

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



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE LA FERTILIZACION ORGANICA EN EL RENDIMIENTO DE
VARIEDADES DE ESPINACA (*Spinacea oleracea L.*) BAJO
CONDICIONES DE AMBIENTE PROTEGIDO EN EL MUNICIPIO DE EL
ALTO**

Flora Martha Callizaya Antonio

La Paz – Bolivia

2007

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

**EFFECTO DE LA FERTILIZACION ORGANICA EN EL RENDIMIENTO DE
VARIEDADES DE ESPINACA (*Spinacea oleracea L.*) BAJO
CONDICIONES DE AMBIENTE PROTEGIDO EN EL MUNICIPIO DE EL
ALTO**

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

Flora Martha Callizaya Antonio

Asesor:

Ing. Rafael Díaz Soto

.....

Comite Revisor:

Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera

.....

Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez

.....

Ing. Victor Paye Huaranca

.....

APROBADA

Presidente:

.....

Dedicatoria:

Dedicado con mucho amor a los seres más queridos;
mi familia, quienes con cariño, esfuerzo y paciencia lograron que culminara con la carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por el don de la vida, por darme una familia maravillosa, por ser la fuerza y luz que ilumina mi camino que posibilitó alcanzar un objetivo fundamental, un medio por el cual puedo llegar a servir mejor a mi país, a mi familia, en especial a los más necesitados.

A mi familia por todo el cariño, el apoyo incondicional para concluir el presente trabajo, a mis padres Francisco y Celia, por su tolerancia y paciencia, a mis queridos hermanos July, Franz, quienes me apoyaron en todo momento, a mi hermanos René y Javier quienes desde el cielo son los ángeles que nos iluminan, a mis lindos sobrinos Ángela, Gabriela y Cid quienes con ternura alegraron los momentos más difíciles y un agradecimiento especial a mi amado novio Fidel por todo el cariño y la colaboración incondicional que me brindó

Agradecer al Proyecto Micro Huertas Populares de El Alto que junto a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO a la cabeza del Ing. Juan José Estrada me dieron la oportunidad de realizar la presente investigación. Al Ing. Frédéric Meurrens por la orientación y colaboración brindada. A la unidad Educativa Oscar Alfaro, al plantel docente, Junta escolar y alumnos.

Al ingeniero Rafael Díaz Soto por el asesoramiento y colaboración en el desarrollo de la presente investigación.

Al tribunal revisor Ing. Jorge Pascuali, Ing. Hugo Bosque y al Ing. Victor Paye por las correcciones y orientación realizada.

A mi querida facultad por haberme acogido durante el tiempo que duró la realización de mis estudios profesionales, al plantel docente y administrativo.

A mis compañeros que siempre llevaré en el corazón: Helder, Susy, Amalia, Ritma, Lourdes, Juan, Lucia, Osvaldo, Hernán, Moisés, Gabriel, Claudina.

Muchas gracias.

INDICE GENERAL

	Pag.
INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
III. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
3.1. Características principales del cultivo.....	3
3.1.1. Origen.....	3
3.1.2. Características del cultivo de espinaca.....	3
3.1.3. Importancia del cultivo de espinaca.....	4
3.1.4. Clasificación taxonómica.....	5
3.1.5. Descripción botánica.....	5
3.1.6. Descripción del cultivo de espinaca.....	6
3.1.7. Adaptabilidad del cultivo.....	6
3.1.8. Almácigo.....	6
3.1.9. Requerimiento del cultivo.....	6
3.1.9.1. Suelo.....	7
3.1.9.2. Clima.....	7
3.1.9.3. Humedad.....	8
3.1.9.4. Riego.....	8
3.1.9.5. pH.....	8
3.1.10. Labores culturales.....	8
3.1.10.1. Aporque.....	8
3.1.10.2. Control de malezas.....	8
3.1.10.3. Deschuponado.....	9
3.1.10.4. Cosecha.....	9
3.1.10.5. Rendimiento.....	9
3.1.10.6. Conservación.....	9
3.1.11. Variedades.....	10
3.1.11.1. Viroflay.....	10
3.1.11.2. Jamaica.....	10
3.1.12. Producción orgánica.....	10
3.1.13. Abonos orgánicos.....	11
3.1.13.1. Características de los abonos orgánicos.....	11
3.1.14. Estiércol de ovino.....	13

