     | 0,7      | 1,5        | 2       |
|      | 1      | 0     | 15   | 15       | 55     | 0,8      | 1,7        | 2       |
|      | 2      | 20    | 5    | 15       | 80     | 0,7      | 1,5        | 2       |
|      | 2      | 20    | 10   | 15       | 65     | 0,7      | 1,4        | 2       |
|      | 2      | 20    | 15   | 15       | 70     | 0,8      | 1,7        | 2       |
|      | 2      | 10    | 5    | 15       | 85     | 0,8      | 1,6        | 2       |
|      | 2      | 10    | 10   | 15       | 80     | 0,8      | 1,5        | 2       |
|      | 2      | 10    | 15   | 15       | 88     | 0,8      | 1,6        | 2       |
|      | 2      | 0     | 5    | 15       | 70     | 0,6      | 1,5        | 2       |
|      | 2      | 0     | 10   | 15       | 70     | 0,6      | 1,4        | 2       |
|      | 2      | 0     | 15   | 15       | 70     | 0,7      | 1,4        | 2       |
|      | 3      | 20    | 5    | 15       | 80     | 0,7      | 1,4        | 2       |
|      | 3      | 20    | 10   | 15       | 80     | 0,7      | 1,3        | 2       |
|      | 3      | 20    | 15   | 15       | 75     | 0,8      | 1,5        | 2       |
|      | 3      | 10    | 5    | 15       | 80     | 0,8      | 1,5        | 2       |
|      | 3      | 10    | 10   | 15       | 70     | 0,7      | 1,3        | 2       |
|      | 3      | 10    | 15   | 15       | 65     | 0,8      | 1,5        | 2       |
|      | 3      | 0     | 5    | 15       | 70     | 0,6      | 1,2        | 2       |
|      | 3      | 0     | 10   | 15       | 55     | 0,7      | 1,4        | 2       |
|      | 3      | 0     | 15   | 15       | 60     | 0,6      | 1,2        | 2       |
|      | 4      | 20    | 5    | 15       | 68     | 0,7      | 1,4        | 2       |
|      | 4      | 20    | 10   | 15       | 65     | 0,6      | 1,3        | 2       |
|      | 4      | 20    | 15   | 15       | 60     | 0,6      | 1,3        | 2       |
|      | 4      | 10    | 5    | 15       | 70     | 0,7      | 1,3        | 2       |
|      | 4      | 10    | 10   | 15       | 64     | 0,6      | 1,2        | 2       |
|      | 4      | 10    | 15   | 15       | 65     | 0,6      | 1,2        | 2       |
|      | 4      | 0     | 5    | 15       | 60     | 0,6      | 1,2        | 2       |
|      | 4      | 0     | 10   | 15       | 55     | 0,6      | 1,1        | 2       |
|      | 4      | 0     | 15   | 15       | 50     | 0,7      | 1,1        | 2       |

| Días | bloque | nivel | dens | %_Germ | h_planta | Cob_foliar | Nº_Hoja |
|------|--------|-------|------|--------|----------|------------|---------|
|      |        | t/h   | cm   |        | cm       | cm         |         |
| 30   | 1      | 20    | 5    |        | 3        | 6          | 6       |
|      | 1      | 20    | 10   |        | 3,2      | 6,5        | 6       |
|      | 1      | 20    | 15   |        | 3        | 6,2        | 6       |
|      | 1      | 10    | 5    |        | 3,2      | 6,5        | 6       |
|      | 1      | 10    | 10   |        | 3,1      | 6          | 6       |
|      | 1      | 10    | 15   |        | 3,3      | 6,5        | 6       |
|      | 1      | 0     | 5    |        | 2,7      | 5,5        | 6       |
|      | 1      | 0     | 10   |        | 2,8      | 5,5        | 6       |
|      | 1      | 0     | 15   |        | 2,7      | 5,4        | 6       |
|      | 2      | 20    | 5    |        | 2,7      | 5,4        | 6       |
|      | 2      | 20    | 10   |        | 3        | 6          | 6       |
|      | 2      | 20    | 15   |        | 3,2      | 6          | 6       |

