

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



TESIS DE GRADO

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE ESTIÉRCOL DE VICUÑA EN DOS
CULTIVARES DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) BAJO AMBIENTE PROTEGIDO
EN PATACAMAYA**

JORGE BLANCO YAPU

**La Paz – Bolivia
2013**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE ESTIÉRCOL DE VICUÑA EN DOS
CULTIVARES DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) BAJO AMBIENTE PROTEGIDO
EN PATACAMAYA

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

JORGE BLANCO YAPU

Asesor:

Ing. Víctor Paye Huanca

Tutores:

Ing. Msc. Rene Calatayud Valdez

Ing. Guillermo Marca Marca

Tribunal Examinador:

Ing. Freddy Porco Chiri

Ing. Celia Fernández Chávez

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador

La Paz – Bolivia
2013

Dedicado a las razones de mi vida:
Mis hijos, Mi esposa, Mi padre, Mi madre, Mis hermanos y mi familia,
Gracias por todo su apoyo y sacrificio.

AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia y expresar mis más sinceros agradecimientos al Instituto de Desarrollo Regional IDR de la UMSA, que me permitió llevar adelante el presente trabajo y que me brindo apoyo.

A si mismo, resalto la valiosa colaboración de los señores ingenieros: Víctor Paye H. Asesor, Rene Calatayud V., Guillermo Marca M. Tutores, Celia Fernández Ch., Freddy Porco Ch. Revisores, por su valioso aporte al enriquecimiento del presente trabajo.

Hago extensivo mi reconocimiento al Ingeniero David Cruz Choque por el apoyo, para la defensa de dicha investigación, a las autoridades de la Alcaldía Municipal de Patacamaya quienes brindaron toda su colaboración y apoyo logístico.

Finalmente, agradecer a mis docentes, amigos, compañeros y administrativos de la facultad e agronomía.

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN:	1
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN LITERARIA:	4
2.1. Sistema de producción.....	4
2.2. Sistema de producción agrícola.....	4
2.3. Características generales.....	5
2.4. Ambientes atemperados.....	5
2.4.1. Características generales.....	5
2.4.2. Carpas solares.....	6
2.4.3. Tipos de carpas solares.....	6
2.4.4. Materiales de recubrimiento.....	7
2.4.5. Orientación.....	7
2.4.6. Factores técnicos.....	8
2.4.6.1. Temperatura.....	8
2.4.6.2. Humedad relativa.....	8
2.4.6.3. Luminosidad.....	9
2.4.6.4. Ventilación.....	9
2.5. Agricultura orgánica.....	10
2.5.1. Abonos orgánicos.....	10
2.5.2. Materia orgánica.....	11
2.5.2.1. Materia orgánica en el suelo.....	12
2.5.3. Fertilización orgánica.....	13
2.5.4. Estiércol.....	13
2.5.4.1. Composición química.....	13
2.5.4.2. Efecto de la materia orgánica.....	14
2.5.4.3.1. Propiedades físicas del suelo.....	14
2.5.4.3.2. Propiedades químicas del suelo.....	15
2.5.4.3.3. Propiedades biológicas del suelo.....	16
2.6. Estudio de la especie <i>Lactuca sativa</i>	17
2.6.1. Origen e importancia.....	17

2.6.2. Morfología.....	18
2.6.3. Adaptación Climática.....	19
2.6.4. Sistemática.....	19
2.6.5. Variedades.....	20
2.6.6. Condiciones para la producción.....	21
2.6.6.1. Temperatura.....	21
2.6.6.2. Suelo y pH.....	22
2.6.6.3. Siembra.....	23
2.6.6.4. Trasplante.....	23
2.6.6.5. Riego.....	23
2.6.6.6. Abonado.....	24
3. LOCALIZACIÓN:	24
3.1. Ubicación Geográfica.....	24
3.2. Características ecológicas.....	24
3.3. Suelo.....	25
3.4. Vegetación.....	25
4. MATERIALES Y METODOS:	26
4.1. Materiales.....	26
4.1.1. Material orgánico.....	26
4.1.2. Material vegetal.....	26
4.1.3. Equipo de herramientas.....	27
4.1.4. Material de toma de datos.....	27
4.1.5. Material de laboratorio.....	27
4.1.6. Material de gabinete.....	28
4.2. Metodología.....	28
4.2.1. Diseño experimental.....	28
4.2.2. Modelo lineal.....	29
4.2.3. Tratamientos.....	30
4.2.4. Trabajo de campo.....	30
4.2.4.1. Preparación del terreno.....	30
4.2.4.2. Siembra de almaciguera.....	32
4.2.4.3. Incorporación del abono orgánico.....	33
4.2.4.4. Trasplante.....	34
4.2.4.5. Refalle.....	35
4.2.4.6. Riego.....	36
4.2.4.7. Control de plagas.....	36
4.2.4.8. Cosecha.....	37
4.2.5. Variables de respuesta.....	38
4.2.5.1. Comportamiento térmico.....	38

4.2.5.2. Respuesta agronómica.....	39
4.2.5.3. Altura de la planta.....	39
4.2.5.4. Diámetro del tallo.....	39
4.2.5.5. Numero de hojas.....	40
4.2.5.6. Rendimiento de materia verde (comercial).....	41
4.2.6. Análisis económico.....	42
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:	43
5.1. Evaluación de temperaturas.....	43
5.1.1. Temperatura en almaciguera.....	43
5.1.2. Temperatura en Carpa solar.....	44
5.2. Respuestas agronómicas.....	46
5.2.1. Altura de planta.....	46
5.2.1.1. Efecto de niveles de estiércol de vicuña.....	48
5.2.1.2. Regresión para dosis y altura.....	49
5.2.2. Diámetro de cuello.....	50
5.2.2.1. Efecto de la dosis de estiércol de vicuña.....	51
5.2.2.2. Interacción en el diámetro de tallo.....	51
5.2.3. Número de hojas.....	52
5.2.3.1. Efecto de niveles de estiércol de vicuña.....	53
5.2.3.2. Regresión del número de hojas por dosis.....	53
5.2.3.3. Interacción en el número de hoja.....	54
5.2.4. Materia verde.....	55
5.2.4.1. Efecto de niveles de estiércol de vicuña.....	55
5.2.4.2. Regresión para dosis y rendimiento.....	56
5.2.4.3. Interacción en el rendimiento.....	57
5.2.6. Análisis de correlación entre variables.....	57
5.2.7. Evaluación económica.....	58
6. CONCLUSIONES:	60
7. RECOMENDACIONES:	63
8. BIBLIOGRAFIA:	64

INDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1. Características del material de recubrimiento.....	7
Cuadro 2. Contenido promedio de nutrientes en estiércol de camélidos de diferentes procedencias en Bolivia (Expresado en 100 % de materia seca).....	14
Cuadro 3. Tipos de cultivares de lechuga.....	20
Cuadro 4. Variedades de lechuga que frecuentemente se cultivan en el país para producto hortícola.....	21
Cuadro 5. Rangos de pH. y sus suelo.....	22
Cuadro 6. Extracción de fertilizante por la lechuga en gr/m.....	24
Cuadro 7. Factores tomados en cuenta en el ensayo.....	28
Cuadro 8. Interacción entre factores.....	29
Cuadro 9. Análisis químico de la fuente orgánica.....	34
Cuadro 10. Temperaturas promedio en el desarrollo del cultivo.....	45
Cuadro 11. Análisis de varianza para la altura de planta.....	46
Cuadro 12. Análisis de varianza para diámetro de cuello.....	50
Cuadro 13. Análisis de varianza para número de hojas.....	52
Cuadro 14. Análisis de varianza para materia verde.....	55
Cuadro 15. Análisis de correlación entre variables.....	58
Cuadro 16. Costo de producción de la Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	59

INDICE DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Lugar del trabajo de investigación.....	25
Figura 2. Estado de la carpa previo al acondicionamiento.....	31
Figura 3. Desinfección del suelo.....	31
Figura 4. Preparación del terreno.....	32
Figura 5. Riego por aspersión para dar humedad al terreno.....	32
Figura 6. Emergencia de la planta en la almaciguera.....	33
Figura 7. Trasplante de plántulas <i>Lactuca sativa</i>	34
Figura 8. Refalle de las plántulas no emergentes.....	35
Figura 9. Riego en bloque por aspersión.....	36
Figura 10. Fumigación orgánica, para el control de plagas.....	37
Figura 11. Cosecha del producto.....	38
Figura 12. Lectura de temperaturas máximas y mínimas.....	39
Figura 13. Toma de medida del diámetro del tallo.....	40
Figura 14. Toma de medida de altura de la planta.....	40
Figura 15. Determinación del porcentaje materia seca de las diferentes variedades al colocarlas en la mufla.....	41
Figura 16. El proceso de pesado de la planta de las diferentes variedades...	42

INDICE DE GRAFICOS

	Pagina
Grafico 1. Temperaturas máximas y mínimas en el periodo de almacigo.....	43
Grafico 2. Temperaturas máximas y mínimas en la carpa solar.....	45
Grafico 3. Efecto de variedades en la altura de planta.....	47
Grafico 4. Efecto de niveles de estiércol de vicuña en la altura de planta.....	49
Grafico 5. Análisis de regresión para dosis y altura de planta.....	50
Grafico 6. Efecto de niveles de estiércol de vicuña en diámetro de cuello....	51
Grafico 7. Interacción Variedad y Dosis en el diámetro de cuello.....	52
Grafico 8. Efecto de niveles de estiércol de vicuña en el número de hojas....	53
Grafico 9. Análisis de regresión para dosis y número de hojas.....	54
Grafico 10. Interacción Variedad y Dosis en el número de hojas.....	54
Grafico 11. Efecto de niveles de estiércol de vicuña en el rendimiento de materia verde.....	56
Grafico 12. Análisis de regresión para dosis y rendimiento de materia verde.	56
Grafico 13. Interacción Variedad y Dosis en el rendimiento de materia verde.	57

ANEXOS

ANEXO 1 : Croquis del experimento.

ANEXO 2 : Distribución de los tratamientos.

ANEXO 3 : Promedio de tratamientos del Bloque I.

ANEXO 4 : Promedio de tratamientos del Bloque II.

ANEXO 5 : Promedio de tratamientos del Bloque III.

ANEXO 6 : Costo de producción de la lechuga (*Lactuca sativa*);
Walman green, Grand rapid.

ANEXO 7 : Análisis químico de abonos de Estiércol de Vicuña (1).

ANEXO 8 : Análisis químico de abonos de Estiércol de Vicuña (2).

ANEXO 9 : Fotos de estudio.

RESUMEN

El presente trabajo trae como una nueva propuesta al campo científico – productivo, la asociación, estiércol de vicuña (*Vicugna vicugna*) en dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa*), en carpa solar siendo el aspecto central el proceso de transformación, la calidad de estiércol de vicuña, para finalmente obtener productos económicamente y ecológicamente importantes, delegando a la zona altiplánica a un segundo plano sin considerar el potencial que esta presenta el estiércol de vicuña y lechuga ecológica bajo condiciones controladas.

Las unidades experimentales evaluó el efecto de los tratamientos en la germinación y desarrollo de dos variedades de lechuga, *Walman green* y *Grand rapid*, para la evaluación agronómica del cultivo de la lechuga, en su interacción con tres diferentes densidades de estiércol de vicuña, bajo condiciones controladas en el Campus Universitario de Patacamaya del departamento de La Paz.

Los tratamientos se aplicaron ordenados en un diseño de bloques al azar, se logro determinar el efecto de los tratamientos en base a las características de crecimiento de cada variedad y su respuesta al factor económico.

La lechuga estuvo influenciada fuertemente por las densidades del estiércol, estuvo directamente relacionada con las condiciones medio ambientales de la carpa solar y las densidades de estiércol incorporado en cada tratamiento.

Se lograron valores que muestran un coeficiente de variabilidad del 6.4%, valor que representa la confiabilidad de las observaciones de acuerdo al diseño y modelo estadístico planteado. Se determina de acuerdo a la prueba de Duncan (5%), existe diferencias estadísticas entre las dosis de 60 y 40 tn/ha con respecto a la dosis de 20 tn/ha. El efecto más común es que aumentando la cantidad de fertilizante nitrogenado, se aumenta el contenido de nitrato en los vegetales.

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura en el altiplano se desarrolla bajo condiciones adversas, siendo la incidencia de heladas, granizadas y los periodos de sequía, los principales factores limitantes de la producción de cultivos. Esta situación hace necesaria la introducción de tecnologías que permitan el aprovechamiento de estas características propias del altiplano.

Las hortalizas son de gran importancia en la dieta alimenticia humana, por el alto nivel nutritivo que poseen; entre ellas la lechuga (*Lactuca sativa*).

La producción de lechuga (*Lactuca sativa*), bajo carpas solares, puede estar garantizada durante todo el año; logrando el máximo rendimiento de producción de alta calidad comercial en superficies pequeñas y sobre todo aplicando tecnología relativamente baja en costos de producción.

En la zona de estudio existe, un considerable numero de carpas solares, lo cual induce al comunario a buscar otros sistemas de producción, que le permite aprovechar al máximo el ambiente atemperado, ya que de la producción, obtiene solo el 30al 40% lo destinan para el mercado local (generalmente la feria de Patacamaya). La importancia que genera de la cual despierta el interés del agricultor para incrementar la producción y lograr mayores ingresos por este concepto. Al mismo tiempo buscar alternativas que le permitan una seguridad alimentaría en donde las exigencias del altiplano no le permitan desarrollar otras actividades agrícolas.

La producción de estiércol de vicuña es usada por los pobladores del lugar pero no se considera que sea tradicional, ya que la vicuña esta proliferando en gran magnitud, en cuanto al uso del estiércol hacen uso por los pobladores del lugar, ya sea para abono para sus cultivos o combustible.

De acuerdo, a la problemática existente en la región del Altiplano Central a causa de ciertos factores externos reducen la producción, por lo cual es necesario realizar investigaciones, con el fin de estudiar y evaluar el comportamiento agronómico en diferentes microclimas debido a su topografía y su ubicación altitudinal que brinden rentabilidad económica y como una alternativa de mejorar los ingresos económicos, teniendo en cuenta que las hortalizas de hoja que contiene tienen un costo moderado en el mercado local.

Se ha visto por conveniente buscar una alternativa que sustituya y ayude a los estiércoles de vacuno y ovino por la de vicuña.

En el Altiplano existe suficiente estiércol de vicuña. En Bolivia el estiércol de vicuña se distribuye a lo largo del Altiplano, entre los paralelos 14°40' y 22°50' Lat. S., cubriendo una faja Altitudinal entre los 3600 y 4800 m.s.n.m. aproximadamente (Villaba, 1992).