3.1.14.1. Características del estiércol de ovino.....	13
3.1.15. Fertilización orgánica.....	13
3.1.16. Descomposición de materia orgánica.....	14
3.1.16.1. Proceso de mineralización.....	14
3.1.16.2. Proceso de humificación.....	15
3.1.17. Turba.....	15
3.1.18. Funciones de los elementos nutritivos.....	15
3.2. Accidentes Plagas y Enfermedades.....	18
3.2.1. Accidentes y fisiopatías.....	18
3.2.1.1. Heladas.....	18
3.2.1.2. Polución ambiental.....	18
3.2.1.3. Carencia de boro.....	18
3.2.1.4. Carencia de magnesio.....	19
3.2.2. Plagas.....	19
3.2.3. Enfermedades.....	19
3.3. Sistemas Atemperados.....	19
3.3.1. Tipos de ambientes protegidos.....	20
3.3.2. Importancia del ambiente protegido.....	20
3.4. Orientación.....	20
3.5. Variables Micro Climáticas en Carpa Solar.....	21
3.5.1. Temperatura.....	21
3.5.2. Humedad Relativa.....	21
3.5.3. Luminosidad.....	22
3.5.4. Ventilación.....	22
IV. MATERIALES Y METODOS.....	23
4.1. Características Generales.....	23
4.1.1. Localización.....	23
4.1.2. Descripción del área de estudio.....	23
4.1.2.1. Clima.....	23
4.1.2.2. Suelo.....	23
4.2. Materiales.....	23
4.2.1. Material vegetal.....	23
4.2.2. Material orgánico.....	24
4.2.3. Material de campo.....	24
4.2.4. Material de gabinete.....	24
4.2.5. Materiales para la construcción de las platabandas.....	24
4.2.6. Características de la carpa solar.....	24
4.2.6.1. Instrumento meteorológico.....	25
4.2.6.2. Insumos.....	25
4.3. Metodología.....	25
4.3.1. Procedimiento experimental.....	25
4.3.1.1. Construcción de almacigueras.....	25
4.3.1.2. Preparación del sustrato para almaciguera.....	25
4.3.1.3. La siembra de la semilla de espinaca.....	25
4.3.1.4. Construcción de las platabandas.....	26
4.3.1.5. Preparación del sustrato para platabandas de las platabandas.....	26
4.3.1.6. Muestreo del suelo.....	26

4.3.1.7. Trasplante de espinaca.....	26
4.3.1.8. Labores culturales.....	26
4.3.1.9. Toma de datos.....	29
4.3.1.10. Análisis estadístico.....	29
4.3.1.11. Registro de temperatura.....	29
4.3.1.12. Evaluación de los costos de producción.....	29
4.3.2. Diseño Experimental.....	29
4.3.2.1. Modelo lineal aditivo.....	30
4.3.2.2. Características de los tratamientos.....	31
4.3.2.3. Características del área experimental.....	31
4.3.2.4. Croquis del experimento.....	32
4.3.3. Variables de respuesta agronómica.....	33
4.3.3.1. Rendimiento en materia verde.....	33
4.3.3.2. Número de hojas.....	33
4.3.3.3. Largo de la hoja.....	33
4.3.3.4. Área foliar.....	33
4.3.4. Análisis económico.....	34
4.3.4.1. Costo de construcción de las platabandas.....	34
4.3.4.2. Costos variables.....	34
4.3.4.3. Costo de producción.....	34
4.3.4.4. Beneficio neto.....	34
4.3.4.5. Relación beneficio/costo B/C.....	34
4.3.4.6. Análisis de laboratorio.....	35
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	36
5.1. Variables ambientales de la carpa solar.....	36
5.1.1. Temperaturas en la carpa solar durante el desarrollo del cultivo.....	36
5.1.2. Análisis físico y químico del suelo.....	37
5.2. Variables de respuesta.....	40
5.2.1. Rendimiento en materia verde.....	41
5.2.2. Número de hojas.....	46
5.2.3. Largo de la hoja.....	50
5.2.4. Índice de área foliar.....	54
5.3. Análisis económico.....	58
5.3.1. Costos construcción de las platabandas.....	58
5.3.2. Costos variables.....	58
5.3.3. Costo fijo.....	59
5.3.4. Costos de producción.....	59
5.3.5. Beneficio neto.....	59
5.3.6. Beneficio costo.....	60
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES.....	64
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	65

