

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



TESIS DE GRADO

EFFECTO DE LA SEMISOMBRA EN LA LECHUGA
ARREPLLADA (*Lactuca sativa*) CON TRES NIVELES DE
FERTILIZACIÓN NITROGENADA BAJO CARPA SOLAR

Presentada por:

MARCO ANTONIO SEGUNDINO CAREAGA SILVA

La Paz – Bolivia
2005

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

EFFECTO DE LA SEMISOMBRA EN LA LECHUGA
ARREPLLADA (*Lactuca sativa*) CON TRES NIVELES DE
FERTILIZACIÓN NITROGENADA BAJO CARPA SOLAR

Tesis de grado para obtener el título de:

INGENIERO EN AGRONOMÍA

Presentada por:

MARCO ANTONIO SEGUNDINO CAREAGA SILVA

ASESORES:

Ing. René Calatayud Valdez _____

Ing. Rafael Díaz Soto _____

REVISORES:

Ing. M.Sc Jorge Pascuali Cabrera _____

Ing. Frida Maldonado de Kalam _____

Ing. Nicolás Monasterios Quelali _____

Vo.Bo. _____

Ing. M. Sc. Félix Rojas Ponce
VICEDECANO

- 2005 -

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Alberto y María por su apoyo moral y material y que sin su comprensión y ayuda no hubiera sido posible concluirlo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme vida y por estar conmigo en los momentos más difíciles.

A los asesores del presente trabajo: Ing. René Calatayud Valdez e Ing. Rafael Díaz Soto, por el asesoramiento prestado y que con sus consejos contribuyeron decisivamente a mejorar su contenido.

A los revisores: Ing. Jorge Pascuali, Ing. Frida Maldonado e Ing. Nicolás Monasterios por la revisión, corrección y sugerencias realizadas en el presente documento.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, al plantel docente por sus enseñanzas impartidas, experiencias y conocimientos que ayudaron a mi formación profesional.

Al Hogar de Ancianos San Ramón por permitirme haber realizado el trabajo de campo en sus predios.

De manera especial mis agradecimientos van dirigidos a las Madres Superiores: Josefa y María Del Pilar como también a las Madres: Eulogia, Narcisa, Zenaida, Bertha, Elsa, Leocadia y a todas las hermanitas por la amistad y apoyo brindado durante mi estancia en dicho Hogar.

A los compañeros y compañeras de estudio por los consejos y apoyo constante para con este trabajo.

A todos ellos mis agradecimientos más sinceros.

Marco Antonio Segundino Careaga Silva

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CONTENIDO	i
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE ANEXOS	iv
RESUMEN	v

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Carpa Solar	4
2.1.1 Características Ambientales de Carpas Solares	4
2.1.2 Orientación	5
2.1.3 Variables Microclimáticas en Carpas Solares	6
2.1.4 Efecto Invernadero	6
2.2 Sombreado	7
2.3 Fertilización	8
2.3.1 Fertilización Nitrogenada	8
2.3.2 Fertilización Orgánica	8
2.3.3 Ph	9
2.4 El Cultivo de la Lechuga	9
2.4.1 Origen	9
2.4.2 Fotoperiodo de la Lechuga	10
2.4.3 Riego	10
2.4.4 Descripción Botánica	10

2.4.5	Taxonomía	11
2.4.6	Tipos y Cultivares de Lechuga Arrepollada	11
2.4.7	Valor Nutritivo	12
2.4.8	Plagas y Enfermedades	13
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1	Materiales	14
3.1.1	Ubicación y Localización	14
3.1.2	Características Agroecológicas	14
3.1.3	Material Experimental	14
3.1.3.1	Carpa Solar	14
3.1.3.2	Semisombreado	15
3.1.3.3	Material Vegetal	15
3.1.3.4	Fertilizante	15
3.1.3.5	Suelo	15
3.2	Metodología	16
3.2.1	Procedimiento Experimental	16
3.2.2	Distribución de los tratamientos	17
3.2.3	Dimensiones del experimento	18
3.2.4	Instalación y Manejo del Ensayo Experimental	18
3.2.4.1	Siembra Directa en Vasitos (almacigado)	18
3.2.4.2	Preparación del suelo en Carpa solar	18
3.2.4.3	Semisombreado	19
3.2.4.4	Trasplante	19
3.2.4.5	Fertilización	19
3.2.4.6	Riego	19
3.2.4.7	Deshierbe	19
3.2.4.8	Tratamientos Fitosanitarios	20
3.2.4.9	Cosecha	20
3.2.4.10	Temperatura y Humedad Relativa	20

3.2.5	Variables Agronómicas	21
3.2.5.1	Rendimiento en Materia Verde	21
3.2.5.2	Diámetro de Cuello o Base de Tallo	21
3.2.5.3	Peso Comercial por Planta	21
3.2.5.4	Diámetro Mayor y Menor de Cabeza	21
3.2.5.5	Rendimiento por Categorías de Comercialización	21
3.3	Análisis Económico Parcial	22
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	23
4.1	Variables Microclimáticas en Carpa Solar	23
4.1.1	Temperatura	23
4.1.2	Humedad Relativa	25
4.2	Variables Agronómicas	28
4.2.1	Rendimiento en Materia Verde	28
4.2.2	Diámetro de Cuello o Base de Tallo	31
4.2.3	Peso Comercial por Planta	35
4.2.4	Diámetro Mayor y Menor de Cabeza	39
4.2.5	Rendimiento por Categorías de Comercialización	43
4.3	Análisis Económico	46
5.	CONCLUSIONES	50
6.	RECOMENDACIONES	52
7.	BIBLIOGRAFÍA	54

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1.	Composición Nutritiva por 100 g	12
Cuadro 2.	Rendimiento en Materia Verde para Niveles de Semisombra por Niveles de Fertilización (kg/m ²)	28
Cuadro 3.	Análisis de Varianza para Rendimiento en Materia Verde	29
Cuadro 4.	Comparación de Medias según Prueba Duncan Rendimiento en Materia Verde (kg/m ²)	30
Cuadro 5.	Diámetro de Cuello o Base de Tallo para Niveles de Semisombra por Niveles de Fertilización (cm)	32
Cuadro 6.	Análisis de Varianza para Diámetro de Cuello o Base de Tallo	33
Cuadro 7.	Comparación de Medias según Prueba Duncan Diámetro de Cuello o Base de Tallo (cm)	34
Cuadro 8.	Peso Comercial por Planta para Niveles de Semisombra por Niveles de Fertilización (kg/m ²)	36
Cuadro 9.	Análisis de Varianza para Peso Comercial por Planta	37
Cuadro 10.	Comparación de Medias según Prueba Duncan Peso comercial por Planta (kg/m ²)	38
Cuadro 11.	Diámetro Mayor y Menor de Cabeza para Niveles de Semisombra por Niveles de Fertilización (cm)	40
Cuadro 12.	Análisis de Varianza para Diámetro Mayor y Menor de Cabeza	41
Cuadro 13.	Comparación de Medias según Prueba Duncan Diámetro Mayor y Menor de Cabeza (cm)	42
Cuadro 14.	Categorías de Comercialización	44
Cuadro 15.	Rendimiento por Categorías de Comercialización para Niveles de Semisombra por Niveles de Fertilización (kg/m ²)	45
Cuadro 16.	Rendimiento por Categorías de Comercialización (kg/m ²)	46
Cuadro 17.	Rendimiento Ajustado (kg/m ²)	4

	Pág.
Cuadro 18. Ingreso Bruto en Bs./m ²	47
Cuadro 19. Costos Variables en Bs./m ²	48
Cuadro 20. Margen Bruto en Bs./m ²	48
Cuadro 21. Beneficio-Costo	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Temperaturas Máximas durante los Meses de Septiembre, Octubre y Noviembre	23
FIGURA 2. Temperaturas Mínimas durante los Meses de Septiembre, Octubre y Noviembre	24
FIGURA 3. Humedad Relativa Máxima durante los Meses de Septiembre, Octubre y Noviembre	26
FIGURA 4. Humedad Relativa Mínima durante los Meses de Septiembre, Octubre y Noviembre	27
FIGURA 5. Rendimiento en Materia Verde para Niveles de Fertilización	31
FIGURA 6. Diámetro de Cuello o Base de Tallo para Niveles de Fertilización	35
FIGURA 7. Peso Comercial por Planta para Niveles de Fertilización	39
FIGURA 8. Diámetro Mayor y Menor de Cabeza para Niveles de Fertilización	43

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1. Mapa de ubicación
- ANEXO 2. Dibujos de carpa solar
- ANEXO 3. Croquis del ensayo bajo carpa solar
- ANEXO 4. Base de datos de Variables Agronómicas
- ANEXO 5. Base de datos de Variables Microclimáticas
Temperatura y Humedad Relativa
- ANEXO 6. Análisis Físico-Químico de Suelos
- ANEXO 7. Cálculo de cantidad de Fertilizante

RESUMEN

El presente estudio se realizó en las carpas solares que pertenecen al Hogar de Ancianos “San Ramón”, ubicado en el barrio de Achumani, zona sur, ciudad de La Paz - Bolivia.

El objetivo general fue: Determinar el efecto de semisombra en la lechuga arrepollada (*Lactuca sativa*) con tres niveles de fertilización bajo carpa solar, para ello se empleó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas, donde el factor A representó a dos niveles de semisombra (con y sin semisombra) y el factor B a tres niveles de fertilización (alto, medio, bajo), dando origen a 6 tratamientos con tres repeticiones, haciendo un total de 18 unidades experimentales.

El ensayo experimental se instaló procediendo primeramente al almácigado en vasitos y finalizado este tiempo se trasplantaron los plantines; seguidamente se colocaron las redes de polipropileno a una altura de 1.0 m en una parcela grande (S1) y se aplicó el primer 50% de fertilizante al cultivo. Paralelamente al desarrollo del cultivo se realizaron registro de temperaturas y humedad relativa.

La cosecha se realizó por bloques a los 80 días del trasplante, tomando el criterio de madurez fisiológica del cultivo, donde se realizó la evaluación cualitativa de la variedad, diámetro de cuello o base de tallo, peso comercial por planta, diámetro mayor y menor de cabeza y rendimiento por categorías de comercialización; para luego procesar la información a través de un análisis de varianza para las diferentes variables mencionadas.

Según los resultados obtenidos en términos de rendimiento (kg/m^2), se pueden observar diferencias entre tratamientos. Se vio que el T1 es el que obtuvo mejor rendimiento en materia verde con un promedio de $7.2 \text{ kg}/\text{m}^2$, seguidos de los tratamientos 2 y 4. El mayor diámetro de cuello o base de tallo lo registró el T1 con 2.1 cm seguido del T4 con 1.92 cm. En el peso comercial por planta el tratamiento que obtuvo el primer lugar fue el T1 que consistió en nivel de semisombra S1 y nivel de fertilización F1, seguido muy de cerca de los tratamientos 2 y 4. el mayor diámetro de cabeza lo alcanzó el T1 y el menor el T6 seguido del T3. Para el rendimiento por categorías de comercialización los tratamientos que sacaron mayor peso en cabezas y lograron la primera categoría fueron el 1 y 4.

A través del análisis efectuado, el tratamiento 4 representa la mejor opción de producción con un costo total de 3.9 Bs. con una relación B/C de 2.3 y el mayor costo total lo representa el tratamiento 1 con 7.6 Bs. con un B/C igual a 1.3.

De acuerdo a los resultados obtenidos se sugiere utilizar semisombra para la producción de lechuga bajo estos ambientes atemperados ya que el nivel S1 presentó plantas de mayor diámetro de cabeza y mayor peso comercial.

1. INTRODUCCIÓN

La carpa solar se constituye en un elemento importante y su empleo se enfoca a la producción de hortalizas principalmente, entre las que se encuentra la lechuga. Según Lorente (1997), la carpa solar además de proteger el cultivo contra las adversidades climáticas como el viento, lluvia, helada, sequía y granizo; da la posibilidad de obtener en la misma parcela de cultivo dos a tres cosechas al año.

Vigliola (1991), establece que el uso de invernáculos tiene como objetivos obtener una mejor producción cualitativa y cuantitativa anticipándose o atrasándose a la producción normal.

La aplicación de semisombra causa un efecto reductor de los rayos solares por lo cual favorecería a un buen desarrollo vegetativo de las hortalizas de hoja.

De la misma manera el fertilizante inorgánico aporta principalmente con los macronutrientes N, P y K, los cuales son asimilados por la planta.

La producción de hortalizas en las regiones del altiplano y valles altos, se constituye en un rubro que debe ser desarrollado por tener mucha importancia en la alimentación humana, en especial el cultivo de la lechuga arrepollada.

En la actualidad la producción de lechuga bajo carpa solar, se reduce a las variedades crespa y señorita, los cultivares de lechuga arrepollada

no presentan una producción frecuente, ello se debe principalmente a que en carpas solares se producen altas temperaturas que pueden llegar fácilmente a los 45 grados centígrados e inclusive superar dicha temperatura, lo cual provoca que las hojas de la planta se abran y no se produzca el arrepollamiento.

Si bien los suelos de los ambientes atemperados, presentan una cama orgánica rica, el objetivo de la fertilización nitrogenada, se debe a que el cultivo de la lechuga arrepollada requiere abundante nitrógeno y el sistema de producción intensiva, amerita una reposición constante de nutrientes. Por lo que una mayor fertilización mineral juega un papel importante en la producción agrícola, cuyo objetivo será acortar el ciclo vegetativo y disponer de forma inmediata los suficientes elementos nutritivos que permitan lograr una mayor producción a menor costo y en el menor tiempo posible.