La población de vicuñas en Bolivia el año 2004, en virtud a las políticas de protección y conservación, se ha incrementado notablemente, hasta alcanzar a 60.000 cabezas según el censo de vicuñas citado por el AECI (2004), pero también el SERNAB (2004), esta realizando investigación sobre la relación de la vicuña con su hábitat, con el objeto de establecer programas de manejo sostenibles.

En Patacamaya y municipio de la Malla en 1996 existía 414 vicuñas, el año 2003 existía 547, Desarrollo Poblacional de Vicuña en Bolivia (Hoces y Velarde, 2004). Ahora en el último censo 2009 solo en la provincia Aroma se tiene 682 de población de vicuñas, (MMAyA, 2012).

En la actualidad se tiene datos del nuevo censo efectuado el 2009, se observaron 112249 vicuñas, tres veces (3.31) mas que el registro de 1996 en el cual se

observaron 33844 vicuñas. El mayor porcentaje de individuos fue encontrado en el departamento de Potosi (39.4 %) seguido de La Paz (32.9 %), (MMAyA, 2012).

Considerando los conceptos anteriores es importante realizar investigaciones con la finalidad de conocer los efectos en la planta cuando se aplica estiércol de vicuña. Actualmente no existe información de la aplicación de estiércol de vicuña en el cultivo de Lechuga, por tanto el propósito de presente trabajo de investigación esta orientado a estudiar los efectos de la fertilización con estiércol de vicuña.

Por lo tanto los objetivos trazados fueron los siguientes:

1.1. Objetivo general

- Determinar la calidad de estiércol de vicuña (*Vicugna vicugna*), en dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa*), bajo ambiente protegido en Patacamaya, provincia Aroma, Altiplano Central departamento de La Paz.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del estiércol de vicuña en el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga.
- Establecer la dosis optima del estiércol de vicuña que permita mejorar el rendimiento del cultivo de lechuga.
- Determinar el rendimiento en materia verde y comercial de las dos variedades de lechuga.
- Evaluar la rentabilidad económica en la producción.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. Sistema de producción

Saravia (1985), considera que la investigación de sistemas sigue una secuencia de fase (en el tiempo) y pasos (metodológicos) que para algunos autores toma la forma de una matriz en la cual cada elemento representa una actividad que culmina la síntesis del sistema.

Gastal (1977), considera que un sistema esta dinámicamente relacionado con el medio externo, es decir, continuamente sujeto a mudanzas.

2.2. Sistema de producción agrícola

Saravia (1985), sostiene que un sistema agrícola deberá incluir los siguientes conceptos:

- **Un propósito:** aquel por el cual el sistema es operado.
- **Una frontera:** que marca que esta dentro del sistema y que esta fuera.
- **El contexto:** es decir, el ambiente externo en el cual funciona el sistema.
- **Los componentes:** principales constituyentes que aparecen relacionados para formar el sistema.
- **Las interacciones:** o sea, las relaciones entre los componentes.
- **Los recursos:** componentes comprendidos en el sistema y que son utilizados para su funcionamiento.
- **Los insumos o aportes:** empleados por el sistema pero que tienen origen externo al mismo.
- **Los productos:** el resultado esperado de la operación del sistema.
- **Los subproductos:** productos útiles aunque obtenidos accidentalmente

2.3. Características generales

El altiplano Boliviano pese a sus características limitantes, es una región densamente poblada con un 56 % de habitantes a nivel nacional (Wiggins, 1976), en su mayoría dedicados a la agricultura; ocupa menos de un 30 % del territorio Nacional. (Orzag, 1989).

El altiplano Boliviano es una zona geográfica, climática, y socialmente compleja (IBTA, 1985), para una agricultura intensiva. (Orzag, 1989).

Esta región presenta “déficit hídrico, que ocurre durante la mayor parte del año, juntamente con las granizadas frecuentes durante el periodo vegetativo de los cultivos” (Orzag, 1989), y las heladas, que según Vacher (1990), es el factor principal para la limitación de la agricultura.

2.4. Ambientes atemperados

Recomiendan que la construcción de un ambiente atemperado se inicia como parte fundamental de una actividad económica para la producción de un determinado tipo de cultivo. Ello implica un cuidadoso estudio, previo de una serie de factores que condicionan la eficacia de la mencionada actividad. (Bernat *et al.* 1987).

2.4.1. Características generales

Estrada (1990), Es importante tomar en cuenta el manejo de algunos elementos que prácticamente determinan la producción: entre ellos tenemos: el agua, la temperatura y la ventilación.

Lorente (1997), La falta de condiciones ambientales y el mayor interés del horticultor en conseguir el incremento de la cosecha y de alargar las épocas de

producción ha impulsado a la empresa hortícola a practicar diferentes técnicas y creara instalaciones especiales para la producción de hortalizas.

2.4.2. Carpas solares

Kohl (1990), los sistemas de cultivos atemperados, surge en el país como respuesta a la frustración de no poder encarar problemas estructurales en el Altiplano. Sin embargo aunque los ambientes atemperados no pueden solucionar problemas de fondo, si pueden tener un rol como componente de desarrollo.

Hartman (1990), señala que la carpa solar es la construcción mas sofisticada de los ambientes atemperados, por lo tanto su tamaño es mayor y permite la producción de cultivos mas delicados.

Vigliola (1992), sostiene que el uso de invernáculos tiene como objetivo obtener una mejor producción cualitativa y cuantitativa, anticipándose o atrasándose a la producción normal.

Bernat (1987), menciona que un invernadero facilita el mantenimiento de parámetros físicos como mantenimiento de temperatura, humedad relativa, porcentaje de dióxido de carbono, condiciones optimas para el desarrollo de las plantas que se cultivan en su interior.

2.4.3. Tipos de carpas solares

Hartman (1990), atribuye que en el Altiplano Boliviano, se ha desarrollado diferentes tipos de carpas solares. Las mas comunes son el "Túnel", "medio Túnel", y "Dos Aguas" y "Dos Aguas" y el que mejor resultado dios es el "Media Agua". La construcción es por lo general sencilla donde se utiliza adobes para los muros, madera o fierro de construcción para el armazón del techo y agrofilm o calaminas plásticas para la cubierta.

2.4.4. Materiales de recubrimiento

Hartman (1990), desde el punto de vista técnico la transparencia de los materiales de recubrimiento debe ser una de las características más importantes a considerarse, al elegir el techado ya que de ella dependen las condiciones para el desarrollo de las especies cultivadas, entre los mismos tenemos vidrio, calamina plástica y polietileno (agrofilm), este último resulta la cubierta más económica y de mayor difusión por lo tanto se mencionan algunas de sus principales características en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Características del material de recubrimiento

Material	Resistencia al Clima	Características	Durabilidad (Años)
Polietileno (Agrofilm)	Regular	Positivas: - Bajo costo - Liviano y flexible - Fácil manejo Negativas: - Poca duración - Se expande con la temperatura y el viento.	Corta 1 – 3

Fuente: Díaz, 1998

2.4.5. Orientación

Guzmán (1993), indica, que el hemisferio sur la superficie transparente de la carpa debe estar orientado hacia el norte.

Hartman (1990), comenta que la lámina de protección o techo de un ambiente atemperado, en el hemisferio sur debe orientarse hacia el norte, con el objeto de captar la mayor cantidad de radiación solar, de esta manera, el eje longitudinal está orientado de este a oeste.

2.4.6. Factores técnicos

2.4.6.1. Temperatura

Hartman (1990), la temperatura interior de un ambiente protegido depende en gran parte del efecto invernadero. Este se crea por la radiación solar que llega a la construcción y por la impermeabilidad de los materiales de recubrimiento que evitan la irradiación calorífica. La radiación calorífica atrapada es la que calienta la atmósfera interior de la carpa solar.

Serrano (1972), la temperatura influye en las funciones vitales vegetales siguientes, transpiración, respiración, fructificación. Las temperaturas máximas y mínimas que soportan la mayoría de los vegetales están comprendidas entre 0 y 70°C, fuera de estos límites casi todos los vegetales mueren o quedan en estado de vida latente.

2.4.6.2. Humedad relativa

Bernat (1987), comenta que la humedad relativa es la relación entre la masa de vapor de agua por m³, y la que existiría si el vapor saturado a la misma temperatura.

Serrano (1979), menciona que la humedad de la atmósfera del invernadero interviene en la transpiración, en el crecimiento de los tejidos, en la fecundación de las flores y en el desarrollo de enfermedades criptogámicas.

Hartman (1990), la mayoría de las plantas se desarrollan bien en ambientes donde la humedad relativa del aire fluctúa entre 30 y 70 %. Debajo de 30 %, las hojas y tallos se marchitan en humedad por encima de 70 %, la incidencia de enfermedades es un serio problema.

2.4.6.3. Luminosidad

Serrano (1979), comenta que la luminosidad interviene en la fotosíntesis y en el fotoperiodismo (influencia que tiene la duración del día solar en la floración de los vegetales); también en fototropismo, en el crecimiento de los tejidos, en la floración y en la maduración de los frutos.

Bernat (1987), indica, que la luz es la banda del espectro electromagnético comprendida entre los 360 nm y los 760 nm correspondientes a las longitudes de onda del rojo al violeta, pero cuando se trata de luz para las plantas se acepta el término luz desde 320 nm hasta 800 nm.

En los cultivos bajo invernadero deben cuidarse los mínimos de intensidad luminosa, así como el número de horas necesario con ese mínimo de intensidad, para un correcto crecimiento de nuestro cultivo o floración, dado que en el interior del invernadero tendremos menor iluminación, por la absorción de la cubierta y el habitual empeñado de humedad en el interior de la misma.

2.4.6.4. Ventilación

Guzmán (1993), comenta, que todos los invernaderos requiere de un eficiente sistema de ventilación por 3 razones fundamentales:

- ❖ Para abastecimiento de dióxido de carbono utilizando por las plantas en el proceso de fotosíntesis.
- ❖ Para limitar y controlar la elevación de la temperatura del aire.
- ❖ Para reducir la humedad procedente de la transpiración de las plantas.

Hartman (1990), es el intercambio de aire que existe dentro el interior de un ambiente atemperado y la humedad relativa, es decir es la mezcla del aire. Esto optimiza el crecimiento de las plantas.

Bernat (1987), es el procedimiento de renovar el aire dentro del recinto del invernadero con lo cual actúa simultáneamente sobre la temperatura, la humedad relativa y el porcentaje de dióxido de carbono y de oxígeno en el recinto, la ventilación puede ser natural o forzada.

2.5. Agricultura orgánica

Monzote (1996), señala el interés por aplicar los principios agroecológicos y la agricultura orgánica para las prácticas productivas, tendencia positiva que se ha desarrollado no solo a consecuencia del costo elevado que ha alcanzado los fertilizantes y agrotóxicos en general, si no también porque muchos productores se han dado cuenta que el contenido de materia orgánica ha disminuido, produciendo una pérdida gradual de su fertilidad.

El suelo no solo necesita de nitrógeno, fósforo y potasio, para producir buenas cosechas, sino también requiere de otros como el calcio, magnesio y azufre, elementos que por lo general no se aplican con fertilizaciones químicas.

2.5.1. Abonos orgánicos

Bellapart (1996), menciona que se conoce como abonos orgánicos a todos aquellos residuos de origen vegetal y animal, que se utilizan para aumentar la fertilidad de la tierra.

Coca (1995), alude que en Bolivia, los abonos orgánicos de origen animal, como ser de pequeñas granjas, han sido considerados por los campesinos en el curso de mucho tiempo, como un subproducto de gran valor, siendo actualmente recogidos y usados con relativo éxito, donde los residuos orgánicos son incorporados al suelo en forma espontánea y sistemática en otros casos.

FAO (1983), afirma que el valor de estos abonos (generalmente llamados estiércoles), depende de su contenido de nutrientes para la planta y su efectividad como agentes conservadores y constructores del suelo. Los abonos de granja son las mejores fuentes de alimentos para los microorganismos del suelo.

En consecuencia un manejo apropiado de los abonos orgánicos requiere conocimientos de características del suelo, material orgánico y de los efectos que este puede tener en las propiedades del suelo.

Amoros (1984), afirma que el abono orgánico de origen animal, se debe incorporar con anticipación porque el cultivo de la lechuga no soporta la materia orgánica razón por la que se debe ser descompuesta antes de su aplicación.

La fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas, como ciencias de la producción, constituyen un importante apoyo científico y tecnológico para garantizar buenas cosechas sin afectar las bases productivas del suelo, por el contrario restituyendo los nutrientes que son extraídos por los cultivos, en este contexto resulta importante la aplicación de diversos abonos orgánicos como ser: estiércol de camélidos, bovinos, ovinos y humus de lombriz.

2.5.2. Materia orgánica

Chilon (1997), señala que la materia orgánica son los productos de la predisposición de descomposición de toda fuente primaria y secundaria que incluye la materia orgánica no humificada, formado por la biomasa vegetal y animal, la biomasa microbiana y el humus; constituido a su vez por instancias no húmicas como materiales orgánicos sencillos: azúcares y aminoácidos; materiales de elevado peso molecular: polisacáridos y proteínas.

Rodríguez (1982), indica que la materia orgánica proviene de los residuos vegetales y animales. Los restos vegetales derivan tanto de los cultivos y plantas

naturales. Los restos de los animales provienen de los animales muertos, la fauna general, la fauna edáfica y de las deyecciones.

2.5.2.1. Materia orgánica en el suelo

Guerrero (1993), manifiesta que la materia orgánica del suelo esta constituida por residuos orgánicos (vegetal o orgánica), que es incorporado al suelo. Así mismo, el mantenimiento de la fertilidad del suelo en un sistema orgánico, es la eficiencia del flujo de nutrientes de su estado fijo al estado soluble o disponible.

CLADES (1995), menciona que la mayoría de los agricultores creen que el contenido de materia orgánica del suelo tiene una alta correlación con la productividad del suelo y que la manutención de niveles adecuados de materia orgánica es importante para el control de erosión. Además de la incorporación de los residuos de cosecha, usando abonos vegetales y cultivos de cobertura para conservar la materia orgánica del suelo.

Suquilanda (1995), manifiesta que la materia orgánica cumple un papel de vital importancia en el mejoramiento de los suelos, ya que aporta los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas; activa biológicamente el suelo, mejora la estructura del suelo, favoreciendo a su vez el movimiento del agua y aire, incrementa la capacidad de retención del agua, la temperatura y la fertilidad potencial del suelo, estabiliza el pH del suelo y disminuye la compactación.