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Características del cultivo	3
Cuadro 2. Composición nutritiva de la espinaca (por 100gr de producto comestible.....	4
Cuadro 3. Características de las variedades.....	24
Cuadro 4. Cuadro comparativo del análisis del suelo antes y después de la cosecha.....	38
Cuadro 5. Análisis de varianza para el rendimiento de materia.....	41
Cuadro 6. Comparación de medias según la prueba de Tukey, variable rendimiento de materia verde (kg/m ²).....	42
Cuadro 7. Análisis de varianza para el numero de hojas.....	46
Cuadro 8. Comparación de medias según la prueba de Tukey, variable número de hojas.....	47
Cuadro 9. Análisis de varianza para el largo de hoja.....	50
Cuadro 10. Comparación de medias según la prueba de Tukey, variable largo de hoja (cm)	51
Cuadro 11. Análisis de varianza para el índice del área foliar.....	54
Cuadro 12. Comparación de medias según la prueba de Tukey, variable área foliar.....	55
Cuadro 13. Costo de las platabandas Bs/ha.....	58
Cuadro 14. Costos variables en Bs/ha.....	58
Cuadro 15. Costos de producción Bs/ha.....	59
Cuadro 16. Beneficio Neto Bs/ha.....	59

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Fluctuaciones de la temperatura.....	36
Figura2. Promedio rendimiento de la materia verde de las cuatro cosechas.....	43
Figura 3. Promedio numero de hojas de las cuatro cosechas.....	48
Figura 4. Promedio largo de hoja de las cuatro cosechas	52
Figura 5. Promedio índice de área foliar de las cosechas.....	56
Figura 6. Beneficio neto.....	60
Figura 7. Beneficio costo.....	60

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.1. Variable: Rendimiento de la materia verde (Kg /m²)

Anexo 1.2. Variable: Número de hojas

Anexo 1.3. Variable: Largo de la hoja (cm.)

Anexo 1.4. Variable: Índice de área foliar

Anexo 2. Variable temperatura promedio durante el desarrollo del cultivo

Anexo 3.1. Costo de la construcción de las platabandas (18 unidades)Bs/54m²

Anexo 3.2. Costos variables. Bs/54m²

Anexo 3.3. Costo de la semilla de espinaca.

Anexo 3.4. Costo para la construcción de la carpa solar en 80m²

Anexo 3.5. Análisis de beneficio costo para una ha, en los niveles de estiércol de ovino aplicado.

Anexo 4. Procedimiento para el cálculo de nutrientes en el suelo, a partir de datos de análisis de suelo

RESUMEN

La agricultura orgánica es de mucha importancia debido a que aporta a la conservación del medio ambiente y preservar la salud humana. Por lo tanto los productos orgánicos son más saludables y libres de agentes tóxicos, con la implementación de ambientes protegidos es una alternativa para la producción de hortalizas que son de mucha importancia en nuestro país. En la zona urbana y peri urbana existe la necesidad de que las familias puedan producir sus propios alimentos, tomando en cuenta que la espinaca (*Spinacea oleracea L*) es un cultivo de mucha importancia, es necesario realizar investigaciones sobre su comportamiento con la incorporación de abono orgánico como el estiércol de ovino, la utilización de bioplaguicidas, contra las plagas y enfermedades, pueden disminuir los costos de producción contribuyendo de alguna manera a mejorar el estado nutricional e incrementar el ingreso económico de las familias de la ciudad de El Alto.

El presente trabajo de investigación tiene el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo de espinaca en ambiente protegido, para ello el presente estudio fue ejecutado en la ciudad de El Alto, distrito 7, zona Puerto Camacho en la Unidad Educativa Oscar Alfaro, el material biológico utilizado fueron dos variedades de espinaca Viroflay y Jamaica con la incorporación de abono orgánico, estiércol de ovino.

El almacigado se realizó el 11 de mayo del 2006, el trasplante el 5 de junio con la incorporación de niveles de estiércol de ovino: 1.5, 3 y 6kg/m² bajo un arreglo en parcelas divididas y un diseño de bloques completos al azar.

A las conclusiones que se llegaron son: para el rendimiento de materia verde se obtuvo en promedio con los niveles de estiércol (1.5, 3 y 6kg/m² de estiércol de ovino) en la variedad Jamaica (N1=0.469kg/m², N2=0.655kg/m² y N3=0.973kg/m²) y con la variedad Viroflay (N1=0.417kg/m², N2=0.625kg/m² y N3=0.900kg/m²), se obtuvo mayor rendimiento con el nivel tres, esto debido a la mayor disponibilidad de nutrientes.