|      |        |       |      |          |          |            |         |
|------|--------|-------|------|----------|----------|------------|---------|
|      | 2      | 10    | 5    |          | 2,5      | 5          | 6       |
|      | 2      | 10    | 10   |          | 2,5      | 4,8        | 6       |
|      | 2      | 10    | 15   |          | 2,4      | 4,7        | 6       |
|      | 2      | 0     | 5    |          | 2,2      | 4          | 6       |
|      | 2      | 0     | 10   |          | 2,3      | 4,2        | 6       |
|      | 2      | 0     | 15   |          | 2,2      | 4,4        | 6       |
|      | 3      | 20    | 5    |          | 2,3      | 4,3        | 6       |
|      | 3      | 20    | 10   |          | 2,2      | 4,3        | 6       |
|      | 3      | 20    | 15   |          | 2,4      | 4,6        | 6       |
|      | 3      | 10    | 5    |          | 2,3      | 4,5        | 6       |
|      | 3      | 10    | 10   |          | 2,3      | 4,6        | 6       |
|      | 3      | 10    | 15   |          | 2,4      | 4,4        | 6       |
|      | 3      | 0     | 5    |          | 2,2      | 4,3        | 6       |
|      | 3      | 0     | 10   |          | 2,2      | 4,4        | 6       |
|      | 3      | 0     | 15   |          | 2,1      | 4,5        | 6       |
|      | 4      | 20    | 5    |          | 2,2      | 4,6        | 6       |
|      | 4      | 20    | 10   |          | 2,1      | 4          | 6       |
|      | 4      | 20    | 15   |          | 2        | 4          | 6       |
|      | 4      | 10    | 5    |          | 2,4      | 4,2        | 6       |
|      | 4      | 10    | 10   |          | 2        | 4          | 6       |
|      | 4      | 10    | 15   |          | 2,1      | 4          | 6       |
|      | 4      | 0     | 5    |          | 2        | 4          | 6       |
|      | 4      | 0     | 10   |          | 1,8      | 3,5        | 6       |
|      | 4      | 0     | 15   |          | 1,8      | 3,6        | 6       |
| Dias | bloque | nivel | dens | Dia_Germ | h_planta | Cob_foliar | Nº_Hoja |
| 45   | 1      | 20    | 5    |          | 12       | 17         | 16      |
|      | 1      | 20    | 10   |          | 14       | 19         | 18      |
|      | 1      | 20    | 15   |          | 12       | 22         | 18      |
|      | 1      | 10    | 5    |          | 9        | 13         | 15      |
|      | 1      | 10    | 10   |          | 10       | 18         | 14      |
|      | 1      | 10    | 15   |          | 10       | 16         | 13      |
|      | 1      | 0     | 5    |          | 9        | 15         | 12      |
|      | 1      | 0     | 10   |          | 12       | 20         | 14      |
|      | 1      | 0     | 15   |          | 10       | 18         | 10      |
|      | 2      | 20    | 5    |          | 11       | 18         | 11      |
|      | 2      | 20    | 10   |          | 12       | 20         | 14      |
|      | 2      | 20    | 15   |          | 12       | 19         | 12      |
|      | 2      | 10    | 5    |          | 10       | 18         | 12      |
|      | 2      | 10    | 10   |          | 12       | 16         | 10      |
|      | 2      | 10    | 15   |          | 10       | 17         | 12      |
|      | 2      | 0     | 5    |          | 8,5      | 14         | 10      |
|      | 2      | 0     | 10   |          | 9        | 14         | 10      |
|      | 2      | 0     | 15   |          | 9,5      | 15         | 10      |
|      | 3      | 20    | 5    |          | 10       | 15         | 10      |
|      | 3      | 20    | 10   |          | 11       | 19         | 10      |
|      | 3      | 20    | 15   |          | 11       | 17         | 12      |
|      | 3      | 10    | 5    |          | 9        | 14         | 10      |
|      | 3      | 10    | 10   |          | 11       | 17         | 8       |
|      | 3      | 10    | 15   |          | 9        | 15         | 8       |
|      | 3      | 0     | 5    |          | 8,5      | 14         | 8       |
|      | 3      | 0     | 10   |          | 8        | 14         | 7       |
|      | 3      | 0     | 15   |          | 8,5      | 13         | 8       |
|      | 4      | 20    | 5    |          | 8        | 14         | 10      |
|      | 4      | 20    | 10   |          | 9        | 15         | 12      |
|      | 4      | 20    | 15   |          | 8        | 14         | 10      |
|      | 4      | 10    | 5    |          | 8        | 13         | 10      |
|      | 4      | 10    | 10   |          | 9        | 15         | 8       |