Al no cultivarse la lechuga arrepollada en carpa solar, se pretende con este estudio a determinar su producción en este ambiente semicontrolado, factor que favorece al cultivo a una reducción en la llegada de los rayos solares al cultivo y así promover un descenso de la temperatura dentro la carpa solar ya que la lechuga necesita un golpe de frío para arrepollar adecuadamente, principalmente por el precio que representa que es superior en el mercado a la que se cultiva bajo cielo abierto, e inclusive muy por encima a la lechuga crespa que se produce en los dos medios, carpa solar y cielo abierto.

Ya que la mayoría de los estudios de fertilización se hicieron en lechuga crespa y habiendo pocas investigaciones para lechuga arrepollada, como segundo factor se evaluó la influencia de diferentes niveles de fertilización nitrogenada, los cuales serán un parámetro de evaluación sobre el nivel mas adecuado para dicho cultivo.

OBJETIVOS

El objetivo general del presente estudio es:

- Determinar el efecto de la semisombra en la lechuga arrepollada (*Lactuca sativa*) frente a la aplicación de tres niveles de fertilización nitrogenada en carpa solar.

Los objetivos específicos son:

- Evaluar el comportamiento de la lechuga arrepollada con y sin semisombra en carpa solar.
- Evaluar el rendimiento del cultivo de estudio en función de los niveles de fertilización.
- Evaluar las posibles interacciones entre factores.
- Realizar el análisis económico parcial del ensayo.

Hipótesis :

- El comportamiento de la lechuga con y sin semisombra bajo carpa solar es el mismo.
- El rendimiento del cultivo en función a los niveles de fertilización es el mismo.
- No existen las posibles interacciones entre factores.
- El análisis económico de tratamientos del cultivo no presenta diferencias.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARPA SOLAR

Hartmann (1990), indica que la carpa solar es una construcción mas sofisticada que la de otros ambientes atemperados. Su tamaño es mayor y permite la producción de cultivos más delicados. En el altiplano boliviano se han desarrollado diferentes tipos de carpas solares. Las más comunes son el “túnel”, “medio túnel”, “media agua” y “dos aguas”, y el que mejor resultado ha dado es la “media agua”. La construcción es sencilla, se utilizan adobes para los muros, madera o fierro de construcción para el armazón del techo y agofilm o calamina plástica para el techo.

Lorente (1997), define a la carpa solar como un recinto cerrado o delimitado por una estructura de madera o metal, recubierta por vidrio o plástico transparente, en cuyo interior se desarrolla un cultivo en condiciones controladas, y además de proteger el cultivo contra las adversidades climáticas como el viento, la lluvia, la helada y el granizo, hay un mejor control de las enfermedades y plagas que pueden desarrollarse en los cultivos y por otro lado la posibilidad de obtener en la misma parcela de cultivo 2 ó 3 cosechas al año.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE CARPAS SOLARES

Bernat et al (1987), menciona que un invernadero facilita el mantenimiento de parámetros físicos como la temperatura del aire y del suelo, humedad relativa, porcentaje de anhídrido carbónico en el ambiente, luminosidad; creando condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas que se cultiva en el interior o al menos en condiciones ventajosas respecto al exterior.

Serrano (1979), afirma que los factores que mayor incidencia tiene en la producción vegetal, pueden ser protegidos y aumentados dentro de las instalaciones de protección a los cultivos, entre estos factores se mencionan a la luminosidad, temperatura, anhídrido carbónico, humedad y oxígeno.

Hartmann (1990), comenta que el intercambio de aire entre el interior de un ambiente atemperado y la atmósfera exterior es fundamental para incorporar anhídrido carbónico, controlar la temperatura, la humedad relativa y mezclar el aire.

2.1.2 ORIENTACIÓN

Hartmann (1990), señala que la lámina de protección transparente 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.

Bernat et al (1987), establecen que la carpa solar debe presentar la máxima sección eficaz a la radiación solar, para lo que debe orientarse con un eje mayor en la dirección de los vientos dominantes que deberemos comprobar si coinciden en nuestra zona, en cuyo caso tendremos la ventaja de presentar la mínima sección eficaz al viento, debiendo evitar la colocación de puertas y ventanas en esa dirección y en caso de no ser posible sería conveniente disponer un contraviento protegiendo las puertas.

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

2.1.3 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS EN CARPAS SOLARES

Díaz (1998), menciona que una carpa solar facilita el mantenimiento de ciertos parámetros físicos como la luminosidad, temperatura, humedad relativa y ventilación; los cuales proporcionan condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas que cultivamos en el interior de la carpa. Estos parámetros físicos juegan un papel importante y no son independientes entre sí, en cuanto intervenimos una de estas variables las otras pueden verse afectadas.

García (1996), establece que las condiciones esenciales para lograr un buen ambiente atemperado para cultivos, que de hecho son las mismas para agricultura normalmente están determinadas por ciertos rangos de valores de cuatro variables fundamentales que son luz, temperatura, humedad y ventilación.

Bernat et al (1987), indican que el procedimiento de renovar el aire del recinto por medio de la ventilación de la carpa solar, tiene por objetivo actuar simultáneamente sobre la temperatura, la humedad relativa y el oxígeno que existe dentro.

2.1.4 EFECTO INVERNADERO

Lorente (1997), menciona que los diferentes films tienen un efecto invernadero donde actúan los diferentes parámetros físicos como la luz, temperatura, humedad relativa y ventilación.

Serrano (1979), afirma que cuando las radiaciones solares son absorbidas por los cuerpos existentes en la Tierra, estos se calientan, transformándose aquellas radiaciones electromagnéticas en energía calorífica. Desde este momento esta energía calorífica se conduce en la

atmósfera y en los cuerpos existentes en la superficie terrestre por medio de varios fenómenos físicos, tales como: radiación, conducción, convección y reflexión; en este caso estas radiaciones que emite la tierra son en forma de longitud de onda larga. Esta situación, sino fuera por el vapor de agua de la atmósfera, el calor irradiado por la tierra se perdería en el firmamento, ya que ese vapor de agua absorbe un 85% de las radiaciones de longitud de onda larga que emite la tierra; en cambio, solamente absorbe un 14% de las radiaciones de onda corta que envía el sol.

2.2 SOMBREADO

Lorente (1997), señala que el objetivo principal del sombreado es reducir la radiación solar que llega al invernadero y, con ello, provocar un descenso de la temperatura en el interior, además de ser el sistema más utilizado por ser muy fácil y sencillo de aplicar, aunque no permite grandes bajas en la temperatura.

Serrano (1979), menciona que el control de la luminosidad dentro de un invernadero puede hacerse con el empleo de sombreadores tales como mallas de color.

Fersini (1976), afirma que en el caso de la intensidad de la luz, para hacerla adecuada al fotoperiodismo de las especies cultivadas, sea con el uso de materiales lúcidos y traslúcidos, idóneo por el pasaje, la reflexión y absorción de particulares radiaciones luminosas, sea con el uso de coberturas y tintas de colores aptas para sombrear.

2.3 FERTILIZACIÓN

2.3.1 FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Chilón (1997), establece que la aplicación debe realizarse antes de los periodos de máximo desarrollo de la planta, en función de su crecimiento, de forma fraccionada a lo largo del cultivo, ya que solo así se conseguiría un máximo aprovechamiento.

Valadez (1996), comenta que de acuerdo al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), recomienda para el cultivo de la lechuga una dosis de (120-120-0) aplicando la mitad del nitrógeno al momento del transplante y la otra mitad a las cuatro semanas.

FAO (1990), menciona que de acuerdo a investigaciones se indica que la lechuga absorbe 70% de sus nutrimentos durante el último 30% de su ciclo y el 80% de nitrógeno en las cuatro semanas anteriores a la cosecha (Gardner y Pew, 1971; citado por FAO 1990).

Domínguez (1989), establece que las dosis elevadas de nitrógeno se fraccionarán lo más posible hasta la iniciación del arpeollado al efecto de obtener la máxima eficiencia del fertilizante.

2.3.2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Antill (1986), indica que se debe aplicar 20 a 30 ton/ha de estiércol de animales para el cultivo de la lechuga y que se tiene que aplicar con anticipación (varias semanas antes), por que el cultivo no tolera la materia orgánica poco descompuesta o unificada.

2.3.3 PH

Maroto (1995), afirma que en la fertilización de la lechuga hay que considerar el valor del pH, pues es sensible a la acidez del suelo, respondiendo a la misma con rendimientos más bajos, y en tales casos debe aportarse alguna enmienda cálcica.

2.4 EL CULTIVO DE LECHUGA

2.4.1 ORIGEN

Mallar (1978), señala que la lechuga (*Lactuca sativa*), es originaria de las costas del sur y sureste 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 para forraje; en pinturas encontradas en tumbas egipcias aparecen plantas que semejan lechugas romanas o tipo Cos con hojas rústicas alargadas, de color verde oscuro con los bordes redondeados y terminadas en punta.

Gudiel(1987), menciona que la lechuga es una planta originaria de Europa y Asia, siendo una de las plantas hortícolas más 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 el cultivo ocupa el tercer lugar dentro las hortalizas cultivadas después de la papa y el tomate.

2.4.2 FOTOPERIODO DE LA LECHUGA

Cásseres (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 en su sistema vascular.

Serrano (1979), señala que la lechuga es un cultivo que soporta peor las temperaturas elevadas que la relativamente bajas. Como temperatura máxima se considera 30°C y como mínima 6°C, aunque las plantas pueden vivir por debajo de algunos grados bajo cero. Es un cultivo que no requiere temperaturas excesivas; la humedad ambiental excesiva favorece el desarrollo de enfermedades, que es el mayor problema de este cultivo cuando se hace en invernadero.

2.3.4 RIEGO

Maroto (1995), menciona que una vez que se ha realizado el trasplante, resulta de gran importancia el primer riego o riego de plantación y a los 6 y 8 días se dé el segundo riego. De estos primeros riegos dependerá fundamentalmente el porcentaje de marras.

2.4.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Serrano (1979), menciona que la lechuga pertenece a la familia de las compuestas y su nombre botánico es *Lactuca sativa*. Es planta anual, su raíz es pivotante y muy corta, las hojas con bordes rizados, redondeadas de color verde amarillento que puede tener una pigmentación mas fuerte en los bordes, de textura crujiente y sus flores son autógamias.

Amoros (1984), indica que esta planta es autógama anual (ciclo de cultivo entre 55 y 80 días), posee raíz pivotante con numerosas raíces laterales y que se desarrollan en la capa superficial del suelo (en los 30 cm, la mayor parte), tallo muy corto (es una planta casi acaule) hojas lampiñas dispuestas en roseta que varían en color, forma, textura y tamaño según la variedad; tallo floral que se forma pasada la madurez comercial, mide 1 a 1.2 m; los capítulos de 15 a 20 flores de color amarillo reunido en panojas o corimbos.

2.4.4 TAXONOMÍA

Orden	: Asterales
Familia	: Asteraceae
Género	: Lactuca
Especie	: Lactuca sativa
Variedad	: Salinas
Nombre común	: Lechuga arrepollada

Fuente : Gudiel (1987)

2.4.5 TIPOS Y CULTIVARES DE LECHUGA ARREPOLLADA

Cásseres (1984), comenta que en el tipo de lechuga de cabeza hay dos clases: De “cabeza firme”, de superficie un tanto tosca, color verde intenso con hojas grandes completamente envolventes, cuyo cultivar representativo es Great Lakes. Asimismo hay de “cabeza suave”, cuyas hojas no son completamente envolventes, de superficie muy lisa y el cultivar representativo es White Boston.

Serrano (1979), indica que las variedades de lechuga “acogollada” se dividen en Batavias de hoja consistente de color verde, y crasas de hoja blanda mantecosa de color verde claro.

2.4.6 VALOR NUTRITIVO

Vigliola (1991), afirma que de la lechuga se consumen las hojas crudas en distintos tipos de ensaladas y es una planta de reconocido valor alimenticio por su riqueza en vitaminas, existiendo diferencias entre las distintas variedades.

Mortensen (1986), menciona que la importancia nutricional del cultivo radica principalmente en su contenido de hierro, que es 1.1 a 1.5 miligramos por cada 100 gr de lechuga fresca.

Cuadro 1 Composición nutritiva por 100 g de producto comestible

Prótidos	0,8 - 1, 6 g
Lípidos	0,1 - 0,2 g
Glúcidos	1,2 - 2,1 g
Vit A	300 - 2600 UI
Vit B1	0,07- 0,1 mg
Vit B2	0,03- 0,1 mg
Vit B5	0,3 - 0,5 mg
Vit C	5 - 24 mg
Calcio	13 - 36 mg
Hierro	1,1 - 1,5 mg
Magnesio	6 - 16 mg
Fósforo	25 - 45 mg
Potasio	100 - 400 mg
Sodio	5 - 10 mg

Fuente : Lorente (1997)

2.4.7 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Tiscornia (1983), menciona que en el cultivo de la lechuga se presentan las siguientes plagas:

- a) El pulgón de las raíces que ataca al cuello de las plantas en los periodos de sequía.
- b) Gusano blanco que devoran el cuello de la raíz de la planta, la que se marchita súbitamente.