En cuanto al número de hojas la variedad Jamaica mostró mayor cantidad de número de hojas con los niveles de estiércol (N1=6.9, N2=7.9 y N3=9.2 hojas respectivamente) y la variedad Viroflay (N1=6.6, N2=7.3 y N3=8.5 hojas).

Con respecto a la variable largo de hoja en promedio, la variedad Jamaica mostró un largo de hoja superior con los niveles de estiércol (N1=17.5, N2=21.2 y N3=27.8cm respectivamente) y la variedad Viroflay (N1=15.0, N2=19.7 y N3=24.2cm respectivamente) se nota una mayor condición morfológica de la variedad Jamaica, mostrando mayor adaptabilidad, hojas grandes, y gruesas que la variedad Viroflay.

La fertilización orgánica tuvo efecto en cuanto al índice de área foliar, la variedad Jamaica con los respectivos niveles de estiércol de ovino aplicado (N1= 76.5, N2=109.7 y N3=152.2cm² respectivamente) y la variedad Viroflay con (N1=64.6, N2=98.5 y N3=149.7cm² respectivamente), la cantidad de estiércol incorporado tiene mucha influencia en el desarrollo de las hojas.

El análisis económico que se realizó en el cultivo de espinaca nos muestra beneficio costo de acuerdo a las cantidades de estiércol aplicado a1 = 1.5kg/m² se obtuvo 5.7, a2 = 3kg/m² tuvo 8.2 y a3 = 6kg/m² con 8.5 de beneficio costo respectivamente, por lo tanto es recomendable la producción de la espinaca con mayor aplicación de estiércol de ovino así obteniendo mayores rendimientos.

I. INTRODUCCION

La agricultura orgánica en nuestro país, es de mucha importancia debido a que aporta a la conservación del medio ambiente y preservar la salud humana. Por lo tanto los productos orgánicos son más saludables y libres de agentes tóxicos, con la utilización de abonos orgánicos como el estiércol de ovino, además de aportar materia orgánica y humus existe mayor actividad de microorganismos que contribuye a mejorar la fertilidad del suelo, ya que la aplicación de productos químicos ha provocado resultados desfavorables en lo que respecta a la producción de alimentos.

Las hortalizas son fuente principal de vitaminas y minerales, es así que la espinaca es una de las hortalizas con excelente fuente de vitamina A, vitamina C, Hierro y otros minerales esenciales, es un cultivo de ciclo corto y permite de 5 a 7 cosechas durante su ciclo vegetativo, fácil de cultivar y además con demanda en el mercado.

En la zona urbana y peri urbana existe la necesidad de que las familias puedan producir sus propios alimentos y diversificar el consumo de hortalizas, la implementación de ambientes protegidos es una alternativa ya que gracias al mantenimiento de un ambiente adecuado se pueden obtener hortalizas todo el año, debido a que la temperatura la humedad relativa, la dotación de agua y la fertilidad del suelo son variables que se pueden manejar dentro de un sistema cerrado independientemente del clima reinante fuera del lugar.

Siendo la espinaca un cultivo tan importante, se han realizado muy pocos estudios sobre su comportamiento por este motivo es necesario el estudio de dos variedades como la Viroflay y Jamaica ya que estas variedades son de ciclo precoz y proporcionará al productor la obtención de un producto de alto valor nutritivo en poco tiempo, además se desea promover la producción de hortalizas en espacios pequeños para así mejorar la alimentación y generar ingresos económicos adicionales mediante la comercialización de los excedentes. Es necesario recurrir al aprovechamiento más eficiente de todos los insumos producidos como el estiércol de ovino para así conocer el nivel adecuado para la producción de espinaca y determinar el comportamiento de las variedades con la aplicación de estiércol de ovino.

El presente trabajo se realizó con el apoyo técnico y financiero del proyecto MICRO HUERTAS POPULARES DE EL ALTO que ejecutan el Gobierno Municipal de El Alto, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) e Iniciativas Democráticas Bolivia (IDB), que tiene como objetivo: “contribuir al alivio de la pobreza de las familias del Municipio de El Alto mediante la disponibilidad y acceso permanente a los alimentos”

El presente trabajo, contribuye de alguna manera, a mejorar el estado nutricional de las familias e incrementar de alguna manera el ingreso económico de muchas personas de esta ciudad, ya que en esta ciudad se tienen altos índices de desnutrición, por lo tanto se plantean los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento de variedades de Espinaca (*Spinacea oleracea L.*) bajo condiciones de ambiente protegido.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el nivel adecuado de estiércol de ovino en el rendimiento del cultivo.
- Establecer el comportamiento agronómico de las variedades de espinaca.
- Realizar el análisis económico de la producción de espinaca bajo condiciones de ambiente protegido.