| Días | bloque | nivel | dens | Dia_Germ | h_planta | Area_foliar | Nº_Hoja | P_bio_com | P_bio_com | P_bio_com |
|------|--------|-------|------|----------|----------|-------------|---------|-----------|-----------|-----------|
|      |        | t/h   | cm   |          | cm       | cm          |         | Kgr/m2    | Kgr / UE  | gr/m2     |
|      |        | 4     | 10   | 15       |          |             | 7       | 12        |           | 8         |
|      |        | 4     | 0    | 5        |          |             | 7       | 11        |           | 8         |
|      |        | 4     | 0    | 10       |          |             | 8       | 15        |           | 7         |
|      |        | 4     | 0    | 15       |          |             | 7       | 11        |           | 8         |
| 60   | 1      | 20    | 5    |          | 15       | 20          |         |           |           | 20        |
|      | 1      | 20    | 10   |          | 17       | 23          |         |           |           | 22        |
|      | 1      | 20    | 15   |          | 16       | 25          |         |           |           | 22        |
|      | 1      | 10    | 5    |          | 15       | 18          |         |           |           | 20        |
|      | 1      | 10    | 10   |          | 16       | 20          |         |           |           | 18        |
|      | 1      | 10    | 15   |          | 17       | 23          |         |           |           | 17        |
|      | 1      | 0     | 5    |          | 14       | 19          |         |           |           | 16        |
|      | 1      | 0     | 10   |          | 15       | 20          |         |           |           | 18        |
|      | 1      | 0     | 15   |          | 14       | 20          |         |           |           | 16        |
|      | 2      | 20    | 5    |          | 15       | 21          |         |           |           | 14        |
|      | 2      | 20    | 10   |          | 16       | 22          |         |           |           | 18        |
|      | 2      | 20    | 15   |          | 15       | 23          |         |           |           | 20        |
|      | 2      | 10    | 5    |          | 14       | 18          |         |           |           | 14        |
|      | 2      | 10    | 10   |          | 15       | 19          |         |           |           | 16        |
|      | 2      | 10    | 15   |          | 15       | 20          |         |           |           | 16        |
|      | 2      | 0     | 5    |          | 13       | 18          |         |           |           | 14        |
|      | 2      | 0     | 10   |          | 13       | 19          |         |           |           | 13        |
|      | 2      | 0     | 15   |          | 14       | 21          |         |           |           | 15        |
|      | 3      | 20    | 5    |          | 14       | 19          |         |           |           | 14        |
|      | 3      | 20    | 10   |          | 15       | 22          |         |           |           | 16        |
|      | 3      | 20    | 15   |          | 14       | 23          |         |           |           | 16        |
|      | 3      | 10    | 5    |          | 12       | 18          |         |           |           | 14        |
|      | 3      | 10    | 10   |          | 13       | 20          |         |           |           | 14        |
|      | 3      | 10    | 15   |          | 13       | 20          |         |           |           | 13        |
|      | 3      | 0     | 5    |          | 11       | 18          |         |           |           | 12        |
|      | 3      | 0     | 10   |          | 12       | 19          |         |           |           | 12        |
|      | 3      | 0     | 15   |          | 12       | 20          |         |           |           | 13        |
|      | 4      | 20    | 5    |          | 14       | 18          |         |           |           | 14        |
|      | 4      | 20    | 10   |          | 13       | 17          |         |           |           | 14        |
|      | 4      | 20    | 15   |          | 14       | 20          |         |           |           | 16        |
|      | 4      | 10    | 5    |          | 11       | 16          |         |           |           | 13        |
|      | 4      | 10    | 10   |          | 13       | 18          |         |           |           | 13        |
|      | 4      | 10    | 15   |          | 13       | 19          |         |           |           | 14        |
|      | 4      | 0     | 5    |          | 10       | 15          |         |           |           | 12        |
|      | 4      | 0     | 10   |          | 10       | 17          |         |           |           | 13        |
|      | 4      | 0     | 15   |          | 12       | 17          |         |           |           | 12        |
| 65   | 1      | 20    | 5    | 15       | 20       | 20          | 3       |           | 9         | 269,2     |
|      | 1      | 20    | 10   | 17       | 23       | 22          | 2,4     |           | 7,2       | 215,4     |
|      | 1      | 20    | 15   | 16       | 25       | 22          | 2       |           | 6         | 178       |
|      | 1      | 10    | 5    | 15       | 18       | 20          | 2,8     |           | 8,4       | 251       |
|      | 1      | 10    | 10   | 16       | 20       | 18          | 2,2     |           | 6,6       | 197,5     |
|      | 1      | 10    | 15   | 17       | 23       | 17          | 1,6     |           | 4,8       | 143,6     |
|      | 1      | 0     | 5    | 14       | 19       | 16          | 2,5     |           | 7,5       | 224,3     |
|      | 1      | 0     | 10   | 15       | 20       | 18          | 2       |           | 6         | 179,5     |
|      | 1      | 0     | 15   | 14       | 20       | 16          | 1,5     |           | 4,5       | 134,6     |
|      | 2      | 20    | 5    | 15       | 21       | 14          | 2,8     |           | 8,4       | 251,3     |
|      | 2      | 20    | 10   | 16       | 22       | 18          | 2,3     |           | 6,9       | 206,4     |
|      | 2      | 20    | 15   | 15       | 23       | 20          | 1,9     |           | 5,7       | 170,5     |
|      | 2      | 10    | 5    | 14       | 18       | 14          | 2,5     |           | 7,5       | 224,4     |