También menciona que se presentan las siguientes enfermedades:

- a) Marchitamiento; aparece cuando las plantas cursan la mitad o más de su desarrollo.
- b) Quemadura del borde de las hojas; enfermedad no parasitaria que aparece cuando hay la presencia de temperaturas elevadas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

El lugar del experimento se encuentra situado en el Hogar San Ramón del barrio de Achumani de la zona Sur, ciudad de La Paz.

Geográficamente se localiza entre los paralelos 16° 29' latitud sur y 68° 08' de longitud oeste.

3.1.2 CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS

El lugar del ensayo se halla a una altitud de 3360 m.s.n.m., con una temperatura comprendida entre 12 y 18 grados centígrados, una precipitación anual promedio de 521.8 mm y una humedad relativa del 50%; presenta una fisiografía con paisaje escarpado y ondulado compuesto de sedimentos antiguos y endurecidos. Se observan cerros que conforman elevaciones altas, con una topografía accidentada a cuyas depresiones forman pequeños valles. (Cuenca Achumani)

3.1.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

3.1.3.1 CARPA SOLAR

La carpa solar que es parte de la infraestructura del experimento, es del tipo “ dos aguas”, su orientación es Nor-oeste y cuenta con un área de 292,5 m². El área experimental tiene 48,60 m². El ambiente controlado está construido basándose en zapatas para sostener los pilares, las paredes que son de ladrillo tienen en su base un cimiento y un sobrecimiento, y el techo es de calamina plástica.

3.1.3.2 SEMISOMBREADO

Dentro de la carpa solar se procedió al semisombreado utilizando para ello 18 postes de madera colocados a distancias equivalentes en la parcela S1 con la red de polipropileno de color negro que deja pasar el 90% de radiación solar y tiene un poder de dispersión del 80%.

3.1.3.3 MATERIAL VEGETAL

Se utilizó 1/2 onza de semillas de la variedad Salinas, de procedencia Cochabamba, la cual presenta hojas de color verde oscuro, redondeadas y onduladas en sus bordes; tiene resistencia a las temperaturas bajas y capacidad de arrepollado.

3.1.3.4 FERTILIZANTE

Se empleó Urea 46% como fuente nitrogenada en dosis de 72.5 kg/ha (F1), 58.0 kg/ha (F2) y 43.5 kg/ha (F3) .

3.1.3.5 SUELO

El suelo presenta una textura franco arcillosa. Contiene muchas reservas de materia orgánica, los altos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio nos indica que se favorecerá a un buen crecimiento, buena fotosíntesis y desarrollo radicular. La capacidad de intercambio catiónico es alta debido al tipo de arcilla y materia orgánica presentes. La saturación de bases es alta lo que significa que el suelo es apto para realizar una agricultura intensa. De acuerdo a su conductividad eléctrica el suelo no presenta problemas de salinidad y su pH se considera de acidez baja.

3.2 METODOLOGÍA

El método que se utilizó en el presente trabajo de investigación, consistió en evaluar la respuesta de la variedad de lechuga arrepollada Salinas a la aplicación de tres niveles de fertilización nitrogenada en un sistema con semisombra y sin semisombra bajo un techo de calamina plástica de la carpa solar.

3.2.1 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El presente experimento dentro la carpa solar fue ejecutado bajo un diseño de bloques completamente al azar utilizando parcelas divididas, con seis tratamientos producto de la interacción de dos factores y tres repeticiones. (Calzada, 1982) donde:

Factor A:	Con y sin semisombra
Factor B:	Niveles de fertilización

(Ver pagina siguiente)

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + B_k + S_i + E_{sik} + F_j + (S \times F)_{ij} + E_{fijk}$$

donde:

- Y_{ijk} = Observación cualquiera
 μ = Media general
 B_k = Efecto del k-ésimo bloque
 S_i = Efecto de la i-ésima semisombra
 E_{sik} = Error en "s"
 F_j = Efecto del j-ésimo nivel de fertilización
 $(S \times F)_{ij}$ = Interacción semisombra por nivel de fertilización
 E_{fijk} = Error en "f"

Factores de estudio:

Factor A Niveles de Semisombra
 S1 = Con semisombra
 S2 = Sin semisombra

Factor B Niveles de Fertilización
 F1 = Alto 72,5 kg/ha
 F2 = Medio 58,0 kg/ha
 F3 = Bajo 43,5 kg/ha

(Mayor detalle en anexo 7)

3.2.2 DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS

Tratamientos	Niveles de Semisombra	Niveles de Fertilización
Tratamiento 1	Con semisombra	Nivel alto
Tratamiento 2	Con semisombra	Nivel medio
Tratamiento 3	Con semisombra	Nivel bajo
Tratamiento 4	Sin semisombra	Nivel alto
Tratamiento 5	Sin semisombra	Nivel medio
Tratamiento 6	Sin semisombra	Nivel bajo

3.2.3 DIMENSIONES DEL EXPERIMENTO

1 Unidad experimental	2.70 m ²
18 Unidades experimentales	48.60 m ²
1 Parcela con semisombra	24.30 m ²
1 Parcela sin semisombra	24.30 m ²
Distancia entre surcos	0.30 m
Distancia entre plantas	0.30 m
Número de plantas por parcela	270
Número de plantas por subparcela	30
Número de plantas por surco	5
Número de plantas por m ²	11

3.2.4 INSTALACIÓN Y MANEJO DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

3.2.4.1 SIEMBRA DIRECTA EN VASITOS (Almacigado)

Se puso 2 semillas en cada vasito de plástico que contenía el sustrato proveniente de la carpa solar. Estos vasitos que tienen un volumen de 55.63 cm³ se colocaron dentro el mismo ambiente en una cantidad de 540.

3.2.4.2 PREPARACIÓN DEL SUELO EN CARPA SOLAR

La preparación en carpa solar se realizó una semana antes del trasplante y consistió en una remoción profunda del suelo, para hacer que el mismo sea homogéneo, esponjoso y fértil.

3.2.4.3 SEMISOMBREADO

Se colocó redes de polipropileno de color negro en la parcela principal a una altura de 1.0 m que tuvo una extensión de 30 m². Se colocaron postes de madera a los cuales se sujetaron las redes.

3.2.4.4 TRASPLANTE

Los plantines de lechuga que estaban en los vasitos y que presentaron 3 a 4 hojas fueron trasplantados a las unidades experimentales con una distancia de 0.30 x 0.30 m en el sistema de plantación marco real.

3.2.4.5 FERTILIZACIÓN

La Urea 46% N, se aplicó en dos fracciones: un 50% en el momento del trasplante en sus tres niveles: Alto (72.5 kg/ha), Medio (58.0 kg/ha) y bajo (43.5 kg/ha) y el restante 50 días después, en sus tres niveles. La fertilización fue localizada es decir por planta. (Mayor detalle en anexo 7)

3.2.4.6 RIEGO

Se realizó con regadera en los vasitos y en las unidades experimentales en el momento de la aplicación del fertilizante; después de unos días se aplicó riego por surcos en las unidades experimentales con una manguera día por medio hasta que el suelo entró en capacidad de campo.

3.2.4.7 DESHIERBE

Se lo efectuó una vez a la semana en los vasitos hasta el momento del trasplante, así como en las unidades experimentales; también se realizó

2 a 3 escardas juntamente con un aporque sin camellón, para evitar que el suelo se compacte durante todo el ciclo vegetativo de la lechuga.

3.2.4.8 TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS

Se efectuaron 3 aspersiones preventivas cada 21 días, 1 en almácigo y 2 en lugar definitivo con los siguientes productos químicos: Insecticida (Dimetoato) en una dosis de 2 cc/lit y un fungicida (Oxicloruro de Cu) 3 g/lit.

3.2.4.9 COSECHA

Se efectuó en un período estimado de 80 días, cuando las cabezas presentaron ciertos estándares de comercialización como ser el tamaño, el color, la turgencia y la caída de la firmeza en la cabeza.

3.2.4.10 TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Las temperaturas durante el experimento se tomaron mediante un termómetro de máximas y mínimas, a partir del 3 de septiembre hasta el 30 de noviembre de 2001.

Asimismo se registró la humedad relativa con un hidrógrafo que mide en una escala de 0 a 100, durante los meses de septiembre, octubre y noviembre

3.2.5 VARIABLES DE RESPUESTA

Se efectuaron al momento de la cosecha las siguientes lecturas.

3.2.5.1 RENDIMIENTO EN MATERIA VERDE

Para lo cual se pesaron las plantas cosechadas por separado y se las expresó en kg/m².

3.2.5.2 DIÁMETRO DE CUELLO O BASE DE TALLO

Se midieron con un vernier graduado en centímetros.

3.2.5.3 PESO COMERCIAL POR PLANTA

Se evaluó pesando la parte verde de la planta, es decir la cabeza, eliminando las hojas amarillentas y cortando parte del tallo.

3.2.5.4 DIÁMETRO MAYOR Y MENOR DE CABEZA

Se realizó la medición con un vernier graduado en centímetros.

3.2.5.5 RENDIMIENTO POR CATEGORÍAS DE COMERCIALIZACIÓN

Previo al pesaje, se separó el total de plantas cosechadas de cada parcela, luego se procedió a pesar las cabezas y posteriormente categorizarlas en primera, segunda y tercera calidad.

Es importante hacer notar que los precios y parámetros de calidad en las lechugas fueron tomados de acuerdo a cotizaciones en el mercado y experiencias propias, ya que no existen normas de precio y/o calidad establecidos, especialmente en este cultivo.

3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO PARCIAL

Para conocer la rentabilidad del cultivo, se efectuó un análisis económico parcial (Perrin et al, 1982) organizando los datos experimentales del rendimiento individual de los tratamientos e identificar aquellos que más beneficios puedan brindar a los agricultores, para realizar las recomendaciones mas adecuadas combinando los aspectos agronómicos y económicos más favorables de la investigación. Este análisis estuvo basado en costos, productos, venta, ingreso y utilidades.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS EN CARPA SOLAR

4.1.1 TEMPERATURA

A continuación presentamos las fluctuaciones de temperatura que se registraron durante los meses de septiembre, octubre y noviembre que duró el experimento.

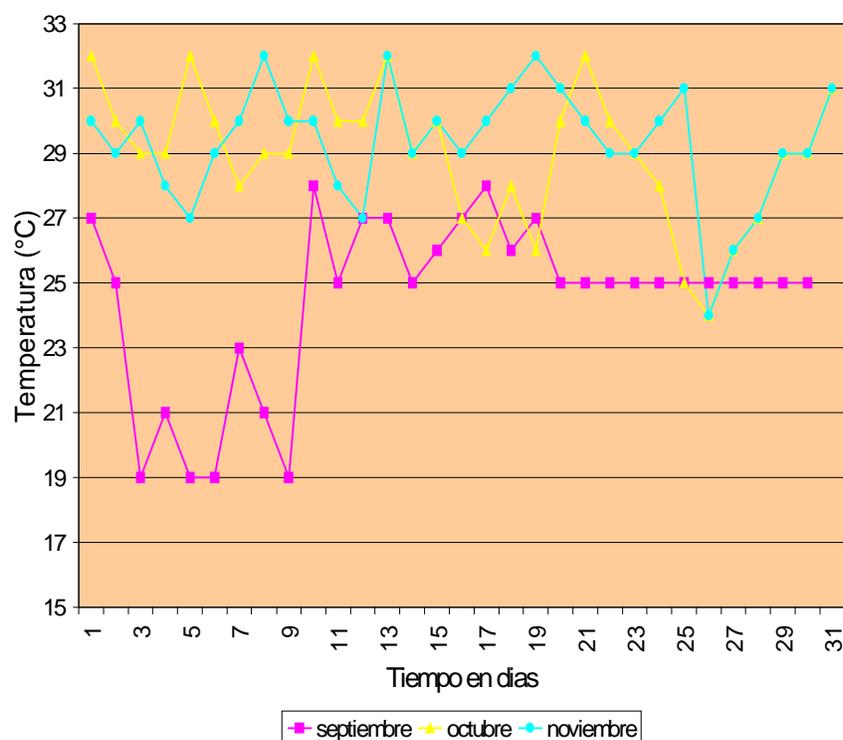


Fig.1 Temperaturas Máximas durante los meses de Septiembre Octubre y Noviembre

Como se puede observar en la figura 2 existió variación de temperaturas en el transcurso del experimento de 28 a 30 grados centígrados las máximas y de 9 a 12 grados centígrados las mínimas como se observa en la siguiente figura.