Chilón (1996), la importancia que se reconoce a la materia orgánica en el continente americano no es reciente, data desde épocas precolombinas, estableciendo su efecto directo sobre la formación y estabilización de los agregados, suministro de energía y nutrientes, capacidad de retención de humedad sobre los procesos edafogénicos y protección contra la degradación del suelo por erosión.

2.5.3. Fertilización orgánica

Gros (1986), la composición del fertilizante orgánico (estiércol) varía entre límites muy amplios, según los animales, la naturaleza de la cama, la proporción de pajas, de deyecciones y la alimentación de los animales.

La práctica de la fertilización orgánica debe ser un complemento para compensar el déficit entre las necesidades de las plantas y las cantidades de elementos nutritivos disponibles por las reservas del suelo.

Los fertilizantes orgánicos como el estiércol son fuente de elementos nutritivos como macro elementos (nitrógeno, fósforo y potasio) y micro elementos (Boro, Molibdeno, Cloro, hierro, cobre, zinc, manganeso, boro) que coadyuvan al desarrollo y crecimiento de la planta, como también favorecen con un efecto en la mejor de las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo.

2.5.4. Estiércol

Dentro de los fertilizantes orgánicos el más importante es el estiércol; su eficiencia en la utilización es en estado maduro o fermentado y no es conveniente la utilización en estado fresco, esta quemaría a la planta. (Lalata, 1988).

2.5.4.1. Composición química

FAO (1990), menciona que resulta difícil señalar con precisión cifras de la composición química de los estiércoles que se utilizan en la agricultura nacional, debido a la variabilidad de factores que cambian en muchos casos las cantidades y proporciones de nitrógeno, fósforo y potasio, calcio, magnesio y micro nutrientes. El Contenido promedio de nutrientes en estiércol de camélidos de diferentes procedencias en Bolivia (Expresado en 100 % de materia seca) se observa en cuadro 2.

Cuadro 2: Contenido promedio de nutrientes en estiércol de camélidos de diferentes procedencias en Bolivia (expresado en 100 % de materia seca).

Componente	Estiércol Camélidos
Ph	7.90
M.S. %	74.50
M.O. %	60.00
N total %	2.20
P205 total %	1.53
K2O total %	1.06
Ca total %	1.42
Mg total %	0.35
Relación C/N	15.80

Fuente: FAO (1990)

2.5.4.2. Efecto de la materia orgánica

Fuentes (1983), indica que la materia orgánica modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, además sirve de alimento a los microorganismos durante la descomposición.

Buckman y Brady (1991), señala que la materia orgánica influye sobre el color del suelo (marrón a negro), aumenta la granulación reduce la plasticidad y cohesión, aumenta la retención del agua, incrementa la capacidad de adsorción de cationes, abastecimientos y asimilación de nutrientes.

2.5.4.2.1. Propiedades físicas del suelo

Chilón (1996), indica que la materia orgánica en el suelo, influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en los siguientes puntos:

- **Mejoramiento de la estructura:** la materia orgánica da cuerpo a los suelos arenosos (mantienen unidas la partícula de arena) y afloja a los suelos arcillosos.
- **Densidad aparente:** especialmente en suelos de textura fina, haciéndola decrecer por el esponjamiento que este material ocasiona.
- **Densidad real:** disminuye con el aumento de su contenido en el suelo, debido a que presenta una densidad real muy baja respecto a la de los minerales comunes del suelo.
- **Mejora la permeabilidad del suelo, la capacidad retentiva del agua del suelo:** que se aumenta debido a que la materia orgánica en forma coloidal admite tanta agua como 4,4 veces su propio peso.
- **Color del suelo:** según su contenido y grado de descomposición la materia orgánica fresca o parcialmente descompuesta presenta color pardo, mientras que la descompuesta o humus presenta color pardo muy oscuro a negro.
- **Temperatura del suelo:** aumentándola porque los colores oscuros absorben mas calor que los claros, esto favorece la germinación y el crecimiento de los cultivos.
- **Reducción de las pérdidas de material fino por erosión:** los agregados presentan mayor estabilidad a la acción de las gotas de lluvia, escorrentía y al viento, que las partículas sueltas de limo y arcilla.

2.5.4.3.2. Propiedades químicas del suelo

Chilón (1996), indica que la materia orgánica en el suelo influye en las propiedades químicas del suelo en los siguientes puntos:

- **Aumenta la capacidad total de intercambio catiónico del suelo:** pues junto con la arcilla constituye parte fundamental del complejo de cambio, regulador de la nutrición de la planta.
- **Disponibilidad de nutrientes:** porque es la única fuente de nitrógeno natural del suelo, además posee en su constitución fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio y microelementos, que son liberados a medida que la materia orgánica se mineraliza.
- **Formación de compuestos fosfo-húmicos:** que atenúan la retrogradación del fósforo, en presencia y asea de caliza o de hierro y aluminio libres.
- **Capacidad buffer o tampón del suelo:** evitando variaciones bruscas del pH.
- **Producción de CO₂:** al descomponerse para formar con el agua H₂CO₃, que es de gran importancia en los procesos químicos de formación de suelo: disolución, carbonatación y otros procesos acidificantes.

2.5.4.3.3. Propiedades biológicas del suelo

Chilón (1996), indica que la materia orgánica en el suelo influye en las propiedades biológicas del suelo en los siguientes puntos:

- **Incremento de la actividad microbiana:** el humus es la fuente principal de energía y carbono para los organismos heterótrofos.

- **Estimula el crecimiento de las plantas:** por la acción de los ácidos húmicos sobre diversos procesos metabólicos, especialmente sobre la nutrición mineral.

2.6. Estudio de la especie *Lactuca sativa*

2.6.1. Origen e importancia

Mallar (1978), menciona que la lechuga es originaria de las costas del sur y sur este del Mar Mediterráneo, desde Egipto hasta Asia Menor. Los egipcios la comenzaron a cultivar 2400 años antes de esta era y se supone que la utilizaban para extraer aceite de la semilla y para forraje.

Gudiel (1987), la lechuga es una planta originaria de Europa y Asia, siendo una de las plantas hortícola mas antiguas que se conocen y en la actualidad la lechuga es objeto de cultivo intensivo por la gran demanda que hay de ella.

Vigliola (1992), comenta que según Whitakes y otros (1974), la lechuga es originaria de las costas del mediterráneo y su importancia radica en que ocupa el tercer lugar dentro de las hortalizas cultivadas después de la papa y el tomate.

Kohl (1990), las deficiencias nutricionales del altiplano suelen ser por dos causas:

- El consumo insuficiente de proteínas y calorías
- La carencia de vitaminas y minerales

Hartman (1990), concluye que en Bolivia existe una gran demanda de productos hortícola que podría ser cubiertos en algunas medidas a través de la venta de los excedentes de las pequeñas unidades de producción. Además podrían crearse centros de producción muy importantes y con fruto en regiones del Altiplano y cabecera de valle.

Ruiz (1993), menciona que las hortalizas es fuente de vitamina A y sales minerales conteniendo 5000 UI; 100 gr. de materia fresca en la lechuga de hojas verdes, pero mucho mas bajo en las rojizas de las arrepolladas.

2.6.2. Morfología

Guenko (1983), la lechuga es una planta herbácea anual, que cuando joven contiene en sus tejidos un jugo lechoso llamado látex, cuya cantidad disminuye con la edad de la planta.

Las hojas de la lechuga son lisas, sin pecíolo (sésiles): el extremo puede ser redondeado o rizado. Su color va de verde a amarillo hasta el morado claro, dependiendo del tipo. El limbo es entero y dentado, el tallo es pequeño y no se ramifica; sin embargo, cuando existen condiciones de altas temperaturas (mayor de 26 grados centígrados) y días largos (> 12 hr.) los tallos se alarga hasta 1.20 metros de longitud, ramificándose el extremo y presentando cada punta de las ramillas terminales una inflorescencia. Se reporta que las principales raíces de absorción se encuentran a una profundidad de 5 a 30 cm, la raíz principal crece muy rápido y que puede llegar a penetrar hasta 1.8 m de profundidad, característica que explica su relativa resistencia a la sequía.

En lo que se refiere a la inflorescencia, esta se constituye de grupos de 15 a 25 flores, las cuales están ramificadas y son de color amarillo, los pétalos son soldados (gamosépalos), posee cinco estambres y su ovario es monocular. Las flores son de autopolinización, función que se realiza antes de que las flores se abran; se reporta que también es posible la polinización cruzada. Las semillas son largas (4 – 5 mm) su color generalmente es blanco crema, aunque también hay pardas y castañas; cabe mencionar que las semillas recién cosechadas por lo general no germinan, debido a la impermeabilidad que la semilla muestra en presencia del oxígeno, por lo que se han utilizado temperaturas ligeramente elevadas (de 20 a 30° C) para inducir a una rápida germinación.

2.6.3. Adaptación Climática

Casseres (1984), indica, que esta hortaliza es típica de climas frescos. En los trópicos se la encuentra en las elevaciones con climas templados y húmedos que favorecen su desarrollo. Las temperaturas altas aceleran el desarrollo del tallo floral y la calidad de la lechuga se deteriora rápidamente con el calor, debido a una acumulación de látex amargo en su sistema vascular.

Gudiel (1987), expresa que la lechuga se desarrolla mejor en los climas templados y fríos de 400 – 900 pies sobre el nivel del mar. Las heladas en exceso le son perjudiciales.

Hartaman (1990), comenta que algunas hortalizas necesitan luminosidad directa para tener un mejor desarrollo y fructificación, mientras que otras se desarrollan mejor bajo luz difusa de baja intensidad, entre ellos tenemos las hortalizas de hoja como la lechuga y acelga.

2.6.4. Sistemática

Reino	:	Vegetal
Sub Reino	:	Embrybionta
División	:	Magnoliophyta
Sub División	:	Magnoliopsida
Sub clase	:	Asteridae
Orden	:	Asterales
Genero	:	<i>Lactuca</i>
Especie	:	<i>L. sativa</i>
Nombre científico	:	<i>Lactuca sativa</i>
Variedad	:	<i>Walman green</i> <i>Grand rapid</i>
Nombre común	:	Lechuga mantecosa

: Lechuga señorita

Fuente: Gudiel V. 1987

2.6.5. Variedades

Casseres (1984), comenta, que por la forma que crece la lechuga determina su clasificación en tres tipos principales dentro de los cuales se puede colocar todos los cultivares comerciales: de cabeza, de hoja suelta y cos. El cuadro 3 nos presenta este detalle.

Cuadro 3. Tipos de cultivares de lechuga

Tipo	Descripción	Cultivares representativos
De cabeza	Cabeza firme Cabeza suave Cabeza suave semiabierta	Great Lakes White Boston Salad Bowl, Bibb
De hoja suelta	Hojas ásperas o rústicas Hojas suaves	Grand Rapids Simpson
Cos o rama	Manojo semi abierto de hojas elongadas	White Paris

Fuente: Casseres (1984).

Krarup y Konar (2000), señalan que la lechuga presenta una gran diversidad dada principalmente por los diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento de las plantas. Esto ha llevado a diversos autores a distinguir diferentes variedades botánicas en esta especie. El cuadro 4 nos presenta este detalle.

Cuadro 4. Variedades de lechuga que frecuentemente se cultivan en el país para producto hortícola

Especie	Variedad
<i>Lactuca sativa</i> L.	Capitata (L.) Janchen
<i>Lactuca sativa</i> L.	Crispa L.
<i>Lactuca sativa</i> L.	Longifolia (Lam.) Janchen
<i>Lactuca sativa</i> L.	Acephalia Dill
<i>Lactuca sativa</i> L.	Augustuana All

Fuente: Krarup y Konar (2000).

2.6.6. Condiciones para la producción

2.6.6.1. Temperatura

Vigliola (1992), menciona que según Knof (1957), indica que la lechuga se desarrolla mejor en un clima templado fresco. Para obtener un buen crecimiento y calidad de los productos. Las condiciones necesarias son las siguientes:

- Temperatura promedio mensual máxima 21 – 24°C
- Temperatura promedio mensual óptima 15 – 18°C
- Temperatura promedio mensual mínima 7°C

Es importante contar con temperatura no muy elevadas durante el día y con noches fresca. Las temperaturas elevadas originan un sabor amargo, falta de firmeza en cabezas y floración prematura. La semilla de lechuga necesita para germinar un contenido de humedad en el suelo de 50%.

Valadez (1993), indica que el rango de temperatura para el buen desarrollo de la lechuga, esta entre 13° a 25°C, siendo la optima entre 16° y 22°C.

2.6.6.2. Suelo y pH

Mallar (1978), indica que el suelo debe tener un buen drenaje, pero al mismo tiempo debe tener humedad; de ahí la importancia del contenido de materia orgánica, ya que esta mejora la capacidad de retención de humedad.

Hartman (1990), indica que el medio de cultivo ideal para las hortalizas es un suelo franco con un pH de 6 y un contenido de materia orgánica de 5%.

Terranova (1995), corrobora con Mallar (1978), indicando que la lechuga necesita suelos de drenaje, con permanente humedad, y necesita suelos fértiles, francos o franco arenosos y ricos en materia orgánica.

El cuadro 5, expone los rangos representativos de pH y sus suelos, mencionados por diferentes autores, observándose que la lechuga puede tener un buen desarrollo en pH desde 5.2 (fuertemente ácido en suelos orgánicos) y 6.8 (neutro), según normas de interpretación, (Chilón,1997).

Cuadro 5. Rangos de pH. y sus suelos

Autor	Rango de pH	Suelos
Mallar (1978)	6.0 – 6.5	Orgánicos
Cáceres (1984)	5.2 – 5.8	Orgánicos
	5.6 – 6.7	Minerales
Valadez (1993)	6.0 – 6.8	Orgánicos, arenosos hasta arcillosos
Terranova (1995)	6.0 – 6.8	Francos – franco arenosos

Fuente: Elaboración propia en base a revisión bibliográfica.

2.6.6.3. Siembra

Mallar (1978), la lechuga es una planta que puede sembrarse tanto en almacigueras y en forma directa; en almacigueras la siembra es al voleo o en surcos, y se requiere realizar el trasplante cuando las plántulas tienen 3 a 4 hojitas; en siembra directa esta puede ser en líneas, la distancia entre ellas es de 35 cm. como promedio.

2.6.6.4. Trasplante

Cásseres (1984), indica que la lechuga es típicamente de trasplante, de manera que se requieren plántulas fuertes de 3 a 4 hojas, y al transplantarlas no se deben podar las raíces ni las hojas, además se debe mojar la tierra antes o en el momento del trasplante.