III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

3.1. Características Principales del cultivo

3.1.1. Origen

Su origen está centrado en el sudoeste asiático, fue introducida en España por los árabes en el siglo XI y posteriormente a Europa, siendo citadas sus semillas en el siglo XIII por Alberto Magno, (Borrego, 1995).

La espinaca es originaria de Asia Central y se empezó a aprovechar en China en el siglo VII, en Europa su cultivo se remonta al año 1351. La espinaca era conocida por los griegos y los romanos siendo cultivada por primera vez por los árabes, (Serrano, 1980).

3.1.2. Características del cultivo de espinaca

Cuadro 1. Características del cultivo

Días de germinación	7-12 días
Distancias entre plantas	25-30cm
Duración de la primera cosecha	45 - 50 días
Ciclo de vida	3 – 5 meses
Número de cosecha	4 – 6 cosechas
Rendimiento por surco de 30.5 m	18.4 Kg

Fuente: López (1994)

a) Tolerancia al frío: Entre las principales hortalizas de clima frío, cuya temperatura media mensual es de 15 a 18°C está la espinaca, (Valadez, 1996).

Las variedades propias de invierno soportan temperaturas bajas que pueden llegar a 5°C por debajo de 0 sin llegar a dañarse, (Serrano, 1980).

b) Tolerancia a la salinidad: El cultivo de la espinaca tiene una tolerancia de 10 a 12mmho pero esta depende de las condiciones de clima, condiciones del suelo y prácticas de manejo, (Valadez, 1996).

3.1.3. Importancia del cultivo de espinaca

a) Valor nutritivo: Estos vegetales son muy ricos en hierro, pero también son extraordinariamente importantes como fuente de vitaminas A, B, C y D. Contienen además proporciones importantes de calcio, fósforo, potasio, cloro, sodio y magnesio. Son ricas también en ácido oxálico un estimulante del páncreas.

Usadas en ensaladas cuando las hojas son frescas, como verduras apenas cocidas, en sopas y relleno de pastas y otras especialidades como lasagnas, ravioles, suflés, etc. Es muy recomendada en personas anémicas o de vida sedentaria ya que ayuda en la evacuación del intestino. Purifica la sangre, así que se la recomienda en las personas con altos índices de arteroesclerosis y artritis. Según algunos autores especializados la espinaca es muy buena para las personas que necesitan fortalecer sus nervios y cerebro.

La espinaca debe formar obligatoriamente parte de la alimentación de los niños ya que actúa eficientemente en los procesos de crecimiento, (Unterladstatter, 2000).

Cuadro 2. Composición Nutritiva de la Espinaca (por 100 gr. de producto comestible)

ELEMENTO	CANTIDAD	ELEMENTO	CANTIDAD
Prótidos	3.77 g	Vitamina C	59 mg
Lípidos	0.65 g	Calcio	81 mg
Glúcidos	3.59 g	Fósforo	55 mg
Vitamina A	9.420 u.i	Hierro	3.0 mg
Vitamina B1	110 mcg	Valor energético	26 cal
Vitamina B2	200 mcg		

Fuente. López (1994)

El cultivo de espinaca aporta a la alimentación fibras vegetales y beta-carotenos, estos últimos, compuestos precursores de la vitamina A y con importante actividad como antioxidantes en el organismo humano. Contiene más hierro y calcio que otros vegetales, por la forma en que estos se encuentran, unidos a otras sustancias naturales del vegetal, (Serrano, 1980).

También es utilizado en la medicina ya que es bueno para la artritis, reumatismo, inflamación intestinal, estreñimiento, diarrea, debilidad, anemia, hemorroides y enfermedades de la piel, por su contenido alto de hierro, (Torres, 1994).