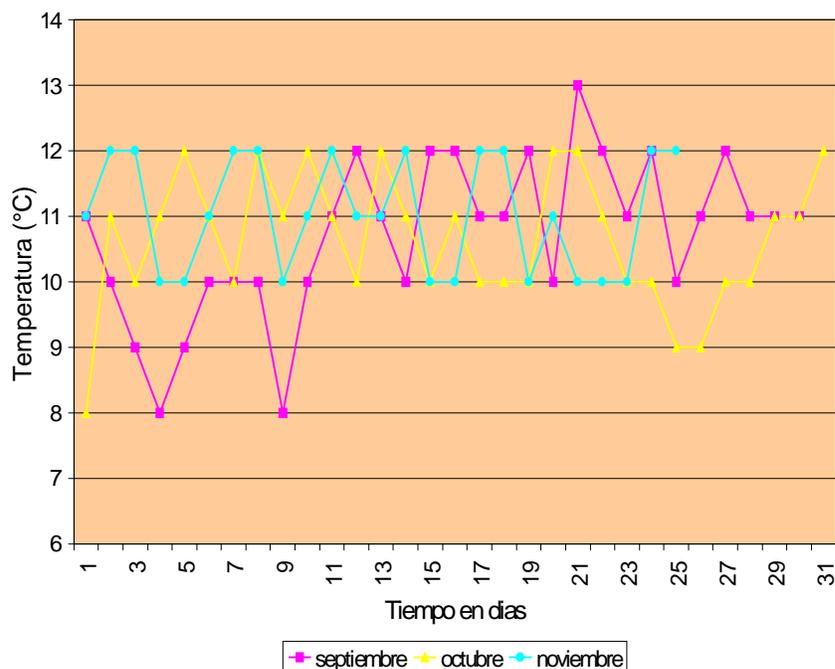


Fig.2 Temperaturas Mínimas durante los meses de Septiembre Octubre y Noviembre

Las temperaturas máximas y mínimas son corroboradas por los resultados obtenidos por García (1996) quien registró temperaturas máximas de 35 grados centígrados y temperaturas mínimas de 5 grados centígrados.

Se puede observar que los días de noviembre fueron los de mayor temperatura en la mañana y en la tarde con un promedio de 22 grados centígrados y los meses de septiembre y octubre los de menor temperatura con un promedio de 15 grados centígrados.

Estos valores de temperatura registrados indican condiciones adecuadas para este cultivo en cuanto a las temperaturas máximas, con ligera influencia de las temperaturas mínimas que sin embargo no llegan a 0 grados centígrados al contar con la protección de la carpa solar.

El comportamiento de las temperaturas durante el día y la noche son variables, tanto en incremento de calor, como en pérdida del mismo, marcando valores bastante separados, ya que el ambiente atemperado no es herméticamente cerrado, por que presenta gran parte de las paredes hechas de ladrillo y otra parte mucha mayor de calamina plástica.

Las fluctuaciones de temperatura durante el desarrollo desde él almacigo hasta la cosecha pudo influir en el cultivo, el mismo que se acostumbró a estos cambios, ya que el producto final obtenido se presentaba de buena calidad.

4.1.2 HUMEDAD RELATIVA

En la figura 3 se puede apreciar el registro de la humedad relativa máxima dentro la carpa solar durante todo el experimento.

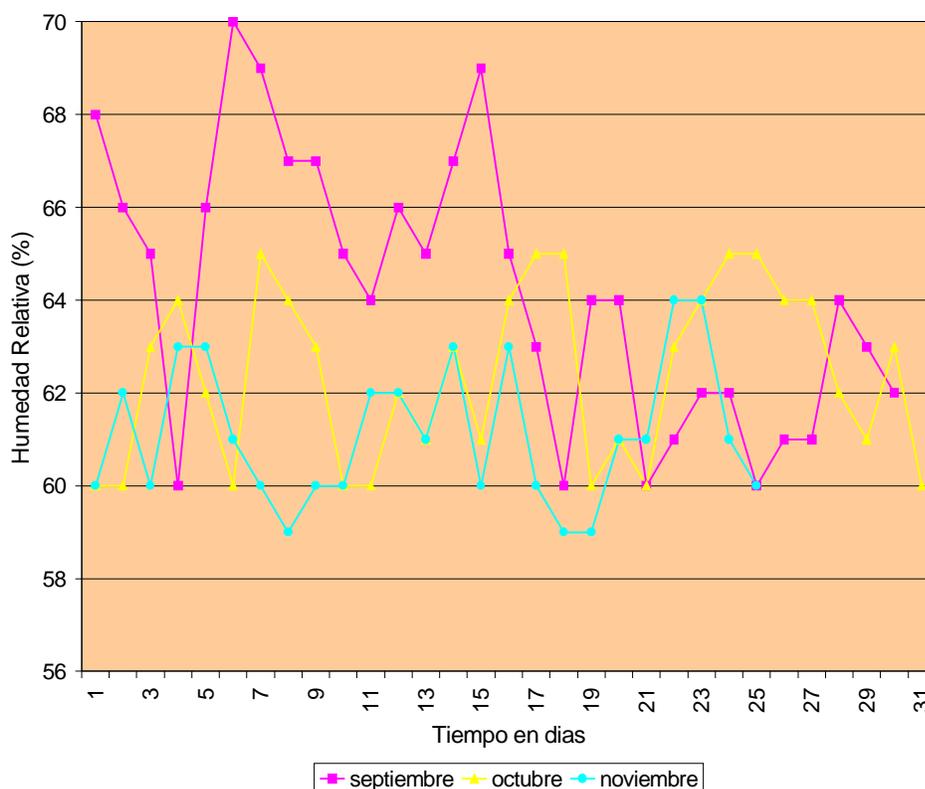


Fig.3 Humedad Relativa Máxima durante los meses de Septiembre Octubre y Noviembre

El promedio periódico desde las 8 de la mañana hasta las 6 de la tarde es del 60 por ciento, observándose la fluctuación muy variada durante las horas del día y la noche cuando las ventanas de ventilación están cerradas teniendo un promedio de 75 por ciento, y cuando las ventanas están abiertas la humedad baja aun promedio de 38 por ciento.

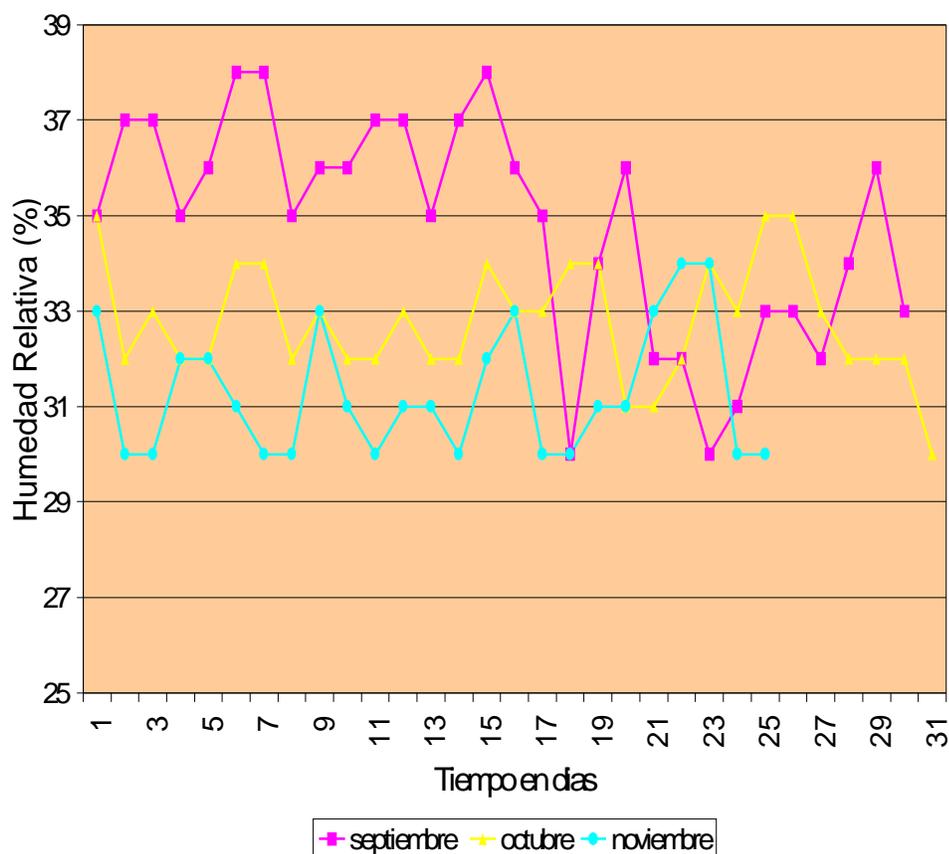


Fig.4 Humedad Relativa Mínima durante los meses de Septiembre Octubre y Noviembre

Los valores obtenidos en el presente estudio son corroborados por Barrientos (1999) que obtuvo como valor máximo de 74% y como valor mínimo 41% como se observa en la figura 4.

Con relación al cultivo, la humedad relativa dentro la carpa solar no influyó en su desarrollo normal ya que no se presentaron síntomas de marchitamiento por falta de humedad y fue muy poca la presencia de enfermedades fungosas por la alta concentración de humedad. Los pocos daños que se presentaron fueron en hojas basales y algunos tallos, dichos daños no incidieron en el cultivo ya que la presencia fue mínima.

4.2 VARIABLES AGRONÓMICAS

4.2.1 RENDIMIENTO EN MATERIA VERDE

El rendimiento en materia verde para cada tratamiento se muestra en el cuadro 2 y se presenta con el objeto de conocer el efecto de los niveles de semisombra y fertilización sobre el peso de la planta en total. Se registró el peso promedio (kg/m^2) de las cabezas en cada nivel de semisombra y en cada subtratamiento o microparcela lográndose detectar diferencias en los parámetros medidos.

CUADRO 2. RENDIMIENTO EN MATERIA VERDE PARA NIVELES DE SEMISOMBRA POR NIVELES DE FERTILIZACIÓN (kg/m^2)

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO
1	S1 F1	7.3
2	S1 F2	7.1
3	S1 F3	6.4
4	S2 F1	7.0
5	S2 F2	6.5
6	S2 F3	5.7

En este cuadro se puede percibir que los tratamientos que utilizaron niveles de fertilización baja (F3) tienen rendimientos bajos en comparación con los tratamientos 1 y 4 en los que se aplicó niveles de fertilización alta. Es evidente que la diferencia que se obtuvo en el rendimiento de los tratamientos 1 y 4 con 7.3 y 7.0 kg/m^2 respectivamente siendo que ambos recibieron la cantidad de fertilizante pero en diferentes niveles de semisombra.

Centellas (1999), en su experiencia con lechuga arrepollada obtuvo un promedio de 3.2 kg/m^2 trabajando con abonos orgánicos.

Por otra parte Cruz (2003) en su estudio realizado con lechuga arrepollada en diferentes sistemas de producción logró un promedio de 5.42 kg/m².

CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO EN MATERIA VERDE

FV	GL	SC	CM	F	Ft
BLOQUES	2	0.031128	0.015564	0.1347 ns	19.0
SEMISOMBRA	1	0.075623	0.075623	9.3096 ns	18.51
ERROR S	2	0.231079	0.115540		
FERTILIZACION	2	3.741211	1.870605	12.7058 *	4.46
INTERACCIÓN SxF	2	0.147664	0.073822	0.5014 ns	4.46
ERROR F	8	1.177795	0.147224		
Total	17	6.404480			

C.V. = 5.77 %

Observando el análisis de varianza (cuadro 3), se infiere que entre las macroparcelsas o niveles de semisombra no existen diferencias significativas al 5%; así también en la interacción niveles de semisombra por niveles de fertilización, interpretándose que ambos factores actuaron independientemente.

De acuerdo al análisis de varianza obtenido se infiere que la semisombra no tiene influencia en el desarrollo fenológico y por ende en el rendimiento.

Por el contrario entre las microparcelsas (niveles de fertilización), claramente se observa que existen diferencias significativas, donde se puede deducir que los diferentes niveles tienen influencia para la

variable de respuesta tal como se indica en la comparación de medias siguiente.

**CUADRO 4. COMPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN PRUEBA DUNCAN
RENDIMIENTO EN MATERIA VERDE (kg/m²)**

Factor B	Fertilizante	Media	Duncan 5%
F1	Alto	7.15	A
F2	Medio	6.77	A
F3	Bajo	6.05	B

La comparación de promedios para la variable rendimiento para los niveles de fertilización reporta que la diferencia de peso en materia verde es significativa estadísticamente cuyos promedios son: F1= 7.15, F2= 6.77 y F3= 6.05. Por lo que podemos inferir que la aplicación de un nivel alto de fertilización (72.5 kg/ha) al cultivo, es significativamente igual al realizarlo con un nivel medio y ambos son significativamente diferentes con relación al nivel bajo de fertilización.

De acuerdo a esta comparación podemos especular que la fertilización nitrogenada es directamente proporcional al peso de la planta en el que el elemento nitrógeno tiene que ver con la formación de tejido verde o crecimiento del follaje, por lo que sí nos excedemos en la dosificación del fertilizante no podremos observar un buen desarrollo de la planta, tal como lo afirma Serrano (1979) que este cultivo en invernadero puede tener inconvenientes con las aportaciones de abono que se hagan, pues el exceso de concentración de sales que suelen tener los suelos de invernadero se une la sensibilidad de esta planta para los excesos de abono, principalmente nitrogenado que pueden dar lugar a que el cogollo quede flojo, los bordes de las hojas se necrosen y la calidad de las hojas sea mas basta.