Tiscornia (1983), las plántulas de lechuga se transplantan a los 15 – 20 días después de la siembra, en almacigueras, las mismas deben ser transplantadas en suelos con buena humedad.

2.6.6.5. Riego

Mallar (1978), indica que la mayor parte de las raíces de la lechuga se encuentran en los primeros 30 cm del suelo, además para que exista un buen desarrollo, este debe tener un buen contenido de humedad.

Cásseres (1984), menciona que la lechuga debe ser cultivada bajo riego, donde la frecuencia de riego debe determinarse según el tipo de suelo, el tamaño de la planta y el clima. Además indica que el riego es importante para asegurar el crecimiento uniforme y continuo de la planta.

2.6.6.6. Abonado

Hartman (1990), la lechuga es un fuente extractor de nutrientes del suelo. El cuadro 4 nos presenta este detalle.

Cuadro 6. Extracción de fertilizante por la lechuga en gr/m

Producto	Rend. Kg/m ²	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Lechuga	2.5	6	2.5	11	3.5	2

Fuente: Robles (1985).

3. LOCALIZACIÓN

3.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo se realizo en la localidad de Patacamaya en los predios del Campus Universitario dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, UMSA, ubicada en la provincia Aroma del departamento de La Paz, a una distancia de 101 Km de La Paz, la estación esta situada a una altitud de 3789 msnm, y geográficamente entre los paralelos 17° 15' de latitud sud y 68° 55' de longitud oeste (La Fuente, 1980).

3.2. Características ecológicas

La región corresponde a un clima del altiplano que varia de árido y semiárido, tiene una precipitación promedio anual de 150 a 350 mm/año, temperatura media anual de 11°C y humedad relativa de 48% promedio anual.



Figura 1. Lugar del trabajo de investigación

3.3. Suelo

La zona presenta suelos de origen pluvio lacustre con una pendiente de 0 – 2%, profundos poco desarrollados con escaso humus por la intensa actividad agropecuaria además de tener una capa dura, presenta una textura franco arenosa pobre de materia orgánica (0.53), pH relativamente alcalino – neutro (7.65), bajo contenido de nitrógeno (0.07%) y fósforo disponible (4.16).

3.4. Vegetación

La vegetación natural esta formada por varias especies entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

Nombre científico	Nombre común
<i>Festuca ortophylla</i>	Paja Brava
<i>Stipa ichu</i>	Ichu
<i>Parasthreptha cuadrangulares</i>	Thola
<i>Brassica alba</i>	Mostaza blanca
<i>Bromus unioloides</i>	Cebadilla
<i>Trifolium amabile</i>	Layu layu
<i>Erodium cicutarium</i>	Reloj reloj
<i>Chenopodium sp.</i>	Quinoa silvestre (ajara)
<i>Penicetum clandestinum</i>	Kikuyo
<i>Medicago polimorpha</i>	Alfalfa

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Material orgánico

En el presente estudio se trabajo con estiércol de vicuña (abono fresco), con diferentes niveles de fertilización: 20 tn/ha, 40 tn/ha y 60 tn/ha.

4.1.2. Material vegetal

El material vegetal utilizado para el trabajo de investigación fue con el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), en dos variedades que son: Grand rapid y Walman green.

4.1.3. Equipo de herramientas

Para poder llevar a cabo el experimento se empleo las siguientes herramientas:

- 1 pico
- 1 pala
- 1 carretilla
- Tamizador
- 2 rastrillo
- 2 palas de jardinera
- 1 chonta
- 2 azadillas
- 1 combo
- 1 martillo
- Cinta métrica
- 2 repicadores
- 1 manguera
- 2 regaderas
- 1 regadera de aspersión fina
- 2 regaderas de aspersión gruesa
- Letreros
- Estacas
- Madeja pita
- 1 mochila fumigadora
- Clavo

4.1.4. Material de toma de datos

- Lienzo
- Termómetros de máximas y mínimas
- Termómetro digital
- Vernier
- Cámara fotográfica
- Marbetes
- Wincha
- Cuchillo
- Bolsas de 8 x 18 de 40 micrones
- Balanza analítica
- Libreta de campo
- Lápices

4.1.5. Material de laboratorio

- Mufla
- Balanza digital
- Bolsa de papel
- Marcadores

- Libreta de anotaciones
- Lápices

4.1.6. Material de gabinete

- 1 calculadora
- 1 ordenador personal
- Material de escritorio
- Planilla de datos
- Fotografías

4.2. Metodología

4.2.1. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el de “Bloques completos al azar” con arreglo factorial de 2 x 3, con 6 tratamientos producto de la interacción entre los dos factores y 3 repeticiones (Calzada 1982).

Los tratamientos fueron agrupados y asignados aleatoriamente dentro de cada bloque, quedando de esta manera organizado el arreglo espacial de datos, el mismo se detalla en los siguientes cuadros.

Este involucro a dos factores: un factor A referido a las variedades seleccionadas en base a sus requerimientos edafoclimaticos que presentan en su desarrollo de origen, ligado principalmente a temperaturas mínimas y máximas y a los requerimientos de precipitación; un factor B referido a las cantidades de estiércol de vicuña empleadas durante la aplicación de la materia orgánica.

Cuadro 7. Factores tomados en cuenta en el ensayo

Factor A	Variedades
A1	Grand rapid
A2	Walman green

Factor B	Materia organica
B1	20 Tn/Ha
B2	40 Tn/Ha
B3	60 Tn/Ha

De la interacción de los factores A y B tenemos los tratamientos:

Cuadro 8. Interacción entre factores

Interacción	Tratamiento
A1b1	Tratamiento 1 (T1)
A1b2	Tratamiento 2 (T2)
A1b3	Tratamiento 3 (T3)
A2b1	Tratamiento 4 (T4)
A2b2	Tratamiento 5 (T5)
A2b3	Tratamiento 6 (T6)

4.2.2. Modelo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk}	= Observación cualquiera
μ	= Media total
β_k	= Efecto del bloque
α_i	= Efecto del sistema de siembra
δ_j	= Efecto de variedades

$(\alpha\delta)_{ij}$ = Efecto de la interacción
 ϵ_{ijk} = Error experimental

4.2.3. Tratamientos

Los tratamientos empleados fueron los siguientes:

T1 = Estiércol 20 Tn/Ha en la producción de la variedad Grand rapid (a1b1).

T2 = Estiércol 40 Tn/Ha en la producción de la variedad Grand rapid (a1b2).

T3 = Estiércol 60 Tn/Ha en la producción de la variedad Grand rapid (a1b3).

T4 = Estiércol 20 Tn/Ha en la producción de la variedad Walman green (a2b1).

T5 = Estiércol 40 Tn/Ha en la producción de la variedad Walman green (a2b2).

T6 = Estiércol 60 Tn/Ha en la producción de la variedad Walman green (a2b3).

4.2.4. Trabajo de campo

4.2.4.1. Preparación del terreno

En la segunda quincena del mes de Agosto, se procedió a preparar el terreno, realizando una limpieza de todo residuo vegetal existente en el área de estudio. La preparación del suelo se realizó en forma manual con chontas y con picotas, donde la primera labor que se efectuó fue el roturado, luego el desterronado, mullido y finalmente el nivelado.



Figura 2. Estado de la carpa previo al acondicionamiento



Figura 3. Desinfección del suelo



Figura 4. Preparación del terreno



Figura 5. Riego por aspersión para la humedad al terreno

4.2.4.2. Siembra en almaciguera

La almaciguera utilizada para este experimento fue de 1 x 1.20 m.

Previamente a la siembra se procedió a realizar la desinfección del sustrato mediante un tratamiento térmico con agua hervida.

El sustrato preparado para el almacigo de lechuga (*Lactuca sativa*), fue en una proporción de 1:1:1 (una parte de tierra, una parte de abono de animal descompuesto y otra de arena); la siembra de las semillas de lechuga (Grand rapid y Walman green), fue al voleo, hortaliza que fue elegida por ser de hoja ancha, la misma que esta entre los cultivos que requieren mas nitrógeno para el desarrollo de las hojas.



Figura 6. Emergencia de la planta en la almaciguera

4.2.4.3. Incorporación del abono orgánico

Los cálculos de incorporación de abono orgánico, estiércol de vicuña, que fueron incorporados en base a metodologías propuestas por Chilón (1997), balance de nitrógeno que aportan los abonos.

Cuadro 9. Análisis químico de la fuente orgánica

Identificación	Nitrógeno %N	Potasio %K	Fósforo %P	Materia orgánica %	Humedad %
Muestra de abono orgánico (Estiércol de vicuña)	0.69	0.64	0.59	45.79	53.29

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

El abonado se realizó 15 días antes de la siembra, realizando el cálculo de la misma tomando en cuenta el requerimiento de la lechuga (*Lactuca sativa*), que totaliza 60 Kg de nitrógeno/hectárea, (Montes 1981).

4.2.4.4. Trasplante

Este se realizó a los 25 días después de la siembra, se contó con plántulas desarrolladas y suficientemente fuertes, libre de enfermedades y plagas, cuando las plántulas presentaban entre 3 – 4 hojas verdaderas.



Figura 7. Trasplante de plántulas *Lactuca sativa*

Previamente al trasplante se realizo surcos de 0.30 m de ancho, con ayuda de una chonta en cada una de las parcelas. Las mismas que fueron trasplantadas, a una distancia de 0.30 m entre plantas.

Con ayuda de un repicador se procedió a hacer la apertura de orificios en los surcos humedecidos para luego realizar el trasplante. Una vez terminada se procedió a realizar riego sobre las unidades experimentales hasta alcanzar la capacidad de campo del suelo.

4.2.4.5. Refalle

Una semana después del trasplante se realizo una reposición de plantas muertas (refalle), en las unidades experimentales.



Figura 8. Refalle de las plántulas no emergentes

4.2.4.6. Riego

Se aplicó el riego con regaderas de aspersión gruesa con una capacidad de 10 Lt la cantidad promedio de agua aplicada fue de 4.76 lt/m² al día; también se utilizó un sistema de riego mecanizado, esto de acuerdo a la necesidad del cultivo y brindando siempre la humedad necesaria para el buen desarrollo del cultivo en las dos variedades y bajo las 3 niveles de fertilización orgánica.



Figura 9. Riego en bloque por aspersión

4.2.4.7. Control de plagas

Durante el desarrollo del cultivo no se presentaron problemas fitosanitarios, con excepción de la presencia de pulgones al finalizar el desarrollo del cultivo, pero dentro de los dos cultivos se fumigó con cebolla y locoto cada 7 días, con la siguiente metodología:



Figura 10. Fumigación orgánica, para el control de plagas

Se preparo una infusión de cebolla (*Allium cepa*) y locoto, asperjando la misma sobre el cultivo en una cantidad aproximada de 5 lt por bloque, cada 7 días, con lo que se consiguió, combatir la presencia de afidios y desalentar las babosas, además ahuyentar las orugas blancas.

4.2.4.8. Cosecha

La cosecha se realizo por tratamientos y de acuerdo a la madurez fisiológica de cada variedad, y tomando en cuenta algunos parámetros de comercialización del producto como el tamaño, color y textura de las hojas.

Para la evaluación del cultivo se procedió a cosechar solo la parte comercial de la planta



Figura 11. Cosecha del producto

4.2.5. Variables de respuesta

Las respuestas agronómicas características del cultivo consideradas como variables de evaluación principales fueron: rendimiento en materia verde (comercial), altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, del cultivo de las dos variedades de lechuga y la evaluación del efecto del abonamiento orgánico sobre las características físicas y químicas del suelo.

4.2.5.1. Comportamiento térmico

Se tomaron las temperaturas máximas y mínimas de la carpa solar durante todo el ciclo de crecimiento y desarrollo del cultivo.



Figura 12. Temperaturas máximas y mínimas

4.2.5.2. Respuesta agronómica

El efecto de la aplicación del abono orgánico (estiércol de vicuña), sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), se evaluó determinando las siguientes variables agronómicas.

4.2.5.3. Altura de la planta

Para obtener esta variable se realizó la medición con una regla graduada en centímetros, se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja superior.

4.2.5.4. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo se obtuvo midiendo la parte del cuello del tallo, con ayuda de un vernier.

4.2.5.5. Numero de hojas

Para obtener un número de hojas fue necesario deshojar la planta.



Figura 13. Toma de medida del diámetro del tallo



Figura 14. Toma de medida de altura de la planta

4.2.5.6. Rendimiento de materia verde (comercial)

Para la obtención del rendimiento en materia verde, se peso cada una de las plantas cosechadas, incluyendo las hojas básicas de las mismas. Las unidades utilizadas para esta variable fueron de gr/plta, la cual fue llevada a Kg/m² y tn/ha, considerando que por cada metro cuadrado están presentes aproximadamente 12 Plantas/ m².

Figura 15. Determinación del porcentaje materia seca de las diferentes variedades al colocarlas en la mufla





Figura 16. El proceso de pesado de la planta de las diferentes variedades

4.2.6. Análisis económico

Existen varias formas de medir los resultados físicos y económicos de una unidad de producción. La selección de la mejor alternativa esta en función del propósito del análisis, de la disponibilidad de la información y de las características de la unidad de producción. En toda evaluación económica se debe considerar las unidades de análisis. Tarima (1996): *Costo por Planta* = *Costo de Manejo*

$$N^{\circ} \text{ de Plantas Producidas}$$

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Evaluación de temperaturas

5.1.1. Temperatura en almaciguera

Como se puede observar en el grafico 1 las temperaturas mínimas se registraron los días 3, 11 y 12 de octubre obteniendo lecturas de $-1, 05$ y 1.2 °C, registradas a las 7 de la mañana, las temperaturas máximas se registraron los días 21, 27 de septiembre y 14 de octubre con una temperatura de $30, 33.3$ y 30.1 °C respectivamente, estas lecturas fueron registradas a horas 15 pm.