|   |    |    |    |    |    |     |     |        |
|---|----|----|----|----|----|-----|-----|--------|
| 2 | 10 | 10 | 15 | 19 | 16 | 2   | 6   | 179,5  |
| 2 | 10 | 15 | 15 | 20 | 16 | 1,4 | 4,2 | 125,7  |
| 2 | 0  | 5  | 13 | 18 | 14 | 2   | 6   | 167    |
| 2 | 0  | 10 | 13 | 19 | 13 | 1,6 | 4,8 | 137,2  |
| 2 | 0  | 15 | 14 | 21 | 15 | 1   | 3   | 90     |
| 3 | 20 | 5  | 14 | 19 | 14 | 2,4 | 7,2 | 215,4  |
| 3 | 20 | 10 | 15 | 22 | 16 | 1,9 | 5,7 | 170,5  |
| 3 | 20 | 15 | 14 | 23 | 16 | 1,5 | 4,5 | 134,6  |
| 3 | 10 | 5  | 12 | 18 | 14 | 2,1 | 6,3 | 191,15 |
| 3 | 10 | 10 | 13 | 20 | 14 | 1,6 | 4,8 | 143,6  |
| 3 | 10 | 15 | 13 | 20 | 13 | 1   | 3   | 90     |
| 3 | 0  | 5  | 11 | 18 | 12 | 1,6 | 4,8 | 143,6  |
| 3 | 0  | 10 | 12 | 19 | 12 | 1,2 | 3,6 | 107,7  |
| 3 | 0  | 15 | 12 | 20 | 13 | 0,6 | 1,8 | 54     |
| 4 | 20 | 5  | 14 | 18 | 14 | 2   | 6   | 179,5  |
| 4 | 20 | 10 | 13 | 17 | 14 | 1,7 | 5,1 | 152,6  |
| 4 | 20 | 15 | 14 | 20 | 16 | 1,2 | 3,6 | 107,7  |
| 4 | 10 | 5  | 11 | 16 | 13 | 1,8 | 5,4 | 161,6  |
| 4 | 10 | 10 | 13 | 18 | 13 | 1   | 3   | 90     |
| 4 | 10 | 15 | 13 | 19 | 14 | 0,8 | 2,4 | 71,8   |
| 4 | 0  | 5  | 10 | 15 | 12 | 1,3 | 3,9 | 116,7  |
| 4 | 0  | 10 | 10 | 17 | 13 | 1   | 3   | 90     |
| 4 | 0  | 15 | 12 | 17 | 12 | 0,5 | 1,5 | 45     |

#### **ANEXO 4. FOTOS DEL ENSAYO**



**Foto1. Área de trabajo del experimento (ambiente protegido)**



**Foto 2. Etapa de emergencia del cultivo**



**Foto 3. Etapa de crecimiento del cultivo (15 días)**



**Foto 4. Etapa del crecimiento del cultivo (45 días)**





**Foto 5. Medición de la altura de la planta.**



**Foto 6. Comparación de las hojas sobre el crecimiento**



**Foto 7. Comparación de las plantas sobre el crecimiento**