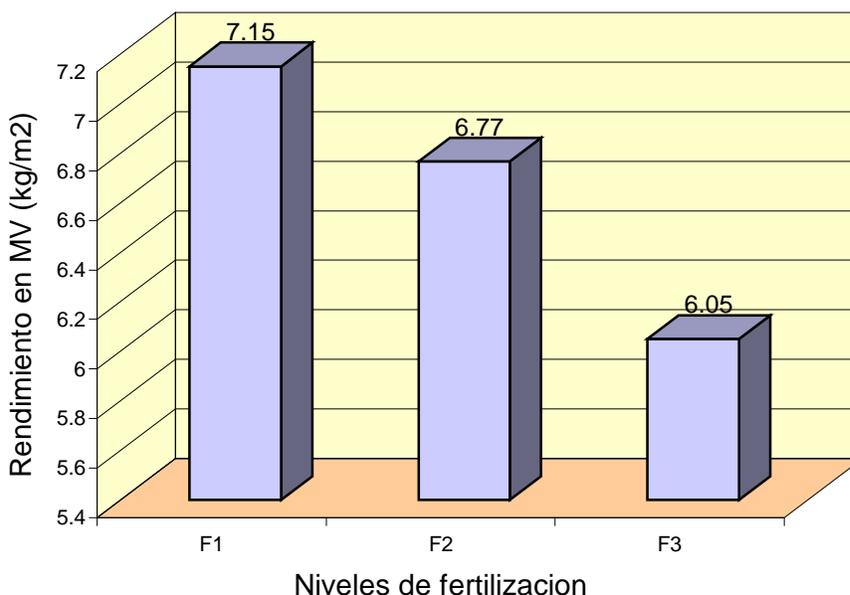


Fig.5 Rendimiento en materia verde para niveles de fertilización

4.2.2 DIÁMETRO DE CUELLO O BASE DE TALLO

El cuadro 5 nos muestra los resultados del diámetro de cuello o base de tallo para cada uno de los tratamientos, encontrándose que el mayor diámetro de cuello fue para el tratamiento S1F1 con 2.10 cm seguido muy de cerca por el tratamiento S2F1 con 1.92 cm observándose que existe una similitud en los resultados.

De acuerdo al orden de mérito los tratamientos con menor diámetro de cuello o base de tallo son el 5 y el 6 con 1.66 y 1.65 cm respectivamente.

CUADRO 5. DIÁMETRO DE CUELLO O BASE DE TALLO PARA NIVELES DE SEMISOMBRA POR NIVELES DE FERTILIZACIÓN (cm)

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO
1	S1 F1	2.10
2	S1 F2	1.71
3	S1 F3	1.70
4	S2 F1	1.92
5	S2 F2	1.66
6	S2 F3	1.65

Para los tratamientos que están bajo semisombra el que destaca es el tratamiento 1, esto se debe a que las plantas de este tratamiento recibieron fertilizante en mayor cantidad que los tratamientos 2 y 3. Así también se observa que el tratamiento 4 es superior dentro los tratamientos que están sin semisombra pero como en el anterior caso este grupo de plantas que pertenecen a este tratamiento recibieron mayor cantidad de urea que los demás.

También podemos mencionar que las plantas del tratamiento 1, aparte de recibir mayor cantidad de fertilizante pudieron haber sido influenciados por ciertos factores como la temperatura, fertilidad del suelo. El mismo caso se presenta para el grupo de plantas que pertenecen a la parcela que no tienen semisombra.

Al respecto Cruz (2003) en su estudio con lechuga arrepollada en diferentes sistemas de producción logró obtener un diámetro de cuello o base de tallo de 1.94 cm. En el cuadro anterior se puede apreciar los promedios obtenidos para esta variable los cuales son menores con relación a lo obtenido por Cruz (2003).

CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL DIÁMETRO DE CUELLO O BASE DE TALLO

FV	GL	SC	CM	F	Ft
BLOQUES	2	0.009026	0.004513	1.7513 ns	19.0
SEMISOMBRA	1	0.032936	0.032936	12.7816 ns	18.51
ERROR S	2	0.005154	0.002577		
FERTILIZACIÓN	2	0.391029	0.195515	20.6094 *	4.46
INTERACCIÓN SxF	2	0.008411	0.004206	0.4433 ns	4.46
ERROR F	8	0.075893	0.009487		
TOTAL	17	0.522449			

C.V. = 5.46 %

Por otra parte el cuadro 6, nos indica una alta significancia para la fuente de variación fertilización, es decir que existen diferencias muy marcadas entre los niveles de fertilización para la variable como se puede apreciar. Cabe mencionar también que el coeficiente de variación es de 5.46% lo cual nos demuestra que existe confiabilidad en los datos obtenidos.

Como se observa en el cuadro 6, el factor semisombra no presenta significancia, esto nos hace suponer que la semisombra no tuvo influencia en el diámetro de cuello y que actuaron otros factores como ser la temperatura, humedad relativa, fertilidad del suelo.

Asimismo para el factor fertilización se advierte que existen diferencias entre tratamientos, es decir que los diferentes niveles de fertilización tuvieron su influencia en esta variable, aunque no tan marcada como se podrá apreciar en la siguiente comparación de medias para los niveles F2 y F3.

**CUADRO 7. COMPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN PRUEBA DUNCAN PARA
DIÁMETRO DE CUELLO O BASE DE TALLO (cm)**

Factor B	Fertilizante	Media	Duncan 5%
F1	Alto	1.99	A
F2	Medio	1.69	B
F3	Bajo	1.68	B

La comparación de medias en esta variable para los niveles de fertilización, nos expresa, que la diferencia entre el nivel alto es estadísticamente significativa con respecto a los niveles medio y bajo tal como se observa en el cuadro anterior; esto nos refiere que la planta al disponer de una buena cantidad de fertilizante nitrogenado se traduce en un crecimiento del tallo, tal como lo menciona Rodríguez (1982) que cuando hay suficiente cantidad de nitrógeno se provoca entre los efectos, el de un aumento de volumen en el diámetro de tallo, que se traduce en una mayor resistencia del peso en la lechuga.

Por otro lado para el factor B se insinuará que al incluir una mayor cantidad de fuente nitrogenada al cultivo y esta al ser depositada en el suelo húmedo, es absorbido con mayor fluidez por las partículas sólidas hacia el interior del suelo y conducido alrededor del sistema radicular asimilando este elemento dando a su vez mayor desarrollo a la base del tallo.

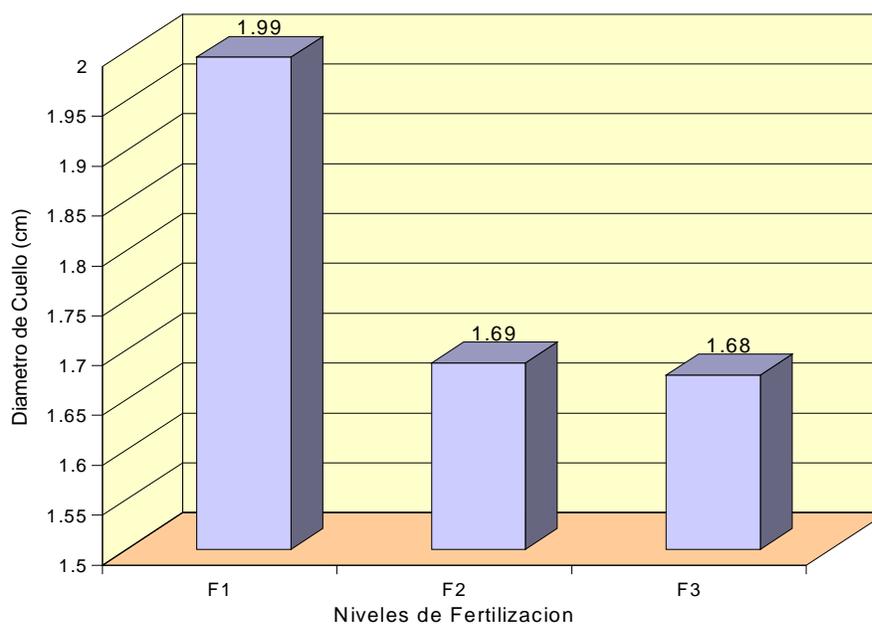


Fig.6 Diámetro de cuello o base de tallo para niveles de fertilización

4.2.3 PESO COMERCIAL POR PLANTA

El cuadro 8 resume los resultados obtenidos para el peso comercial por planta, el cual puede verse que el tratamiento S1 y 72.5 kg/ha de fertilizante es el que ofrece cabezas de mayor peso comercial, comparándose con el nivel de semisombra S2 y 72.5 kg/ha de fertilizante que obtuvo un peso promedio similar a S1F1.

CUADRO 8. PESO COMERCIAL POR PLANTA PARA NIVELES DE SEMISOMBRA POR NIVELES FERTILIZACIÓN (kg/m²)

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO
1	S1 F1	6.3
2	S1 F2	6.2
3	S1 F3	5.5
4	S2 F1	6.1
5	S2 F2	5.9
6	S2 F3	4.6

En la tabla anterior se puede apreciar que el tratamiento 1 fue el que obtuvo el primer lugar en cuanto al peso comercial por planta se refiere, seguido muy de cerca por los tratamientos 2 y 4 ambos con 6.2 kg/m², los tratamientos que tuvieron un menor peso comercial son los tratamientos 3 y 6.

Como sucede en las variables de respuesta anteriores, para esta variable peso comercial por planta los tratamientos 1 (con semisombra) y 4 (sin semisombra) son los que se destacan, claro esta que dichas plantas son las que recibieron mayor volumen de fertilizante frente a otras plantas de otros tratamientos a las cuales se aplicó menos fertilizante.

Cabe mencionar también que las diferencias observadas se podría deber a otros factores como la temperatura, radiación solar, fertilidad del suelo, riego que pudieron haber influido en el peso comercial.

De acuerdo a Barrientos (1999) en su experiencia con lechuga a diferentes niveles de soluciones nutritivas obtuvo un promedio de 3.92 kg/m².

Cruz (2003), en su estudio con lechuga arrepollada obtuvo un promedio de 4.43 kg/m² trabajando en diferentes sistemas de producción.

CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PESO COMERCIAL POR PLANTA

FV	GL	SC	CM	F	Ft
BLOQUES	2	0.004395	0.002197	0.0353 ns	19.0
SEMISOMBRA	1	0.888855	0.888855	14.2775 ns	18.51
ERROR S	2	0.124512	0.062256		
FERTILIZACIÓN	2	4.547791	2.273895	24.6562 *	4.46
INTERACCIÓN SxF	2	0.474426	0.237213	2.5721 ns	4.46
ERROR F	8	0.737793	0.092224		
TOTAL	17	6.777771			

C.V. = 5.25 %

En el análisis de varianza (cuadro 9) podemos advertir que en los tratamientos (niveles de semisombra) muestra no significancia al 5%. La interacción SxF de igual forma refleja no significancia, precisándose que la semisombra y el fertilizante actuaron en forma independiente; no así para los niveles de fertilización que indican una alta significancia al 5% esto nos refiere que el peso comercial por planta se incrementa al aumentar los niveles de fertilizante.

De acuerdo al cuadro anterior se nota que el factor semisombra no tuvo ningún efecto en el peso comercial, y que este caso pudieron haber influido otros factores como la temperatura reinante en el lugar.

El cuadro 10 nos muestra que en cuanto al factor fertilización, el cultivo aparte de contar con un alto, medio o bajo nivel de fertilizante y haber sido no asimilado en su totalidad, pudieron tener influencia otros factores como la fertilidad existente en el suelo además del riego.

CUADRO 10. COMPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN PRUEBA DUNCAN PARA PESO COMERCIAL POR PLANTA (kg/m²)

Factor B	Fertilizante	Media	Duncan 5%
F1	Alto	6.21	A
F2	Medio	6.06	A
F3	Bajo	5.08	B

Para los niveles de fertilización también se comparó entre las medias de este factor de estudio, observándose que mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5% el nivel F1 es el que obtuvo mayor peso comercial por planta igual a 6.21 kg/m², similar a F2 con 6.06 kg/m² y diferente a F3 con 5.08 kg/m².

De acuerdo a lo observado se puede decir que el aplicar el nivel alto y medio de fertilización causa significancia estadística con relación al nivel bajo.

Para el factor B, el nivel alto de fertilización nitrogenada tuvo un efecto relativamente marcado con relación al nivel medio, es decir que la cosecha se la realizó cuando la planta presentaba el tamaño comercial óptimo ya que el cultivo al disponer de una mayor cantidad de nitrógeno produjo un mayor aumento de biomasa traduciéndose en un mayor peso comercial, esto nos refiere a que ciertos autores como Vigliola (1991) que indican, que la cosecha de las lechugas de cabeza se hace en más de una pasada por que no todas alcanzan la madurez comercial al mismo tiempo.