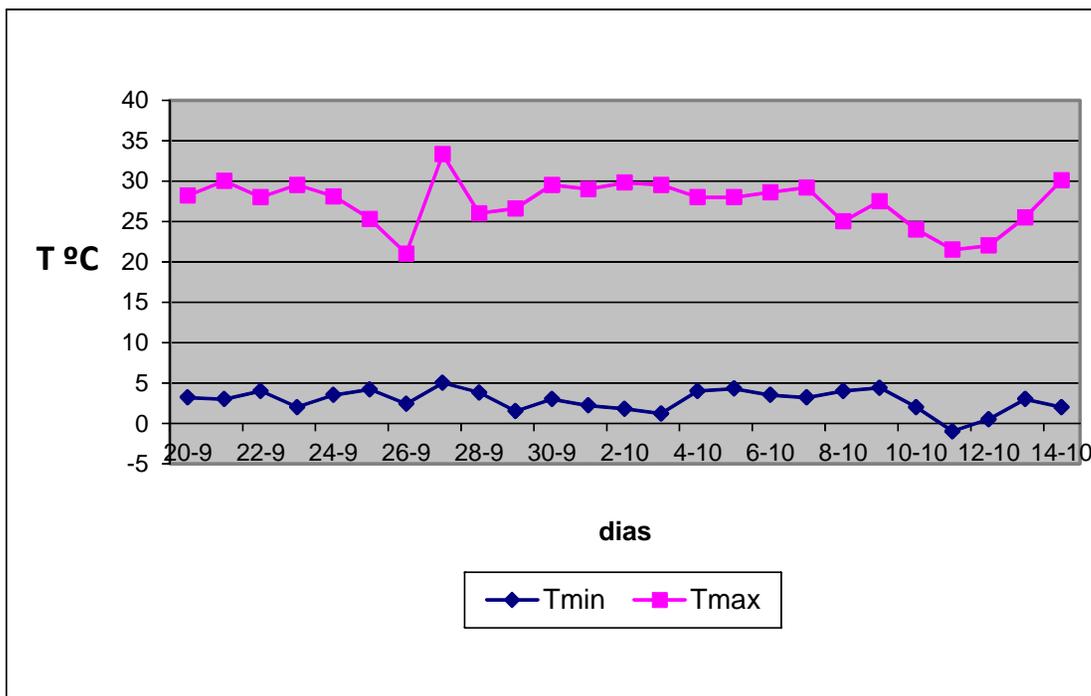


Grafico 1. Temperaturas máximas y mínimas en el periodo de almacigo

Las temperaturas en ese mes fueron homogéneas, obteniendo como promedio una temperatura máxima de 27.32 °C, y una mínima de 2.83 °C.

Aviles 1995, en un ensayo realizado con cuatro sistemas microclimaticos, época de invierno, indica que las camas orgánicas protegidas registraron un promedio de temperaturas mínimas de 1.68°C (fluctuación entre -1 a -2.3°C), el invernadero registro el mayor promedio 1.68°C (fluctuación entre 1.12 a 2.25°C), la carpa solar registro -0.44°C (fluctuación entre -0.12 a -0.77°C) y a campo abierto registro el menor promedio -3.95°C (fluctuación entre -3.72 a -4.19°C).

Martines 1998, en un ensayo realizado en cuatro tipos de ambientes atemperados, menciona que el ambiente con techo de paja registro el mas bajo promedio de temperatura mínima 0.65°C (fluctuación entre -7 a 6°C), tipo túnel 1.55°C (fluctuación entre -4 a 7°C), media agua 2.3°C (fluctuación entre -4 a 7°C), walipini 5.36°C (fluctuación entre 1 a 11°C), mientras que en el campo abierto - 5.16°C (fluctuación entre -13.6 a 1.5°C).

5.1.2 Temperatura en Carpa Solar

Las temperaturas registradas en la carpa solar fueron tomadas desde el 19 de octubre hasta el 4 de diciembre (47 días), fecha en que se realizo la cosecha. Durante el ciclo del cultivo se puede observar variaciones térmicas dentro de la carpa.

Las temperaturas registradas en la carpa solar fueron tomadas desde el 19 de octubre hasta el 4 de diciembre (47 días), fecha en que se realizo la cosecha. Durante el ciclo del cultivo se puede observar variaciones térmicas dentro de la carpa.

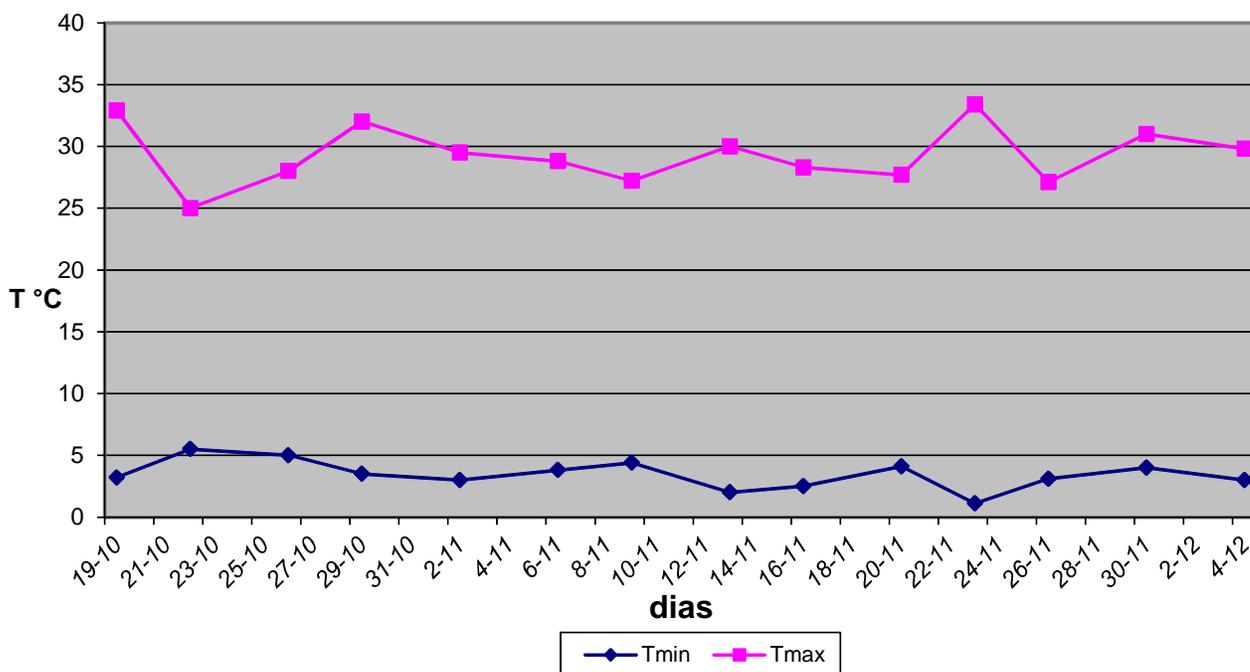


Grafico 2. Temperaturas máximas y mínimas en la carpa solar

Cuadro 10. Temperaturas promedio en el desarrollo del cultivo

TEMP. PROMEDIO (°C)	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Temp. Máxima	29.47	29.22	29.8
Temp. Mínima	4.3	3.11	3

Fuente: Elaboración propia en base a registros.

En el mes de octubre hubo un comportamiento casi homogéneo de las temperaturas mínimas como se observa en el cuadro, como también de las temperaturas máximas con relación a la hora de toma de datos, (7 am, 10 am, 12:00, 15 pm y 18 pm).

En el mes de noviembre no se notaron mayores fluctuaciones de temperaturas es así que hubo un descenso en los días 13, 16 y 23 de 2, 2.5 y 1.1°C, también se registro las mas altas temperaturas en la tarde llegando a 38°C el día 21 de noviembre. Mientras que en el mes de diciembre se registraron el día 2

temperaturas mínimas de 1.5°C, mientras que en los días 1 y 3 se registraron las temperaturas máximas de 33 y 30°C respectivamente.

Estas temperaturas no tuvieron ninguna incidencia en el desarrollo de la planta ya que esta resulto ser óptimo en el rango de crecimiento, donde tuvo una temperatura promedio de 16.48.

Valadez (1993), indica que el rango de temperatura para el buen desarrollo de la lechuga, esta entre 13° a 25°C, siendo la óptima entre 16° y 22°C.

5.2. Respuestas agronómicas

5.2.1. Altura de planta

Los resultados del análisis de varianza, muestran un coeficiente de variabilidad del 6.4%, valor que representa la confiabilidad de las observaciones de acuerdo al diseño y modelo estadístico planteado.

El análisis de varianza detecta variabilidad entre bloques, lo que significa que el diseño experimental fue bien aplicado

Cuadro 11. Análisis de varianza para la altura de planta

FV	GL	SC	CM	F	P>F	SIG.
BLOQUES	2	100.98	50.49	10.85	0.0031	**
VARIEDAD	1	28.38	28.38	6.10	0.0331	*
DOSIS	2	43.78	21.89	4.70	0.0363	*
VARIEDAD*DOSIS	2	18.55	9.28	1.99	0.1868	Ns
ERROR	10	46.54	4.65			
TOTAL	17	238.23				

$$CV (\%) = 6.4$$

Los resultados del análisis de varianza, muestran un coeficiente de variabilidad del 6.4%, valor que representa la confiabilidad de las observaciones de acuerdo al diseño y modelo estadístico planteado.

El análisis de varianza detecta variabilidad entre bloques, lo que significa que el diseño experimental fue bien aplicado.

Se han detectado diferencias estadísticas en los efectos de variedades y dosis, lo que significa que la media de la altura de planta es diferente entre los niveles de dichos factores.

Por otra parte la interacción ha resultado no significativa, los dos factores son independientes en la altura de planta.

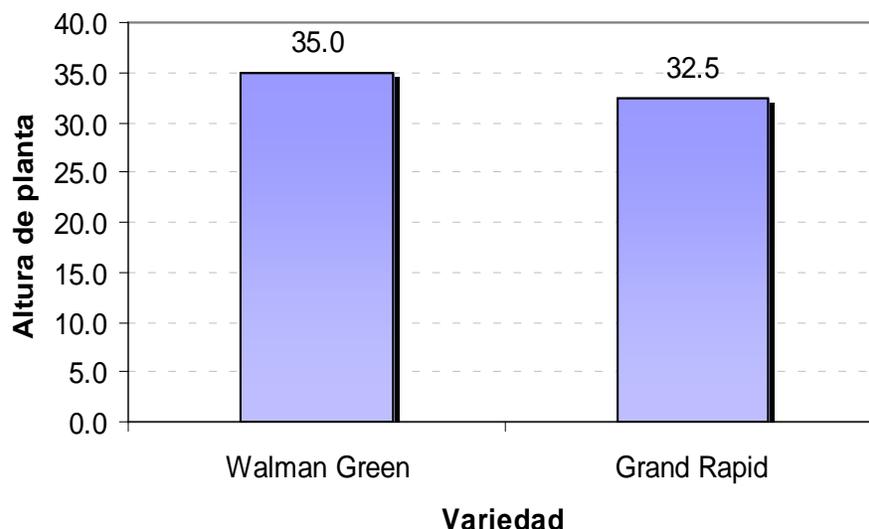


Grafico 3. Efecto de variedades en la altura de planta

En el grafico 3 se determina que la variedad Walman Green posee mayor altura de planta con respecto a Grand Rapid, estas diferencias son principalmente

atribuibles a la arquitectura de planta. Considerando que para la formación de la cabeza en las Lechugas del tipo mantecosa es necesario un equilibrio entre luz y temperatura, y que el acogollado responde favorablemente ante el incremento del estímulo lumínico acompañado por una temperatura superior a 20°C (Maroto, *op cit.*, Wien, 1977).

Parámetro de evaluación muy importante para la comercialización del producto ya que según INE (1994), considera como parámetro de comercialización los 18 cm de altura como termino medio para determinar el precio promedio de la lechuga en el mercado interno de cada departamento.

La figura 3 nos muestra que no se cumple los parámetros de comercialización según INE (1994). El efecto de los niveles de fertilización en la altura de la planta es evidente en la variedad Walman green, no así en la variedad Grand rapid donde los niveles de fertilización presente una menor altura.

5.2.1.1. Efecto de niveles de estiércol de vicuña

Se determina de acuerdo a la prueba de Duncan (5%), existe diferencias estadísticas entre las dosis de 60 y 40 tn/ha con respecto a la dosis de 20 tn/ha. El efecto más común es que aumentando la cantidad de fertilizante nitrogenado, se aumenta el contenido de nitrato en los vegetales (Arora and Ultra, 1971; cit. Por Maynard, 1976).

El exceso en la fertilización con nitrógeno es común en los cultivos comerciales debido a que las deficiencias de este nutriente pueden causar pérdidas muy importantes en los cultivos de hoja.

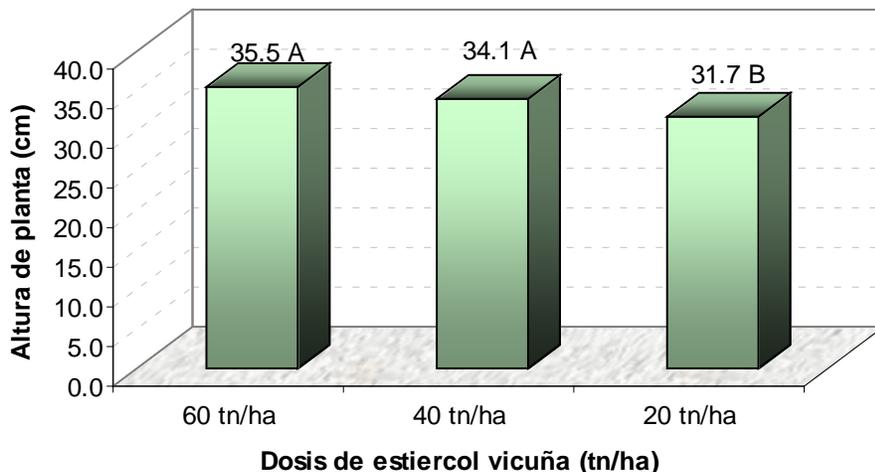


Grafico 4. Efecto de niveles de estiércol de viciaña en la altura de planta

El aumento en la concentración de nitrógeno en la solución del suelo aumenta significativamente el contenido en la parte aérea en ensayos realizados en cultivos hidropónicos (Muro *et al*, 1998). En cultivos realizados a campo no se han obtenido relaciones claras entre dosis de abonado o nivel de nitrato en suelo y concentración de nitrato en hoja, probablemente debido a la imposibilidad de controlar la multitud de factores que afectan al proceso fisiológico (Muro *et al*, 1998). En este sentido en espinaca se encontraron relaciones positivas entre la concentración de nitratos en la parte aérea y el nivel de nitrógeno inorgánico del suelo (Breimer T, 1982, cit por Muro et al, 1998). También Rados M Pavlovic, *et al*, en 1997, encontraron que además de producir un incremento en el rendimiento, la aplicación de altas dosis de fertilizantes nitrogenados producen un aumento en el contenido de nitrato en las hojas de lechuga fresca.