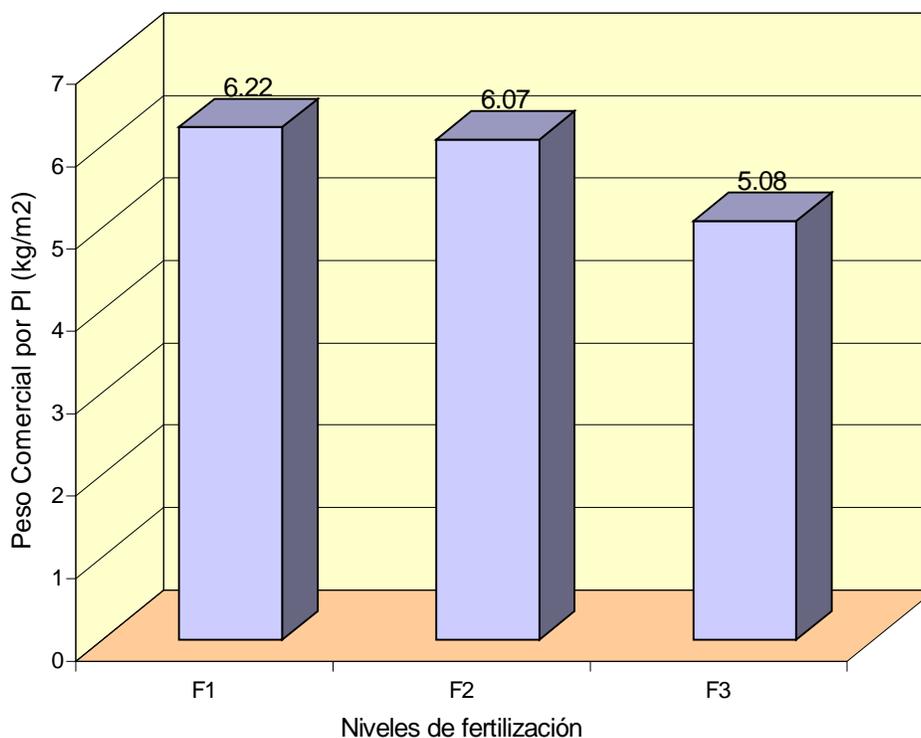


Fig.7 Peso comercial por planta para niveles de fertilización

4.2.4 DIÁMETRO MAYOR Y MENOR DE CABEZA

Los datos correspondientes al diámetro mayor y menor de cabeza obtenidos para cada uno de los tratamientos estudiados se presentan en el cuadro 11, donde se observa que en el experimento el tratamiento S1F1 presenta el promedio mas alto con 14.4 cm en segundo lugar el tratamiento 2 (S1F2) con 13.6 cm seguido muy de cerca por el tratamiento 4 con 13.5 cm. Los tratamientos que alcanzaron los más bajos promedios fueron el 3 y el 6 con 12.8 y 12.6 cm respectivamente.

CUADRO 11. DIÁMETRO MAYOR Y MENOR DE CABEZA PARA NIVELES DE SEMISOMBRA POR NIVELES DE FERTILIZACIÓN (cm)

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO
1	S1 F1	14.4
2	S1 F2	13.6
3	S1 F3	12.8
4	S2 F1	13.5
5	S2 F2	13.1
6	S2 F3	12.6

Esta variable de respuesta reporta que los tratamientos 1 (con semisombra) y 4 (sin semisombra) obtuvieron un mayor diámetro de cabeza. El grupo de plantas a las que pertenecen dichos tratamientos aparte de recibir mayor cantidad de fertilizante y traducirse en un mayor volumen de biomasa, también pudieron haber aprovechado la ayuda de otros factores como la temperatura, radiación solar, la fertilidad del suelo.

Los datos obtenidos en el presente estudio difieren de los logrados por Centellas(1999) donde en su experiencia con diferentes dosis de abono menciona que el diámetro mayor de cabeza fue de 11.83 cm y el de menor diámetro 6.53 cm.

CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIÁMETRO MAYOR Y MENOR DE CABEZA

FV	GL	SC	CM	F	Ft
BLOQUES	2	0.143555	0.071777	0.4738 ns	19.0
SEMISOMBRA	1	1.125488	1.125488	7.4295 ns	18.51
ERROR S	2	0.302979	0.151489		
FERTILIZACIÓN	2	4.573730	2.286865	5.9271 *	4.46
INTERACCIÓN SxF	2	0.333008	0.166504	0.4315 ns	4.46
ERROR F	8	3.086670	0.385834		
TOTAL	17	9.565430			

C.V. = 4.65%

Realizado el análisis de varianza correspondiente (cuadro 12) se puede apreciar que para la variable en estudio no hay diferencias significativas para los niveles de semisombra entendiéndose que el emplear semisombra en el cultivo es indistinto por que no se ve ninguna diferencia en el diámetro de cabeza. Para la interacción ocurre de la misma manera interpretándose que ambos factores actuaron indistintamente para esta variable. Por el contrario se evidencia una significancia entre los niveles de fertilización, dando a entender que estos tuvieron su efecto en esta variable de estudio es decir que se obtuvieron diferentes diámetros de cabeza de acuerdo a los niveles de fertilización.

**CUADRO 13. COMPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN PRUEBA DUNCAN
DIÁMETRO MAYOR Y MENOR DE CABEZA (cm)**

Factor B	Fertilizante	Media	Duncan 5%
F1	Alto	13.95	A
F2	Medio	13.38	A
F3	Bajo	12.72	B

Para estudiar las diferencias entre niveles de fertilización, se realizó una comparación de medias de acuerdo a la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5%. (Cuadro 13)

Para el factor fertilización, esta comparación nos reporta similitud de diámetros entre F1 y F2 con 13.95 cm y 13.38 cm respectivamente, los cuales son superiores a F3 con 12.72 cm, esto puede atribuirse al efecto competitivo por elementos nutritivos, agua y luz, mostrando una reducción general del tamaño. Al respecto no constan otros trabajos para corroborar el presente estudio, sin embargo Guenko (1983) citado por Valadez (1989) señala que la lechuga exige mucha intensidad de luz, pues se ha comprobado que la escasez de este provoca que las hojas sean delgadas y que en múltiples ocasiones las cabezas se suelten.

Los promedios de los productos como resultado de los niveles de fertilización son presentados en la figura 8.

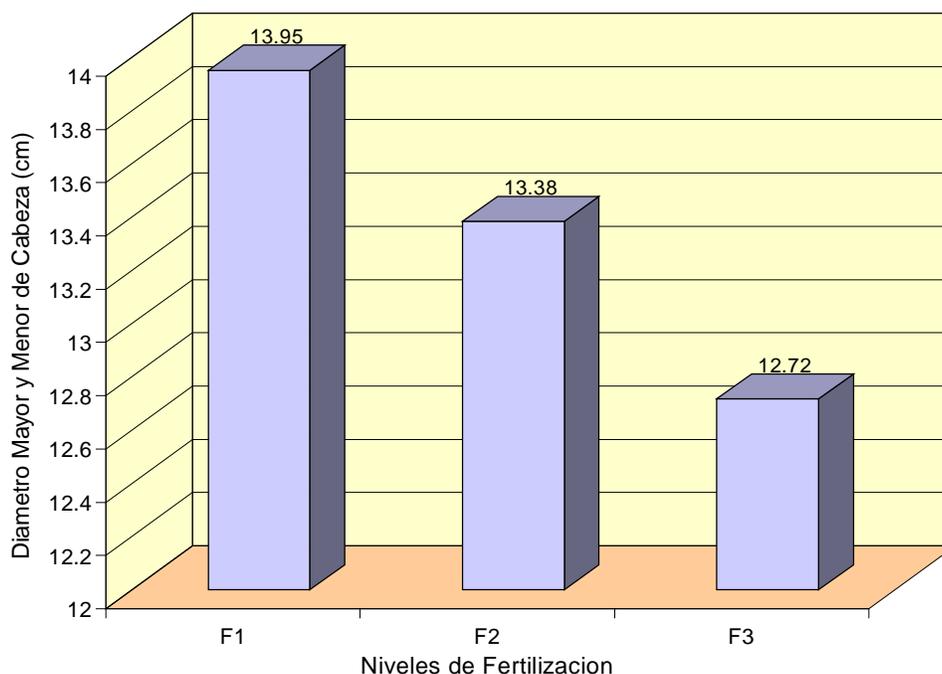


Fig.8 Diámetro mayor y menor de cabeza para niveles de fertilización

Las diferencias observadas para el factor B nos hace deducir que las plantas que recibieron en mayor cantidad la fuente nitrogenada produjeron un mayor volumen de cabeza ya que el elemento nitrógeno por ser un elemento primario es aprovechado por la planta.

4.2.5 RENDIMIENTO POR CATEGORÍAS DE COMERCIALIZACIÓN

Con la finalidad de conocer la calidad del producto obtenido en cada tratamiento (SxF), se tomaron en cuenta ciertos parámetros para su comercialización. (Cuadro 14)

Los diferentes tratamientos, permitieron formar cabezas de lechuga con diferentes categorías para ser clasificados en primera, segunda y tercera.

Maroto (1989), menciona que las lechugas para producir un cogollo de buen tamaño y calidad, necesitan de buena disponibilidad de nitrógeno, pero poseen una baja eficiencia en la utilización de este elemento.

CUADRO 14. CATEGORÍAS DE COMERCIALIZACIÓN

Categoría	Peso
Primera	Mayor a 550 g.
Segunda	Entre 450 y 549 g.
Tercera	Menor a 450 g.

En el cuadro 15 se observan los resultados obtenidos en el presente estudio, estos difieren de los datos logrados por Barrientos (1999) que en su experiencia en lechuga arrepollada bajo carpa solar alcanzó cabezas de categoría I con un promedio en peso de 3.92 kg/m², 2.65 kg/m² para la categoría II y para la categoría III logró un promedio de 2.3 kg/m², a diferencia de lo obtenido en el presente experimento como se puede apreciar en el cuadro siguiente.

CUADRO 15. RENDIMIENTO POR CATEGORÍAS DE COMERCIALIZACIÓN PARA NIVELES DE SEMISOMBRA POR NIVELES DE FERTILIZACIÓN (kg/m²)

Tratamiento	Categoría			
	Primera Kg/m ²	Segunda Kg/m ²	Tercera Kg/m ²	Rendimiento Kg/m ²
1	3.15	2.52	0.63	6.3
2	2.42	2.42	1.36	6.2
3	-	2.03	3.17	5.2
4	2.73	2.04	1.43	6.2
5	1.65	2.60	1.65	5.9
6	-	1.55	3.15	4.7

En el cuadro 16 se advierte que en cuanto a peso se refiere, el tratamiento 1 es el que obtuvo mayor cantidad de cabezas de primera categoría, seguido del tratamiento 2 que obtuvo el segundo lugar.

Se observa también que el tratamiento 5 es el que sacó mayor rendimiento de cabezas de segunda categoría, seguido muy de cerca del tratamiento 1.

Para las cabezas de tercera categoría los tratamientos 3 y 6 consiguieron mayor rendimiento de cabezas y se percibirá que el tratamiento 1 logró el último lugar en esta categoría.

De acuerdo al cuadro anterior se puede afirmar que para los niveles de semisombra como para los niveles de fertilización, ambos tuvieron su efecto sobre el cultivo.

4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

Con el propósito de conocer el efecto de los diferentes tratamientos en términos económicos, a continuación presentamos el análisis económico en base a las recomendaciones de Perrin et al (1982) el cual indica que para conocer la rentabilidad del cultivo se realiza un análisis económico empleando los indicadores bioeconómicos: costos variables, ingreso bruto, margen bruto, además de la relación beneficio-costo.

Este método nos permite identificar y evaluar los beneficios económicos relacionados a los diferentes tratamientos. También nos permite identificar si el insumo-producto es eficiente y propio de cada tratamiento. Este análisis permite hacer recomendaciones acerca de costos y beneficios que le interesan a los agricultores.

CUADRO 16. RENDIMIENTO POR CATEGORÍAS DE COMERCIALIZACIÓN (kg/m²)

T R A T A M I E N T O S

Orden de mérito	S1F1	S1F2	S1F3	S2F1	S2F2	S2F3
Cabeza de 1°	3.15	2.42	-	2.73	1.65	-
Cabeza de 2°	2.52	2.42	2.03	2.04	2.60	1.55
Cabeza de 3°	0.63	1.36	3.17	1.43	1.65	3.15

En el cuadro 16 se puede distinguir que el tratamiento 1 obtuvo mayor cantidad de cabezas en peso de primera calidad en relación con otros tratamientos los cuales lograron también cabezas de primera pero en cantidad menor y frente a otros que no lograron obtener cabezas de

elevada categoría. Estos datos nos servirán para el cálculo y obtención de los indicadores bioeconómicos mencionados con anterioridad.

CUADRO 17. RENDIMIENTO AJUSTADO (kg/m²)

T R A T A M I E N T O S						
	S1F1	S1F2	S1F3	S2F1	S2F2	S2F3
Cabeza de 1°	2.83	2.18	-	2.46	1.48	-
Cabeza de 2°	2.27	2.18	1.83	1.83	2.34	1.4
Cabeza de 3°	0.57	1.22	2.85	1.29	1.49	2.83

Este rendimiento ajustado se obtuvo sacando el 10 por ciento del rendimiento de categorías de comercialización, donde se puede observar que la diferencia es notoria en cuanto a peso por unidad de área.

CUADRO 18. INGRESO BRUTO EN Bs./m²

T R A T A M I E N T O S						
	S1F1	S1F2	S1F3	S2F1	S2F2	S2F3
Cabeza de 1°	5.66	4.36	-	4.92	2.96	-
Cabeza De 2°	3.40	3.27	2.74	2.74	3.51	2.1
Cabeza de 3°	0.57	1.22	2.85	1.29	1.49	2.83
Total	9.63	8.85	5.59	8.95	7.96	4.93

Este análisis propuesto por Perrin et al (1982), determina que el tratamiento 1 (S1F1) es el que presentó mayor ingreso bruto con 9.63 Bs. ,el tratamiento S2F1 con 8.95 Bs. obtiene el segundo promedio y para el tratamiento S1F2 se tiene un ingreso bruto de 8.85 Bs.