5.2.1.2. Regresión para dosis y altura

El análisis de regresión muestra que a mayor dosis mayor es la altura de planta, la variabilidad de la altura de planta es explicada en un 98.08% por las dosis de estiércol. Por cada tonelada de estiércol adicional la altura de planta aumenta en promedio 0.09 cm.

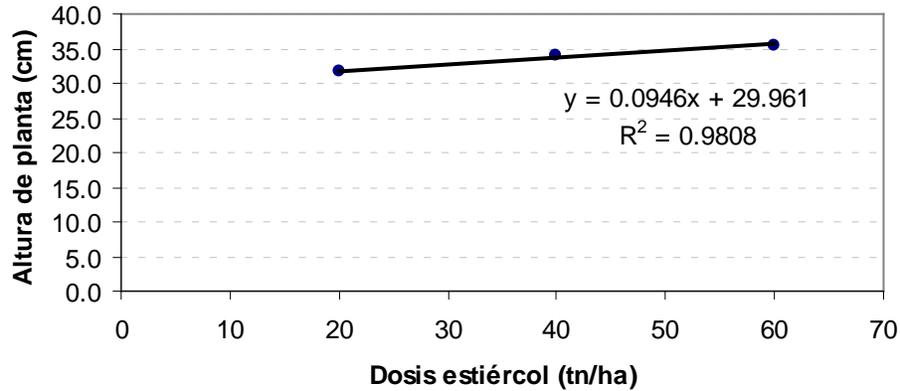


Gráfico 5. Análisis de regresión para dosis y altura de planta

5.2.2. Diámetro de cuello

Puesto que el sostén de las hojas es el tallo, el diámetro de estos en el cultivo de la lechuga tiene una gran importancia, realizada la toma de datos los resultados se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis de varianza para diámetro de cuello

FV	GL	SC	CM	F	P>F	SIG.
BLOQUES	2	0.043	0.0217	6.19	0.0178	*
VARIEDAD	1	0.005	0.0050	1.43	0.2596	ns
DOSIS	2	0.043	0.0217	6.19	0.0178	*
VARIEDAD*DOSIS	2	0.083	0.0417	11.90	0.0023	*
Error	10	0.035	0.0035			
Total	17	0.210	0.0124			

CV (%) = 4.4

El análisis de varianza no detecta significación estadística entre variedades de lechuga, la media de diámetro de cuello es similar para ambas variedades. En tanto el efecto de dosis es significativo sobre el diámetro de cuello. La interacción Variedad x Dosis presenta significación estadística, por lo tanto el efecto de las dosis de estiércol de vicuña no es el mismo en el diámetro de cuello en las variedades de lechuga, ambos factores no son independientes.

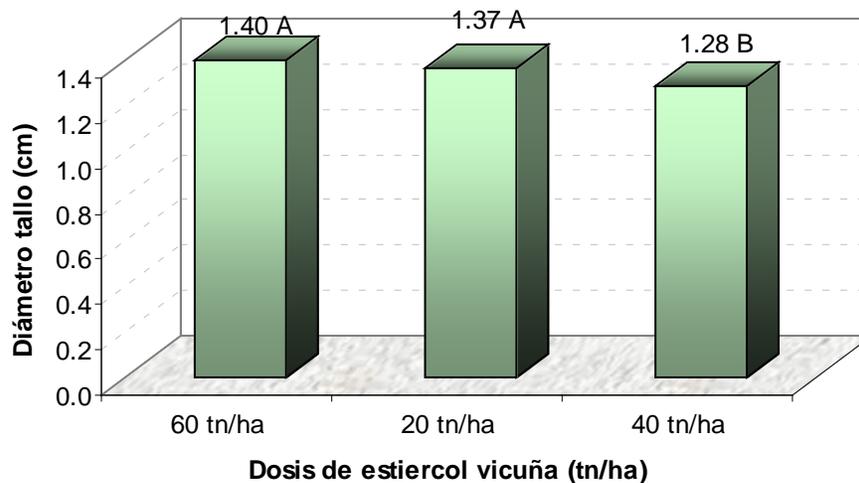


Grafico 6. Efecto de niveles de estiércol de viciaña en diámetro de cuello

5.2.2.1. Efecto de la dosis de estiércol de viciaña

La dosis de mayor diámetro de cuello ha resultado 60 tn/ha y la de menor diámetro es 40, este hecho se explica debido a que el efecto de variedad ha interactuado con los niveles de estiércol de viciaña. Este efecto se explica en el siguiente punto.

5.2.1.2. Interacción en el diámetro de tallo

De acuerdo a la figura de interacción la variedad Grand Rapid mantiene un diámetro de cuello similar entre las dosis de 20 y 40 tn/ha, en la dosis 40 hay una interacción entre las dos variedades en la cual se puede notar que asimilan las dosis de estiércol, pero en la dosis 60 tn/ha de estiércol el diámetro de cuello aumenta a 1.5 cm. Por otro lado la variedad Walman Green disminuye el diámetro de cuello a mayores dosis de estiércol de viciaña.

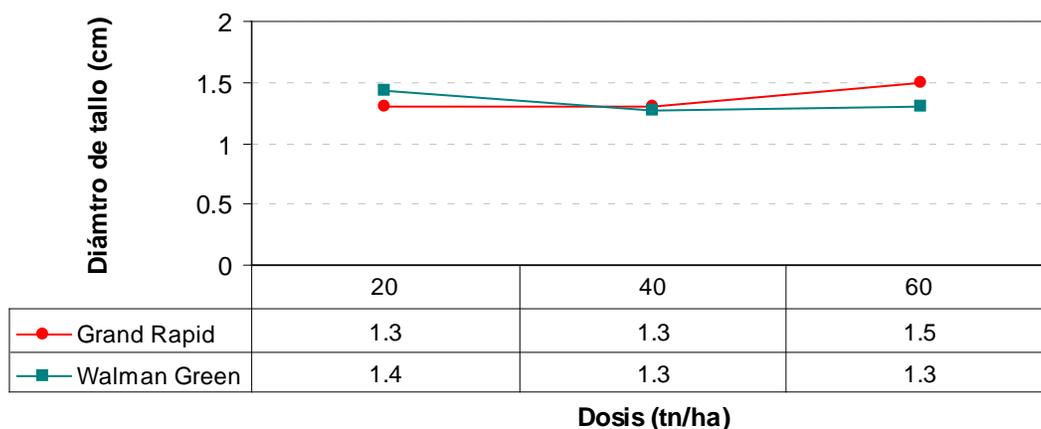


Grafico 7. Interacción Variedad y Dosis en el diámetro de cuello

Realizando una comparación entre los dos factores, la variedad Grand Rapid de acuerdo a su fisiología obtuvo mayor desarrollo y se puede observar que en los tratamientos y la dosificación existe una diferencia en la variedad Gran Rapid en la dosis, cada una de las variedades tendría distinto comportamiento fisiológico.

5.2.3. Número de hojas

Tomando en cuenta la importancia de las hojas en el cultivo de la lechuga, mas que todo para su valor comercial, se dio importancia al numero de hojas final del cultivo, realizados los muestreos y efectuados los cálculos y resultados de este se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 13. Análisis de varianza para número de hojas

FV	GL	SC	CM	F	P>F	SIG.
BLOQUES	2	296.77	148.39	89.07	0.0000	*
VARIEDAD	1	2.00	2.00	1.20	0.2989	ns
DOSIS	2	23.44	11.72	7.03	0.0124	*
VARIEDAD*DOSIS	2	16.33	8.17	4.90	0.0328	*
ERROR	10	16.66	1.67			
TOTAL	17	355.20				

CV (%) 5.6

El análisis de varianza evidencia variaciones significativas entre bloques lo que significa que el diseño fue bien empleado.

No se evidencia diferencia entre variedades ($P=0.298$). Por otro lado las dosis de estiércol tuvieron un efecto significativo en el número de hojas ($P=0.0124$).

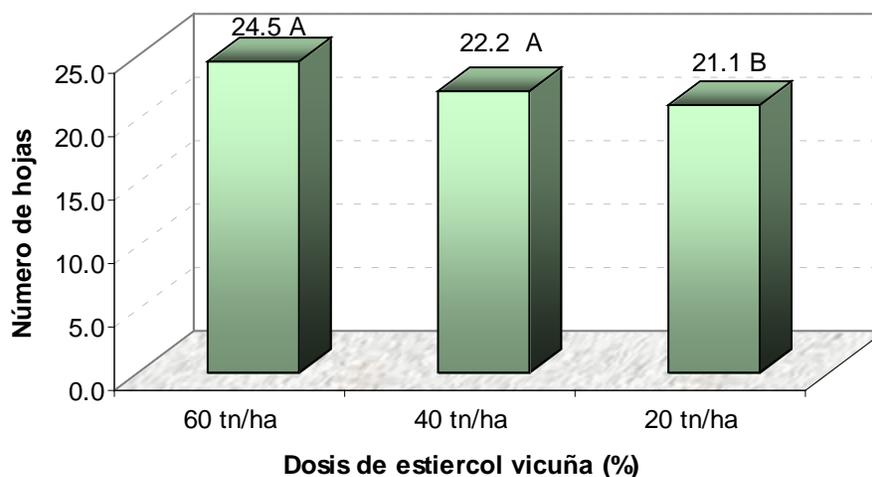


Gráfico 8. Efecto de niveles de estiércol de vicuña en el número de hojas

5.2.3.1. Efecto de niveles de estiércol de vicuña

Finalmente la interacción muestra significancia estadística, lo que significa que el efecto de la dosis en el número de hojas es diferente y depende de la variedad.

Se ha evidenciado que las dosis de mayor promedio de número de hojas son 60 y 40 tn/ha, estadísticamente diferentes a la menor dosis 20 tn/ha ($P<0.05$).

5.2.3.2. Regresión del número de hojas por dosis de estiércol

A mayor dosis de estiércol mayor es el número de hojas. Las dosis de estiércol explican el 95.5% de la variabilidad en el número de hojas.

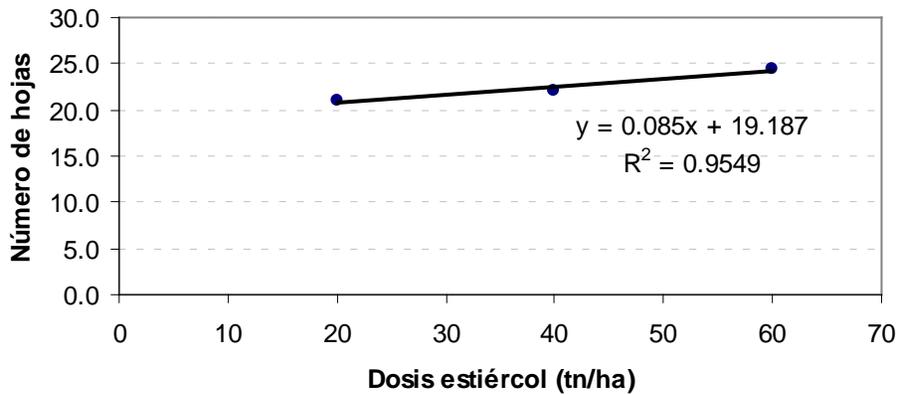


Grafico 9. Análisis de regresión para dosis y número de hojas

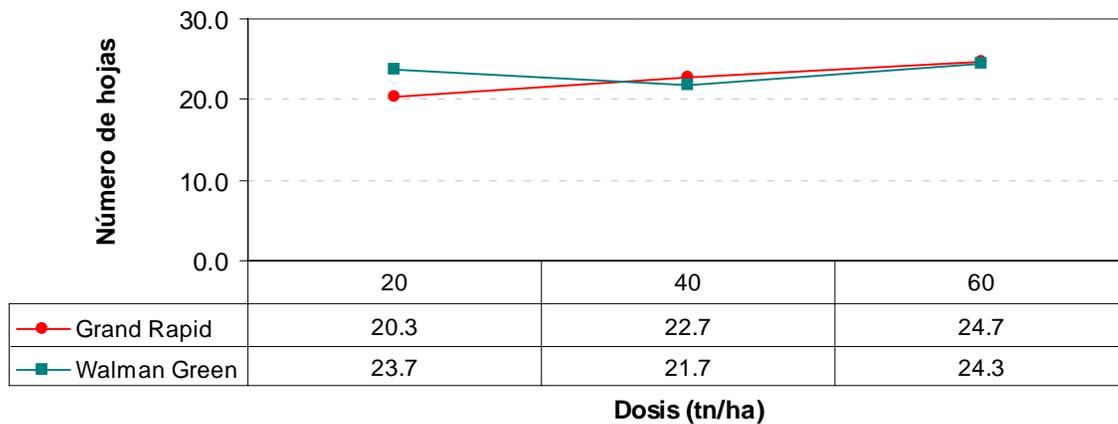


Grafico 10. Interacción Variedad y Dosis en el número de hojas

5.2.3.3. Interacción en el número de hojas

La significancia en este efecto se da en la dosis 20 tn/ha donde Walman Green tiene un mayor promedio que Grand Rapid, para la variedad Walman Green la dosis apropiada de estiércol de vicuña sería 20 tn/ha, los incrementos en dosis para esta variedad no se traducen en la mayor formación de hojas, por otro lado

se aprecia que la variedad Grand Rapid responde con mayor formación de hojas a mayores incrementos de estiércol de vicuña.

5.2.4. Materia verde

Las dosis de mayor rendimiento fueron de 20 y 60 tn/ha estadísticamente superiores a 40 tn/ha, respectivamente ($P < 0.05$).

Cuadro 14. Análisis de varianza para materia verde

FV	GL	SC	CM	F	P>F	SIG.
BLOQUES	2	59479.94	29739.97	49.65	0.0000	*
VARIEDAD	1	65.36	65.36	0.11	0.7480	ns
DOSIS	2	6253.65	3126.83	5.22	0.0280	*
VARIEDAD*DOSIS	2	7962.56	3981.28	6.65	0.0146	*
ERROR	10	5989.74	598.97			
TOTAL	17	79751.25				

CV (%) 9.6

5.2.4.1. Efecto de niveles de estiércol de vicuña

En este sentido de acuerdo a Dunca (5%), existe diferencias estadísticas entre las dosis de 60 y 20 tn/ha con respecto a la dosis de 40 tn/ha.

El aumento en la concentración de nitrógeno en la solución del suelo aumenta significativamente el contenido en la parte aérea en ensayos realizados en cultivos hidropónicos (Muro *et al*, 1998). En cultivos realizados a campo no se han obtenido relaciones claras entre dosis de abonado o nivel de nitrato en suelo y concentración de nitrato en hoja, probablemente debido a la imposibilidad de controlar la multitud de factores que afectan al proceso fisiológico (Muro *et al*, 1998).

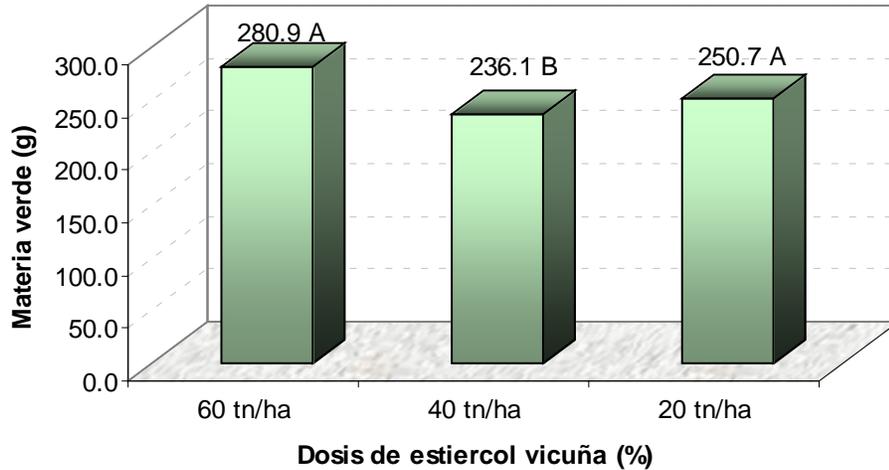


Grafico 11. Efecto de niveles de estiércol de viciaña en el rendimiento de materia verde

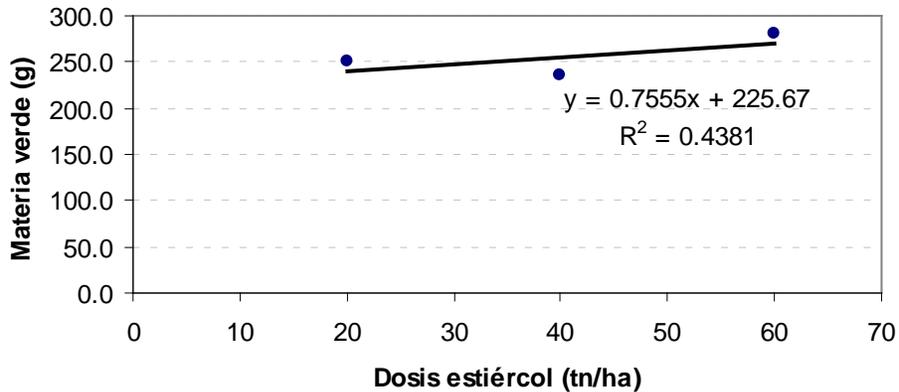
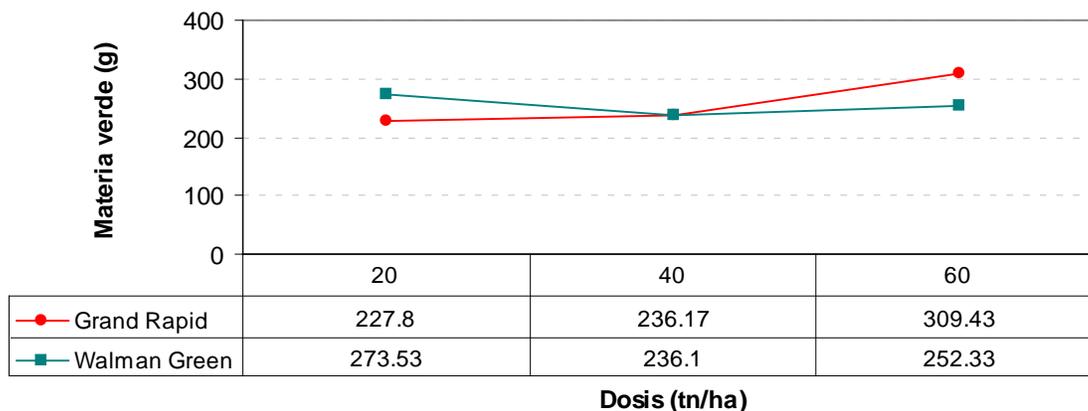


Grafico 12. Análisis de regresión para dosis y rendimiento de materia verde

5.2.4.2. Regresión para dosis y rendimiento

Pese al menor rendimiento de la dosis 40 tn/ha de estiércol de viciaña, el rendimiento aumenta a mayores niveles de estiércol. Se puede decir que por cada kg/m² de incremento en la dosis el rendimiento aumenta en 0.75 gramos.

Grafico 13. Interacción Variedad y Dosis en el rendimiento de materia verde



5.2.4.3. Interacción en el rendimiento

En la dosis 20 tn/ha, el mayor rendimiento se da para Walman Green, en tanto en la dosis 60 tn/ha el mayor rendimiento se da para Grand Rapid.

5.2.6. Análisis de correlación entre variables

Se han encontrado correlaciones positivas significativas entre la altura de planta y el número de hojas con el rendimiento de materia verde, esto es que un mayor rendimiento se logra con la mayor altura de planta y un mayor número de hojas.

Por otra parte también se ha determinado correlación positiva entre la altura de planta y el número de hojas.

Cuadro 15. Correlación entre variables

Variables	Altura planta	Diámetro tallo	Número de plantas	Número de hojas	Materia verde
Altura planta	1				
Diámetro tallo	0.353	1			
Número de hojas	0.567	0.371	0.370	1	
Materia verde	0.669	0.380	0.350	0.786	1

En negrita, valores significativos al umbral alfa=0.050

Tendencias débiles se han determinado entre las variables diámetro de tallo y rendimiento en materia verde, donde el coeficiente $r=0.38$, si bien puede considerarse bajo, se debe a que la variedad Walman Green no ha mostrado la misma respuesta que Grand Rapid, lo que hace el coeficiente r disminuya, sin embargo la tendencia de este valor muestra que a mayor diámetro de planta mayor es el rendimiento de materia verde.

5.2.7. Evaluación económica

A partir de los resultados obtenidos en el proceso de experimentación y el respectivo análisis estadístico, es esencial, la realización del análisis económico de los resultados, para realizar recomendaciones mas adecuadas, combinando los aspectos agronómicos y económicos mas favorables de la investigación.

Por otro lado la evaluación económica nos proporciona parámetros claros para determinar la rentabilidad o no de un determinado tratamiento, para realizar un cambio tecnológico en nuestros sistemas de producción, en este caso de lechugas producidas en carpas solares que beneficie a la comunidad.

Los costos de producción se detallan a continuación, para este análisis se considero básicamente cuatro conceptos, siendo el primero: los materiales utilizados en el ensayo, segundo las herramientas empleados para los trabajos,

tercero el personal eventual contratado para actividades específicas de trabajo en la carpa solar y por último los insumos utilizados para el proceso de producción.

Los resultados en resumen se presentan en el siguiente cuadro y se encuentran en detalle en el anexo 6

Cuadro 16. Costo de producción de la lechuga (*Lactuca sativa*)

Concepto	Costo Bs	Costo \$us
Materiales	2344	293
Herramientas	631	78.77
Personal requerido temporalmente	588	73.32
Insumos	624.71	76.86
Total	4187.71	521.95
Costo por planta	2.80	0.40

Fuente: elaboración propia

En el cuadro 17, muestra los resultados de los costos de producción para las dos variedades, *Grand rapid*, *Walman Green*, utilizando el método de promedio en el rendimiento de la planta cuyo detalle se halla en el anexo 3, 4, 5, obteniéndose un costo por planta de Bs. 1.80, o su equivalente en dólares de 0.26 centavos de dólar a un tipo de cambio de Bs. 6.99.

Estos costos han sido afectados principalmente por los costos de instalación de la carpa permanente principalmente por los materiales y la mano de obra todo por no existir personal fijo, si no que al momento de realizar las labores se contrata personal eventual.

Así mismo, esto trajo como consecuencia alargar el periodo de tiempo antes de iniciar la siembra y trabajos posteriores, al poner en condiciones el ambiente.

6. CONCLUSIONES

Gracias al trabajo de investigación, en base a los resultados obtenidos, luego de haber hecho el respectivo análisis e interpretación se llegó a las siguientes conclusiones:

Las temperaturas máximas y mínimas promedio, presentadas durante el periodo de almácigo fue a los 25 días de la siembra, temperatura mínimo de 2.8 °C y una temperatura máxima de 27.3 °C.

Las temperaturas presentadas durante el periodo de desarrollo del experimento fueron homogéneas, teniendo como temperatura promedio de 16.48 °C, con pocas variaciones. Los principales efectos negativos por efecto de la temperatura se presentaron el mes de junio donde la temperatura mas baja se presentó el mes de octubre donde la temperatura mínima fue de -1 y la temperatura máxima de 38 °C, teniendo como temperatura mínimo promedio de 3.47 °C, temperatura máxima promedio 29.49 °C.

Las variaciones de temperatura dentro de la carpa jugaron un rol preponderante para el desarrollo del cultivo afectando directamente al incremento o decaimiento de la planta. Hubo un incremento en los días de desarrollo del cultivo para todos los tratamientos debido a que los meses de octubre y noviembre se presentaron un mayor desarrollo por el incremento de la radiación solar (horas luz).

La variedad *Gran rapid*, tuvo un 95.5 % en su desarrollo, fue regularmente alto y medio en los tratamientos T1, T2 (testigo), T3, donde la aplicación de 20 Tn/Ha en el T1 en su rendimiento de 274 gramos por planta a sido mayor que los T2 y T3, en la aplicación de 40 Tn/Ha (testigo) del T2 tuvo un rendimiento menor de 236.1 gramos por planta y el T3 con la aplicación de 60 Tn/Ha tuvo

un rendimiento de 252.3 gramos por planta, teniendo promedialmente de 254.1 gramos por planta.

La variedad *Walman Green*, posee un 97 % en su desarrollo, posee 258 gramos por planta en promedio, donde tuvo una gran influencia en la producción por la aplicación en los diferentes niveles del sustrato (estiércol de Vicuña), en el tratamiento, T4 posee un rendimiento de 227.8 gramos por planta en la aplicación de 20 Tn/Ha, siendo la menor de los T1, T2 (testigo), T3, T5 (testigo) y T6, con la aplicación de 40 Tn/Ha (testigo) en el T5 presenta 236.2 gramos por planta fue medianamente regular a todos los tratamientos, en el T6 con la aplicación de 60 Tn/Ha de estiércol de vicuña alcanzo un rendimiento mayor a todos los tratamientos que fue de 309.4 gramos por planta. Obteniendo un promedio de 258 gramos por planta de los tratamientos T4, T5, T6, siendo que el T6 alcanzo niveles altísimos en su desarrollo de ende en la producción; finaliza a los 49 días aproximadamente.

En la altura de planta el tratamiento 3 logra 39.3 cm, seguido del tratamiento 1 con 38.5 cm, son superiores estadísticamente al resto de los tratamientos que logran menores alturas.

Para el diámetro de cuello la variedad *Grand rapid*, es estadísticamente diferente a la otra variedad con un valor medio de 1.3 cm; luego se encuentra la variedad *Walman Green*, con un valor de 1.4 cm.

La variedad *Grand rapid* y *Walman Green*, logran una media de 23.2 hojas y 22.7 hojas por planta respectivamente, el menor numero de hojas por planta que se logro en la variedad *Walman Green* con una aplicación de 20 Tn/Ha.

El proceso de transformación del estiércol de vicuña, demostró que la producción del cultivo de la lechuga estuvo influenciada fuertemente por la transformación del sustrato (estiércol de vicuña), y esta velocidad fue

directamente proporcional a las diferentes densidades de estiércol que se encuentra en los tratamientos en asociación con el cultivo de la lechuga, de esta forma se pudo obtener lechuga totalmente ecológica que represento una mínima inversión.

En el análisis económico se ha podido comprobar que tanto los niveles de estiércol de vicuña y las variedades de lechuga pueden cubrir la inversión realizada. Todos los tratamientos son rentables desde un punto de vista del análisis de los índices de retribución a los factores productivos, existiendo diferencia entre los tratamientos.

Desde el punto de vista económico y el análisis de los indicadores estudiados se puede concluir que para las dos variedades no existe diferencia en la producción entre dosis. Pero si existe diferencia significativa entre tratamientos.

Finalmente se concluye que para las dos variedades, Grand rapid, Walman Green, se tiene un costo por planta de Bs. 2.80 o su equivalente en dólares de 0.40 centavos de dólar a un tipo de cambio de Bs. 6.99.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo se recomienda:

- Es recomendable continuar las investigaciones con referencia a los tratamientos y dosis aplicable al cultivo de las diferentes variedades *Walman green* y *Grand rapid* bajo ambientes atemperados, ya que bajo este sistema se han demostrado un rendimiento mayor en comparación al sistema a campo abierto.
- Se recomienda investigar la aplicación de estiércol de vicuña en diferentes niveles, ya sea 30, 50 y 70 tn/ha respectivamente, para saber la calidad del abono orgánico.
- Si bien al llevar adelante el presente estudio no se presentaron problemas de plagas y enfermedades, es recomendable realizar estudios de estos aspectos tanto en plántulas, como en plantas adultas.
- Desde este punto de vista agronómico se puede sugerir hacer estudios complementarios realizando la siembra directa, lo que puede permitir un mejor desarrollo fisiológico de la planta.
- Finalmente, desde el punto de vista económico se recomienda producir bajo ambientes protegidos ya que las diferencias de beneficios netos de las diferentes variedades no son significativas.

8. BIBLIOGRAFIA

AMOROS, C. M. (1984). "Horticultura general". DILAGROS S.A. Madrid, España. Pag. 343.

AVILES, D. (1992). Producción de hortalizas bajo diferentes condiciones microclimáticas en el Altiplano. La Paz, Bolivia. pp. 150-152.

BERNAT, C.; VICTORIA, J.; MARTINES, J. (1987) "Invernaderos"; Edición AEDOS; Barcelona – España; pp 5 – 13.

CACERES, E MAMANI, Z. (1991), Realidad Agroalimentaria, una aproximación al caso; La Paz – Bolivia; pp 50-52.

CARDOSO, V. (1993). Evaluación económica de parcelas en campos de agricultores (CYMMYT); México D,F. – México; pp 10-45.

CASSERES, E. (1984). Producción de Hortalizas. Publicado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA). San Juan, Costa Rica. pp 180-193.

CENTELLAS, M. (1999) Respuesta del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) en condiciones de invernadero a tres distancias de plantación y tres niveles de estiércol ovino. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo UMSA. La Paz – Bolivia. 130 p.