CUADRO 19. COSTOS VARIABLES EN Bs./m²

T R A T A M I E N T O S						
Concepto	S1F1	S1F2	S1F3	S2F1	S2F2	S2F3
Red	3.7	3.7	3.7	-	-	-
Fertilizante	1.4	1.14	0.84	1.4	1.14	0.84
Semilla	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Mano de obra	2	2	2	2	2	2
Total	7.6	7.34	7.04	3.9	3.64	3.34

El cuadro 19 determina que el tratamiento 1 (S1F1) es el que presentó mayor costo variable de 7.6 Bs. , el tratamiento S1F2 obtiene el segundo promedio con un costo de 7.34 Bs. y para el tratamiento S1F3 se obtiene un costo de 7.04 Bs.

CUADRO 20. MARGEN BRUTO EN Bs./m²

T R A T A M I E N T O S						
	S1F1	S1F2	S1F3	S2F1	S2F2	S2F3
IB-CV	2.03	1.51	-1.45	5.05	4.32	1.59

El margen bruto es la resta de los ingresos brutos y los costos variables. Tal como se observa en el cuadro 20, el tratamiento 4 es el que obtiene un valor superior con relación al tratamiento 3 que es el que obtuvo un margen bruto negativo.

CUADRO 21. BENEFICIO-COSTO

T R A T A M I E N T O S

	S1F1	S1F2	S1F3	S2F1	S2F2	S2F3
Beneficio	1.3	1.2	0.8	2.3	2.2	1.5
Costo						

En lo referente al beneficio-costo, este indicador nos ofrece la relación entre los ingresos brutos y los costos variables donde se observa que el valor mas alto lo obtuvo el tratamiento S2F1 con un valor de 2.3 frente a los tratamientos S2F2 y S2F3 que obtuvieron un B/C igual a 2.2 y 1.5 respectivamente.

También se señalara que los tratamientos que están bajo semisombra son los que obtuvieron menor resultado de beneficio-costo en comparación con los tratamientos que están sin semisombra.

Asimismo Cruz (2003) en su experiencia con lechuga arrepollada en diferentes sistemas de producción obtuvo un B/C igual a 3.40, este valor es superior a lo logrado en el presente estudio donde el promedio fue de 1.55.

En cuanto a los resultados alcanzados, se afirma que al obtener con los tratamientos 4, 5 y 6 un B/C promedio igual a 2.0 y lográndose mayores réditos con las plantas que estaban sin semisombra y además recibieron un alto nivel de fertilización, se especula que se puede recuperar dos veces mas de lo que se invierte; en comparación a lo obtenido por los tratamientos 1, 2 y 3 donde también se puede recuperar lo invertido pero en menor magnitud.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos y resultados obtenidos llegamos a las siguientes conclusiones:

1. El cultivo se comportó relativamente de la misma manera en ambos niveles de semisombra, no presentándose un factor negativo que perjudicara su normal desarrollo.
2. En términos de rendimiento en materia verde, los mejores resultados fueron obtenidos por los niveles mayores de fertilización (72.5 kg/ha) de urea, ubicados en los tratamientos 1 y 4, claro está que dicha variable se reduce con los subsiguientes niveles de fertilización.
3. No se presentaron interacciones entre los factores semisombra (sombreado) y fertilización por lo tanto se puede decir que actúan independientemente.
4. Haciendo una comparación técnica y económica entre niveles de semisombra y niveles de fertilización resulta ser S1F1 el mejor método de producción ya que se obtuvo un rendimiento y productividad mayor.
5. El fertilizante en un nivel alto (72.5 kg/ha) tiene un efecto directo sobre el diámetro de cuello o base de tallo, induciendo a que este tenga un mayor desarrollo y vigor.

6. En el peso comercial por planta, los tratamientos 1,2 y 4 tuvieron efectos positivos con un mayor peso a diferencia de los otros tratamientos.
7. La variable diámetro de cabeza (mayor y menor) se vio afectada por la semisombra y fertilización (niveles mayores) no existiendo una diferencia marcada entre bloques.
8. Para el rendimiento por categorías de comercialización, los tratamientos que obtuvieron mayor peso en cabezas de primera calidad fueron el 1 con 6.3 kg/m^2 y el 4 con 6.2 kg/m^2 .
9. El análisis económico muestra que el tratamiento S2F1 aplicado, permitió desarrollar eficientemente el cultivo de la lechuga, obteniéndose un B/C igual a 2.3.

6. RECOMENDACIONES

Basándose en los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo de investigación, se formulan las siguientes recomendaciones:

1. De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda que para una producción de lechuga bajo ambientes atemperados, se debe aplicar una fertilización nitrogenada igual a 72.5 kg/ha sin semisombra ya que esta no tuvo un efecto marcado en el rendimiento.
2. El nivel S1 presentó plantas de mayor diámetro de cabeza y mayor peso comercial por lo que se sugiere producir este cultivo con este método de producción.
3. Realizar estudios de comparación de fertilizantes pero previa incorporación de abono orgánico, para observar el cambio en las características físico-químicas del suelo, ya que en una explotación intensiva en ambientes atemperados la absorción de elementos nutritivos y degradación del suelo es más rápida.
4. Realizar estudios referidos al comportamiento de las temperaturas en las diferentes fases de cultivo e identificar la tolerancia de las mismas.

5. Realizar una comparación sobre diferentes formas de almácigo y consecuentemente lograr que la planta sea cosechada en el menor tiempo posible.

6. En la producción de lechuga se recomienda investigar sobre las variables láminas de riego, fertiirrigación y sus diferentes técnicas de aplicación.

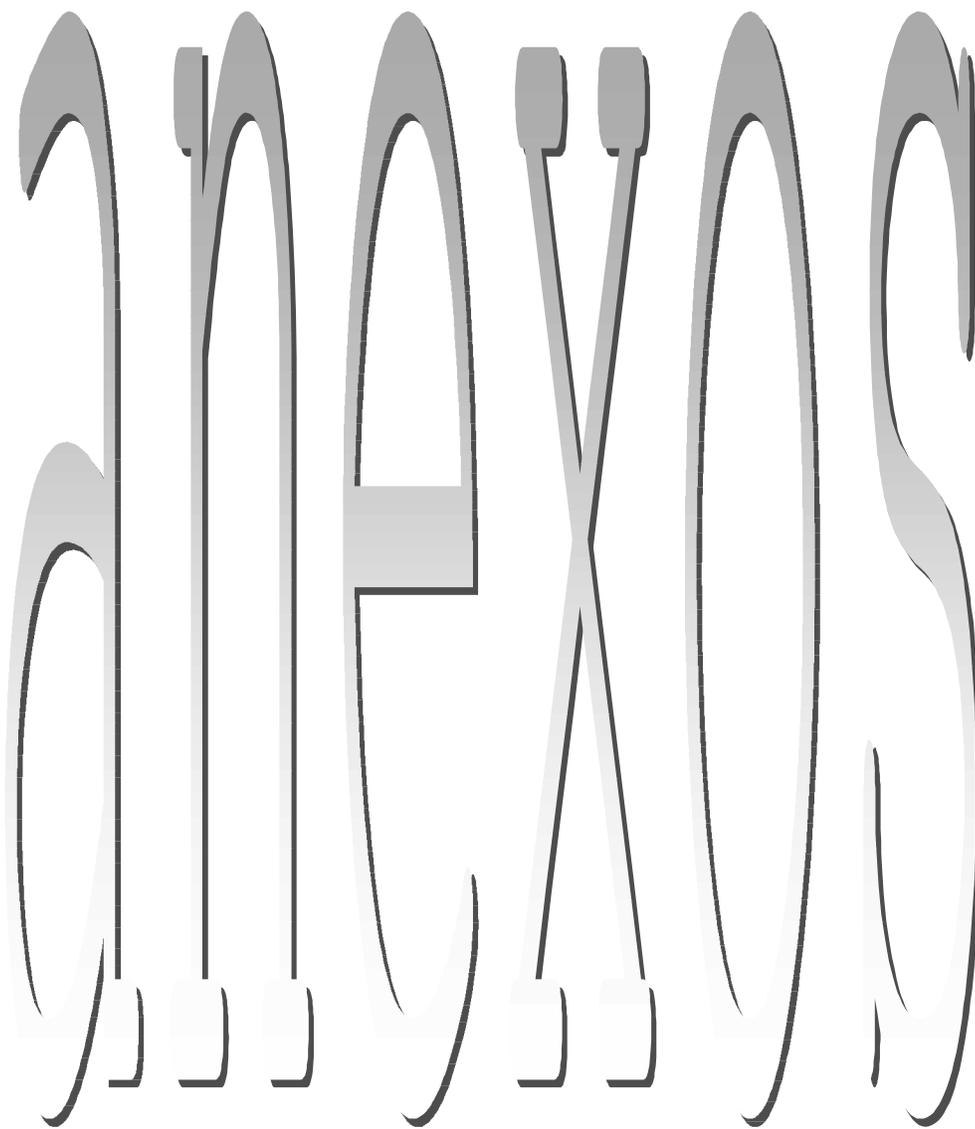
7. Analizar el contenido de materia seca del cultivar dentro y fuera de la carpa solar en futuras investigaciones.

7. BIBLIOGRAFÍA

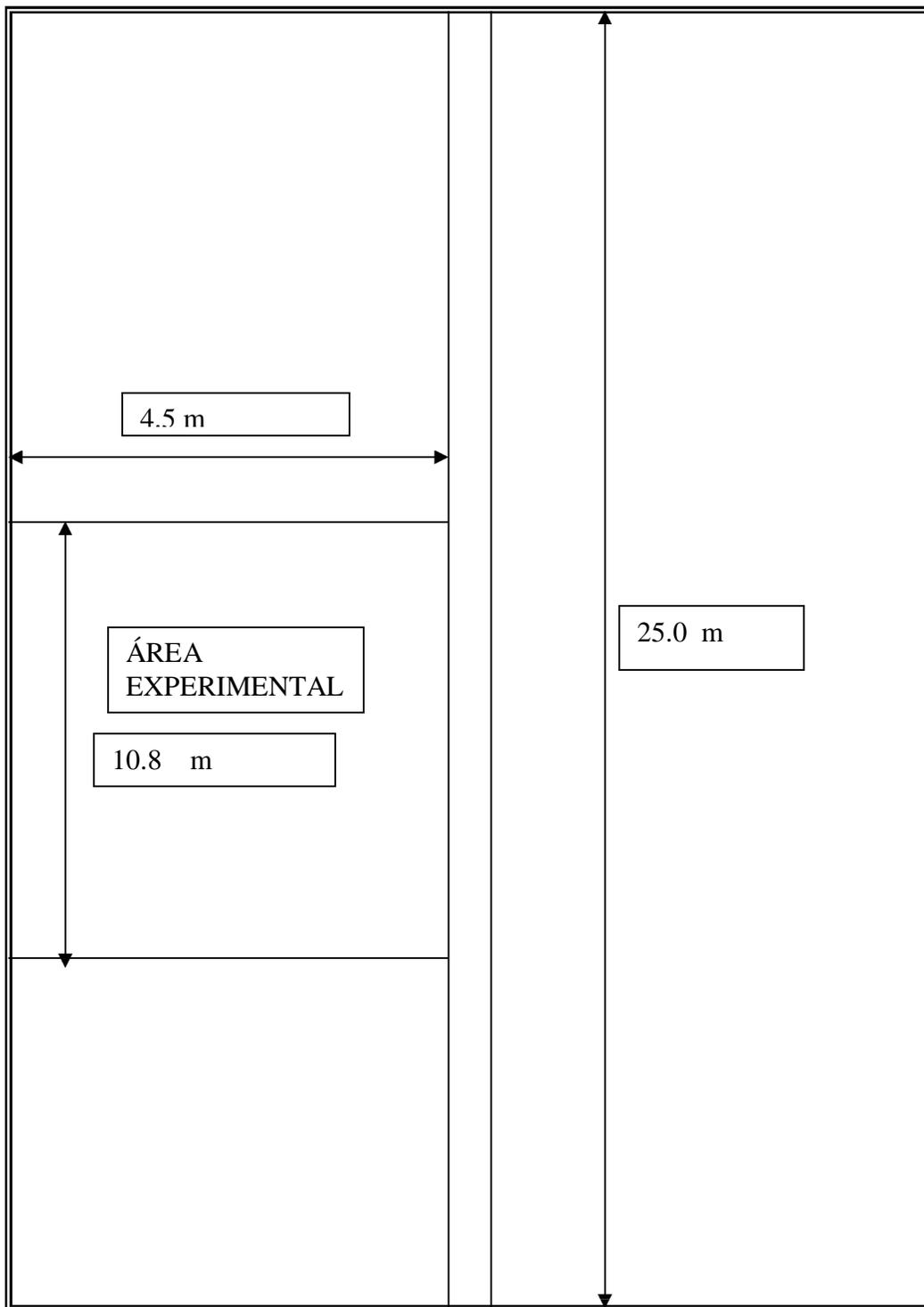
- AMOROS, M. (1984) Horticultura; Ed. Dilagros S.A.; 2ª ed; España; pp. 332-343
- BARRIENTOS, J. (1999) Evaluación de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo tres niveles de solución en suka- hidroponía invernadero; Tesis Facultad de Agronomía; La Paz-Bolivia; pp. 93, 97
- BERNAT, C.; ANDRES, J.; MARTINES, J. (1987) Invernaderos; Ed. AEDOS; Barcelona-España; p. 25
- CALZADA, B.; (1982) Métodos estadísticos para la investigación; 5ª ed; Ed. Milagros; Lima-Perú; pp. 474-480
- CASSERES, E. (1984) Producción de hortalizas; Ed. IICA; San José-Costa Rica; pp. 181-182
- CENTELLAS, R. (1999) Respuesta del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) en condiciones de invernadero a tres distancias de plantación y tres niveles de estiércol de ovino; Tesis Facultad de Agronomía; La Paz-Bolivia; pp. 42,46
- CHILON, E. (1997) Fertilidad de suelos y nutrición de Plantas; Edic. CIDAT; La Paz-Bolivia; p. 80
- CRUZ, A. (2003) Evaluación agroeconómica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo dos sistemas de producción en carpa solar; Tesis Facultad de Agronomía; La Paz-Bolivia; pp. 52,68