CHILON, E. 1997. "Fertilidad de suelos y nutrición de plantas". Ediciones C.I.D.A.T. La Paz, Bolivia. Pag 33-103.

CIMMYT, 1988. "Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos", "Manual metodológico de evaluación económica". Distrito Federal, México. Pp.

DENISE, E. (1988); Cultivo de hortalizas, plantas y flores; Ed. LIMUSA S.A. ; México D.F. – México; pp 55-62.

DIAZ, R. (1997) Aplicación fraccionada de nitrógeno en tres densidades de plantación, en lechuga (*Lactuca sativa*) bajo carpa solar; pp 21-83.

DOMINGUEZ, A. 1984. Tratado de fertilizantes; Ed. Mundi Prensa. Madrid-España. pp 37-49, 185-201.

FAO, 1990. "I Seminario Nacional sobre Fertilidad de Suelos y uso de fertilizantes en Bolivia". Santa Cruz, Bolivia.

GUZMAN, M. 1993. Construcción y Manejo de invernaderos. (Memorias – U.M.S.A.). pp 3-7.

GROS, A. 1986. "Guía practica de la fertilización" Editorial Mundi Prensa Madrid, España. Pag. 144-169.

HARTMAN, F. (1990). "Invernaderos y ambiente atemperados". Edición FIDE, Bolivia Ltda. La Paz – Bolivia. Pag 9-30.

IBTA. (1995), Manual Practico para el Cultivo de Hortalizas de Hojas de Invierno. La Paz, Bolivia. Pp 2

KHOL, B. 1990, "Diagnostico de los sistemas de cultivo protegidos en el Altiplano Boliviano". La Paz, Bolivia. SEMTA. 80p.

LAFUENTE, A. 1989. "Carpas solares técnicas de construcción". La Paz, Bolivia. CEDEFOA. 183p.

LALATTA, F. 1988. "Fertilización de árboles frutales". Ediciones CAC. Barcelona, España. Pag. 5-6; 106-109.

LORENTE, J. 1997. "Cultivo e invernaderos". Biblioteca de la agricultura. Editorial IDEA BOOK S.A. Barcelona, España. Pp 75-90.

MALLAR, A. 1978. La lechuga. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp 3-30.

MARTINEZ, C. 1998. Eficiencia térmica y uso de agua en cuatro tipos de ambientes atemperados Patacamaya Altiplano Central. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, UMSA. La Paz, Bolivia. 130 p.

ORSAG, V. 1989.....

Proyecto de riegos Huarina, Peñas.

REYES, P. 1978. Diseños de experimentos agrícolas. Ed. Trillas. D.F. – México. pp 48-61.

RODRÍGUEZ, F. 1982. "Fertilizantes". "Nutrición Vegetal". Ediciones A.G.T. Distrito Federal, México. pp 33-54.

ROJAS, F. 2001. Catalogo de plantas. Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz – Bolivia. 78 p.

SERRANA, Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernadero. 1ª Edición. Ed. Barcelona, España. pp 360.

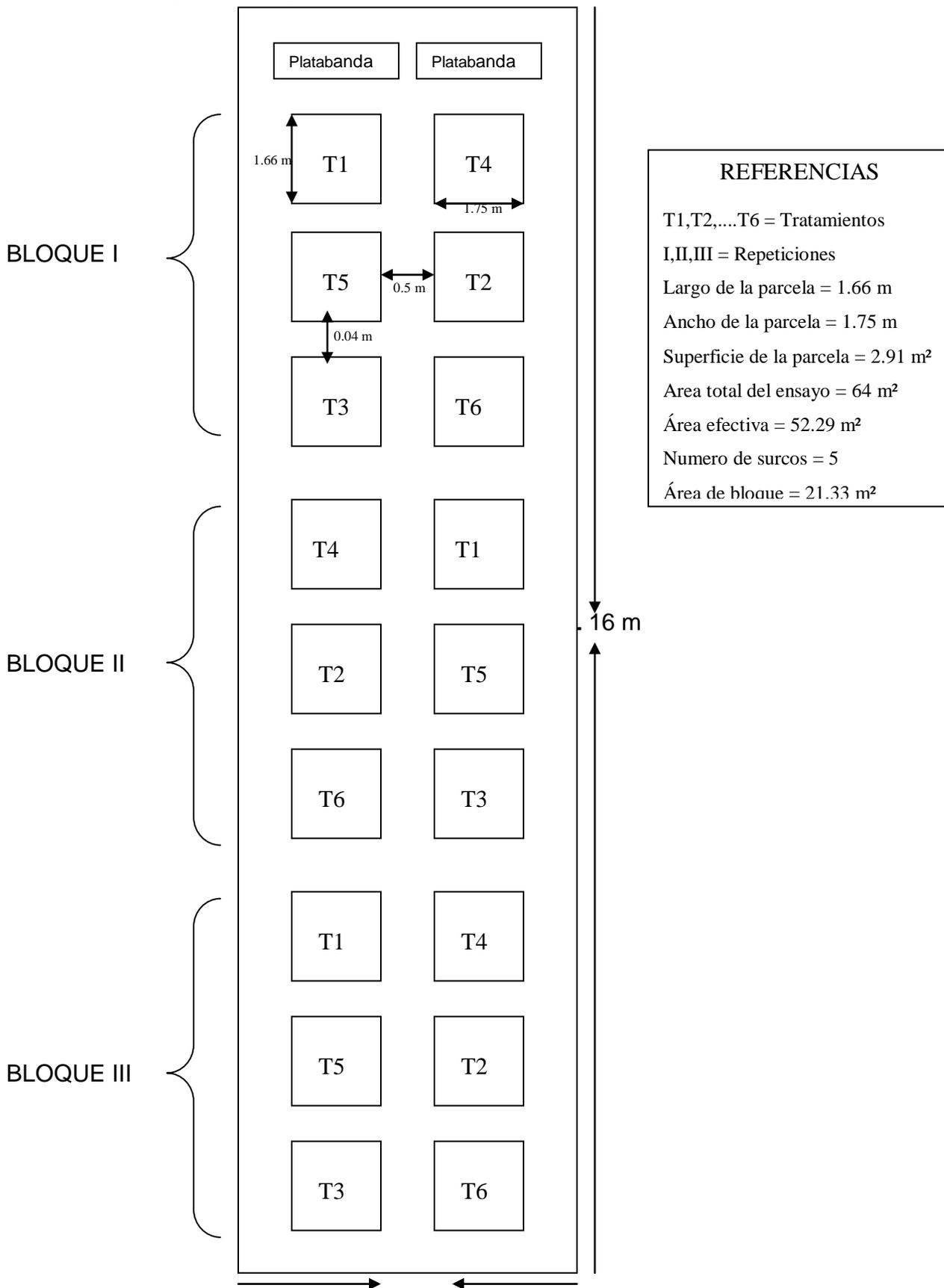
VIGLIOLA, M. 1992. Manual de hortalizas. Ed. Hemisferio sur S.A. buenos Aires, Argentina. pp 81-89.

VALADEZ, A. 1989. Producción de hortalizas. Ed. LIMUSA, S.A. México. pp. 149 - 163

WIGGINS, S. 1976. Informe sobre el sector agropecuario del altiplano norte de Bolivia, La Paz, Bolivia. Ed. Proyecto de estudio y promoción del desarrollo regional (PRODERBO). Proyecto de las Naciones Unidas para el desarrollo. 121 p.

ANEXOS

ANEXO 1. Croquis del experimento.



ANEXO 2. Distribución de los tratamientos

BLOQUE I	<i>Grand rapid</i> T1 a1 b1	<i>Walman green</i> T4 a2 b1
	<i>Walman green</i> T5 a2 b2	<i>Grand rapid</i> T2 a1 b2
	<i>Grand rapid</i> T3 a1 b3	<i>Walman green</i> T6 a2 b3
BLOQUE II	<i>Walman green</i> T4 a2 b1	<i>Grand rapid</i> T1 a1 b1
	<i>Grand rapid</i> T2 a1 b2	<i>Walman green</i> T5 a2 b2
	<i>Walman green</i> T6 a2 b3	<i>Grand rapid</i> T3 a1 b3
BLOQUE III	<i>Grand rapid</i> T1 a1 b1	<i>Walman green</i> T4 a2 b1
	<i>Walman green</i> T5 a2 b2	<i>Grand rapid</i> T2 a1 b2
	<i>Grand rapid</i> T3 a1 b3	<i>Walman green</i> T6 a2 b3

ANEXO 3. Promedio de tratamientos del Bloque I

BLOQUE I

Tratamiento	Promedio altura de planta	Promedio diámetro de tallo	Numero de plantas	Promedio de numero de hojas	Promedio rendimiento de materia verde
1	33.5	1.4	28	16.7	203.3
2	35	1.3	28	14.3	230
3	29.5	1.3	30	19.7	127
4	26.2	1.4	28	14.7	116.7
5	30.8	1.2	30	17.7	132.7
6	34.3	1.4	30	19.32	241.7

ANEXO 4. Promedio de tratamientos del Bloque II

BLOQUE II

Tratamiento	Promedio altura de planta	Promedio diámetro de tallo	Numero de plantas	Promedio de numero de hojas	Promedio rendimiento de materia verde
1	31	1.6	30	28.5	314
2	35.2	1.25	32	26.75	211.6
3	38.3	1.2	32	31	343.3
4	24	1.03	34	15	210
5	32.9	1.16	32	26.25	302.5
6	34.5	1.48	30	29.33	343.3

ANEXO 5. Promedio de tratamientos del Bloque III.

BLOQUE III

Tratamiento	Promedio altura de planta	Promedio diámetro de tallo	Numero de plantas	Promedio de numero de hojas	Promedio rendimiento de materia verde
1	38.5	1.3	29	25.3	303.3
2	34.7	1.23	30	24	266.66
3	39.3	1.36	30	22.3	286.66
4	37	1.5	30	31.3	356.66
5	35.7	1.46	30	24	273.33
6	37	1.56	32	26.3	343.33

ANEXO 6. Costo de producción de la lechuga (*Lactuca sativa*);

Walman green, Grand rapid

a) Materiales:

Detalle	Cantidad	Costo Unitario		Sub total	
		Bs	\$us	Bs	\$us
Material de escritorio	Varios	20	2.50	20	2.50
Calaminas plásticas	24	90	11.25	2160	270
Manguera	20 m	2.50	0.31	50	6.25
Termómetro	1	10	1.25	10	1.25
Bolsas	1000	4	0.5	40	5
Nylon	20 m ²	2	0.25	40	5
Aspersor	2	12	1.5	24	3
TOTAL				2344	293

b) Herramientas:

Detalle	Cantidad	Costo Unitario		Sub total	
		Bs	\$us	Bs	\$us
Pala	1	35	4.36	35	4.36
Picota	1	30	3.75	30	3.75
Regadera	1	25	3.11	25	3.11
Palita	1	10	1.25	10	1.25
Carretilla	1	350	43.70	350	43.70
Flexometro	1	5	0.63	5	0.63
Vernier	1	15	1.9	15	1.9
Rastrillo	1	11	1.37	11	1.37
Mochila aspersor	1	150	18.70	150	18.70
TOTAL				631	78.77

c) Personal requerido:

Actividad	Numero de unidades	Jornales usados	Rendimiento por jornal	Sub total	
				Bs	\$us
Preparación del sustrato	64 m ²	2	128 m ²	70	8.73
Traslado de arena	200 m ³	1	200 m ³	35	4.36
Aplicación de fungicida	64 m ²	1/2	128 m ²	17.50	2.18
Deshierbe	64 m ²	3	50 m ²	105	13.10
Repique	1000	1 1/2	1000	175	21.80
Riego	135 horas	15		185.50	23.15
TOTAL				588	73.32

d) Insumos:

Detalle	Cantidad	Costo Unitario		Sub total	
		Bs	\$us	Bs	\$us
Tierra del lugar	90 m ³	2.50	0.31	225	27.9
Arena	90 m ³	3.50	0.43	315	38.7
Estiércol	432 kg	0.16	0.02	71.71	8.64
Semillas de <i>Walman green</i>	1 onza	7	0.87	7	0.87
Semillas de <i>Grand rapid</i>	1 onza	6	0.75	6	0.75
TOTAL				624.71	76.86

ANEXO 7. Análisis Químico de Abonos de Estiércol de Vicuña 1.



IBTEN

MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO
INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
DIVISION DE QUIMICA

ANALISIS QUIMICO DE ABONOS

INTERESADO : JORGE BLANCO YAPU
PROCEDENCIA : Dpto. LA PAZ, Pvcia. AROMA - SAN MARTIN,
PATACAMAYA, CAMPUS UNIVERSITARIO

Nº SOLICITUD: 037/2007
FECHA DE RECEPCION : 19 / marzo / 2007
FECHA DE ENTREGA : 05 / abril / 2007

Nº Lab	CODIGO	Nitrógeno % N	Potasio % K	Fósforo % P	Humedad %
132 /2007	Muestra de abono orgánico	0,69	0,64	0,59	59,29

OBSERVACIONES Resultados en base seca


RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA



ANEXO 8. Análisis Químico de Abonos de Estiércol de Vicuña 2.



MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO

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

ANALISIS QUIMICO DE ABONOS

INTERESADO : *JORGE BLANCO YAPU*
PROCEDENCIA : *Dpto. LA PAZ, Pvcia. AROMA - SAN MARTIN,
PATACAMAYA, CAMPUS UNIVERSITARIO*

Nº SOLICITUD: 037/2007
FECHA DE RECEPCION : 19 / marzo / 2007
FECHA DE ENTREGA : 05 / abril / 2007

Nº Lab	CODIGO	Nitrógeno % N	Potasio % K	Fósforo % P	Materia orgánica %	Humedad %
132 /2007	Muestra de abono orgánico (Estiércol de vicuña)	0,69	0,64	0,59	45,79	59,29

OBSERVACIONES Resultados en base seca

RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA



ANEXO 9. Fotos de estudio



a) Vista de estiércol de Vicuña (*Vicugna vicugna*)



b)

Estiércol de Vicuña (*Vicugna vicugna*)



c) Emergencia de la planta en el almacigo



d) *Walman green*, *Grand rapid*, detalle de plántulas en almacigo



e) Detalle del desarrollo inicial de las dos variedades de *Lactuca sativa*, (*walman green* y *Grand rapid*)



f) Detalle del desarrollo final de las dos variedades de *Lactuca sativa*,
(*Walman green* y *Grand rapid*)



g) Detalle de la planta *Walman green*



h) Detalle de la planta *Grand rapid*



i) Alimentación de la Vicuña



j) Estercoleros