- DÍAZ, R. (1998) Aplicación fraccionada del nitrógeno en tres densidades de plantación en lechuga (*Lactuca sativa*) bajo carpa solar; Tesis Facultad de Agronomía; La Paz-Bolivia; p. 6
- DOMÍNGUEZ, A. (1989) Tratado de fertilización; 2ª ed.; Edit. Mundi Prensa; Madrid-España; p. 156
- FERSINI, A. (1976) Horticultura práctica; Ed. Diana; México; pp. 101-102
- GARCÍA, V. (1996) Efecto de seis épocas de deshierbe manual y uso de herbicidas en el cultivo de lechuga en carpa solar; Tesis Facultad de Agronomía; pp. 58-79
- GUDIEL, R. (1987) Manual agrícola súper B; Ed. Productos Super B; Guatemala; p. 150
- GUZMÁN, M. (1993) Construcción y manejo de invernaderos (Memorias-UMSA); pp. 3-7
- HARTMANN, F. (1990) Invernaderos y ambientes atemperados; Ed. Offsed-Bolivia Ltda.; La Paz-Bolivia; pp. 9-10,55
- LORENTE, J. (1997) Biblioteca de la agricultura, Horticultura y cultivo en invernaderos; IDEA BOOKS, S.A.; Barcelona- España; pp. 614,652,653,696
- MALLAR, A. (1978) La lechuga; 1ª ed.; Ed. Hemisferio Sur Buenos Aires-Argentina; p. 1

- MAROTO, J. (1995) Horticultura; 4^a ed.; Ed. Mundi-Prensa; Madrid-España; p. 221
- MONTES de OCA, I. (1989) Geografía y recursos naturales de Bolivia; Ed. Educacional de Ministerio de Educación y Cultura; 2a ed. La Paz-Bolivia; p. 28
- MORTENSEN, E. (1986) Horticultura tropical y subtropical; 2^a ed. Ed. Pax-Mex; México; pp. 93-94
- PERRIN et al (1982) Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; CIMMYT; Programa de economía; México pp. 18-24
- RODRÍGUEZ, F. (1982) Fertilizantes y nutrición vegetal; Ed. AGT; México; p. 57
- SERRANO, Z. (1979) Cultivo de hortalizas en invernadero; Ed. AEDOS; Barcelona-España; pp. 34, 213-214
- TISCORNIA, J. (1983) Hortalizas de hoja; Edic. ALBATROS; Buenos Aires-Argentina; p. 25
- VIGLIOLA, M. (1991) Manual de horticultura; Ed. Hemisferio Sur; Buenos Aires-Argentina; pp. 19,29,81
- VALADEZ, A. (1996) Producción de hortalizas; Ed. Limusa; Barcelona-España; pp. 151,152



PLANTA



ESC 1:75

ANEXO 3

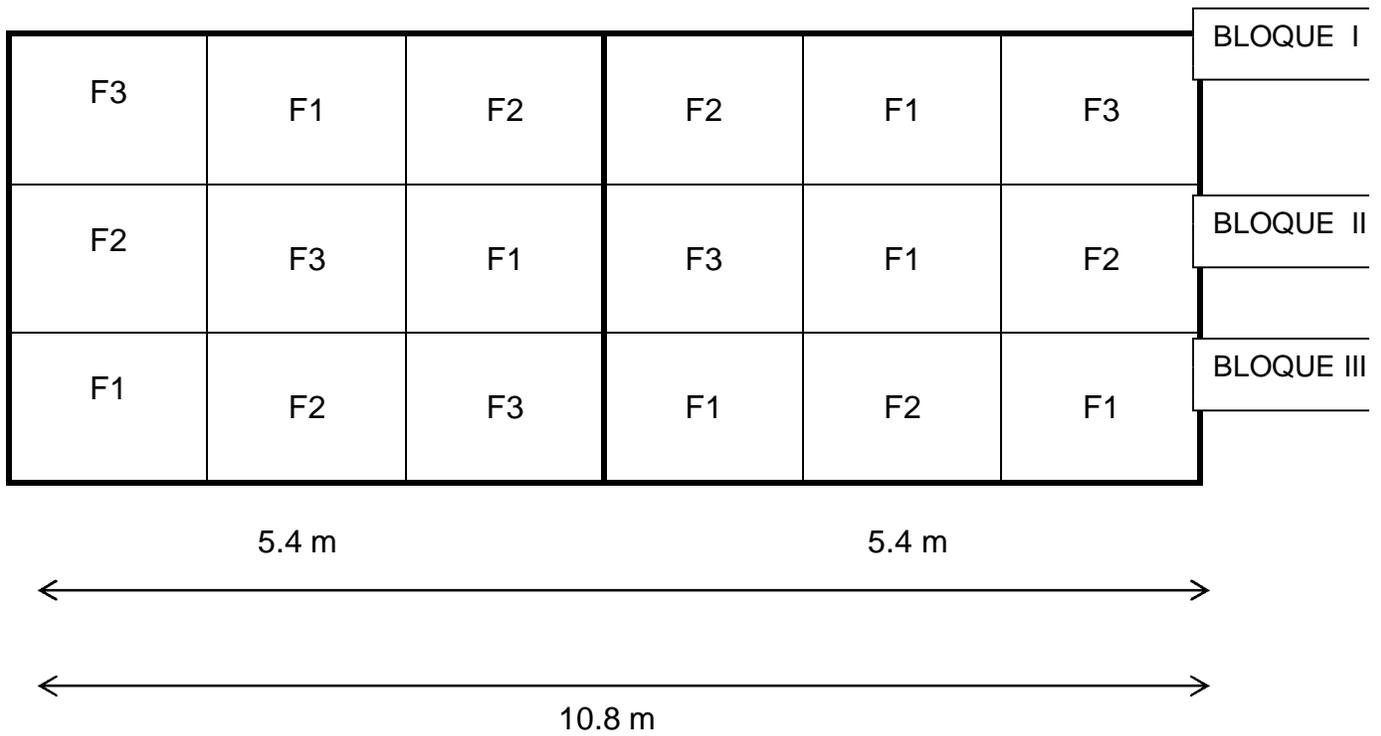
CROQUIS DEL ENSAYO BAJO CARPA SOLAR

S1

Con semisombra

S2

Sin semisombra



ANEXO 4. BASE DE DATOS DE VARIABLES AGRONÓMICAS

N°	BLOQUE	TRAT	RDTO MV	DIAM TALLO	PESO COM	DIAM CAB
1	1	1	7.6	2.10	6.5	14.4
2	1	2	6.5	1.71	5.7	13.7
3	1	3	6.3	1.84	5.5	12.5
4	1	4	7.4	1.93	6.4	14.3
5	1	5	6.5	1.70	6.0	13.9
6	1	6	5.4	1.62	4.4	12.0
7	2	1	7.0	1.92	6.1	13.9
8	2	2	7.3	1.80	6.3	14.0
9	2	3	6.6	1.68	5.6	12.9
10	2	4	6.6	1.88	5.8	13.4
11	2	5	6.1	1.65	5.6	12.5
12	2	6	5.7	1.69	4.6	12.8
13	3	1	7.1	2.18	6.2	14.8
14	3	2	7.3	1.63	6.3	13.2
15	3	3	6.1	1.59	5.2	13.0
16	3	4	7.0	1.95	6.1	12.0
17	3	5	6.6	1.63	6.1	13.0
18	3	6	6.0	1.63	4.7	13.1

TRAT = Tratamiento

RDTO MV = Rendimiento en materia verde (kg/m²)

DIAM TALLO = Diámetro de tallo (cm)

PESO COM = Peso comercial por planta (kg/m²)

DIAM CAB = Diámetro mayor y menor de cabeza (cm)

ANEXO 5. BASE DE DATOS DE VARIABLES MICROCLIMÁTICAS

Temperatura

Día	Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Máx.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
1	27	11	32	8	30	11
2	25	10	30	11	29	12
3	19	9	29	10	30	12
4	21	8	29	11	28	10
5	19	9	32	12	27	10
6	19	10	30	11	29	11
7	23	10	28	10	30	12
8	21	10	29	12	32	12
9	19	8	29	11	30	10
10	28	10	32	12	30	11
11	25	11	30	11	28	12
12	27	12	30	10	27	11
13	27	11	32	12	32	11
14	27	10	29	11	29	12
15	26	12	30	10	30	10
16	27	12	27	11	29	10
17	28	11	26	10	30	12
18	26	11	28	10	31	12
19	27	12	26	10	32	10
20	25	10	30	12	31	11
21	25	13	32	12	30	10
22	25	12	30	11	29	10
23	25	11	29	10	29	10
24	25	12	28	10	30	12
25	25	10	25	9	31	12
26	25	11	24	9	24	
27	25	12	26	10	26	
28	25	11	27	10	27	
29	25	11	29	11	29	
30	25	11	29	11	29	
31			31	12	31	

Humedad Relativa

Día	Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
1	68	35	60	35	60	33
2	66	37	60	32	62	30
3	65	37	63	33	60	30
4	60	35	64	32	63	32
5	66	36	62	32	63	32
6	70	38	60	34	61	31
7	69	38	65	34	60	30
8	67	35	64	32	59	30
9	67	36	63	33	60	33
10	65	36	60	32	60	31
11	64	37	60	32	62	30
12	66	37	62	33	62	31
13	65	35	61	32	61	31
14	67	37	63	32	63	30
15	69	38	61	34	60	32
16	65	36	64	33	63	33
17	63	35	65	33	60	30
18	60	30	65	34	59	30
19	64	34	60	34	59	31
20	64	36	61	31	61	31
21	60	32	60	31	61	33
22	61	32	63	32	64	34
23	62	30	64	34	64	34
24	62	31	65	33	61	30
25	60	33	65	35	60	30
26	61	33	64	35		
27	61	32	64	33		
28	64	34	62	32		
29	63	36	61	32		
30	62	33	63	32		
31			60	30		

ANEXO 6. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Clase textural	Franco-arcilloso
Ph en agua	5.75
C.E. mmhos/cm	0.139
Ca (meq/100 gr)	13.24
Mg (meq/100 gr)	5.86
Na (meq/100 gr)	0.36
K (meq/100 gr)	1.02
TBI (meq/100 gr)	20.48
CIC (meq/100gr)	20.532
Sat. Bas. (%)	99.7
Materia Orgánica (%)	12.84
Nitrógeno total	0.52
P asimilable (ppm)	257.86

Fuente: Instituto Boliviano de Tecnología
Nuclear IBTEN (2003)

ANEXO 7. CALCULO DE CANTIDAD DE FERTILIZANTE

Urea.

Según Chilón (1997)

Requerimiento del cultivo: 55-20-120

Dosis recomendada: 25 kg/ha

Aporte del suelo = 0.52 kg. N
100 kg. suelo

P.C.A. = Dap x Prof x 10000 m²
ha

= 1.4 tn x 0.25 m x 10000m² = 3500000 kg/ha
m³ ha

0.52 kg. N total ----- 100 kg. suelo
x ----- 3500000 kg. suelo / ha

x = 18200 kg. N total / ha

Lugar: Achumani Coef. de min. / año = 2%

18200 Kg N total x 2 kg Nd = 364 kg. Nd / ha / año
 ha 100 kg. Nt

Ciclo vegetativo de lechuga: 3 meses

364 kg Nd ----- 12 meses
 x ----- 3 meses
 x = 91 kg Nd / ha / ciclo vegetativo

Para N aprovechable consideramos: 40%

91 Kg Nd x 40 kg N aprov. = 36.4 kg N aprov. / ha / ciclo
 ha 100 kg Nd

Req. Del cultivo = 55 kg N / ha

Aporte del suelo = 36.4 kg N aprov./ha

18.6 kg N / ha Dosis Teórica

Hallando Dosis Real

Consideramos Coef. de aprov. de Fertilización nitrogenada de: 70%

$$\begin{array}{r}
 18.6 \text{ kg N /ha} \text{ ----- } 70\% \\
 x \text{ ----- } 100\% \\
 x = 26.57 \text{ kg N / ha} \quad \text{Dosis Real}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 26.57 \text{ kg N} \times 100 \text{ kg urea} = 57.76 \text{ urea / ha} \\
 \text{ha} \quad 46 \text{ kg N} \\
 = 58 \text{ kg urea / ha}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 58 \text{ kg urea} \text{ ----- } 10000\text{m}^2 \\
 x \text{ ----- } 2.9 \text{ m}^2 \\
 x = 0.01682 \text{ kg/UE} \\
 x = 0.017 \text{ kg/UE}
 \end{array}$$

equivalente a 17 g / UE

Calculo de Niveles de Fertilización tomando en cuenta 25%:

Sobre 58 kg urea / ha

Nivel Alto	= 72.5 Kg/ha
Nivel Medio	= 58.0 kg/ha
Nivel Bajo	= 43.5 kg/ha