3.1.4. Clasificación taxonómica

Según Borrego, (1995):

Reino	:	Vegetal
Sub reino	:	Embryobionta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Sub clase	:	Caryophyllidae
Orden	:	Caryophyllales
Familia	:	Chenopodiaceae
Género	:	Spinaceae
Nombre científico	:	Spinacea oleracea L.
Nombre común	:	Espinaca

3.1.5. Descripción botánica

Según Borrego, (1995) las características botánicas son:

- a) Raíz:** pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial.
- b) Tallo:** el tallo es corto y rudimentario, llegando a medir de 5 a 10 cm.
- c) Hojas:** forma en primer lugar una roseta de hojas pecioladas con un limbo que puede ser más o menos sagitado, triangular-ovalado o triangular acuminado, de márgenes enteros o sinuosos y de aspecto blando, rizado, liso o abollado. En esta fase de roseta la planta puede alcanzar una altura de 15 a 25 cm. de altura.
- d) Flor:** forma un escapo floral que puede alcanzar un porte superior a los 80 cm. Las flores son verdosas y es importante señalar que se trata de una especie dioica, es decir que existen plantas de espinaca con flores masculinas y plantas con flores femeninas. Las flores masculinas aparecen en espigas terminales o axilares en grupos de 6- 13 . Las flores femeninas se agrupan en grumérulos axilares.

e) Semillas: de forma lenticular, lisa en unas variedades y espinosa en otras. Como término medio tienen una capacidad germinativa de 4 años, en 1 gr. Puede contenerse unas 115 semillas.

3.1.6. Descripción del Cultivo de espinaca.

Según Borrego, (1995):

a) Forma: existen cultivares erectos, semipostrados o postratos.

b) Tamaño y peso: el tamaño de las hojas depende mucho de la variedad y el tipo de nutrientes a disponibilidad y puede llegar a pesar 20gr la hoja.

c) Color: es de color verde claro o verde oscuro dependiendo de la variedad.

d) Sabor: como la mayoría de las hortalizas es de sabor muy agradable, dulce y jugoso.

3.1.7. Adaptabilidad del cultivo

Se la puede cultivar en los meses más fríos del año es decir a partir de finales de mayo a julio. En los valles es una especie que se puede dar durante todo el año siempre y cuando no se presenten heladas intensas, (Unterladstatter, 2000).

3.1.8. Almacigo

Cuando la siembra se hace en líneas, se separan éstas entre sí de 25 a 35 cm. según la envergadura de la variedad elegida. La profundidad de siembra es aproximadamente de 2cm. La cantidad de semilla depende de la época, de la forma de sembrar (chorrillo o voleo), intensidad de cultivo, tamaño de grano etc. Cuando la siembra se hace con el fin de recolectar escalonadamente las hojas la cantidad de semillas que se emplea es de 4kg por 10 mil m² aproximadamente un gramo por cada metro lineal que se siembra.

Las plantas tardan en emerger de 10 a 20 días según las temperaturas ambientales, (Serrano, 1980).

3.1.9. Requerimiento del cultivo

Marulanda (2003), indica que las dosis de abono que se aplique al cultivo de espinaca dependerán de la fertilidad del suelo, pueden recomendarse las cantidades siguientes:

250kg/ha de N, 50kg/ha de P₂O₅ y 200kg/ha de K₂O.

3.1.9.1. Suelo

El terreno debe ser fresco, pero sin que se produzca problema alguno de estancamiento de agua. No le convienen valores del pH inferior a 6. Los suelos excesivamente alcalinos pueden provocar problemas de clorosis férrica, (Maroto, 1990).

La espinaca puede cultivarse en una gran variedad de suelos, es una de las especies más resistentes a la salinidad. Es importante un buen drenaje, principalmente donde el cultivo se realiza con riego o durante la época más húmeda del año, (Vigliola, 1992).

La espinaca es exigente en la naturaleza de los suelos, tienen fuertes necesidades de nitrógeno y materia orgánica. Requiere buena estructura y un perfecto drenaje no soporta los encharcamientos, también es necesario que los suelos, no se sequen rápidamente, ya que influye bastante en la calidad del producto obtenido. No le van bien en suelos muy arcillosos ni los muy arenosos. La falta de cal en el suelo da lugar a una "subida" rápida de la flor ya que las hojas están poco lozanas. Es planta resistente a la salinidad, (Serrano, 1980).

3.1.9.2. Clima

Se logra un ritmo de crecimiento óptimo durante un tiempo relativamente frío; resistente a las heladas cuando estos no son de gran magnitud. Las temperaturas medias para el crecimiento son las siguientes: óptimo de 15-18°C máximo de 24°C y mínimo 5°C. La floración de espinaca es foto y termo dependiente, se requiere días en alargamiento (más de 14hr.) y temperaturas mayores a los 15-18°C, (Vigliola, 1992).

La espinaca es una planta de clima templado que soporta temperaturas bajas, de hasta 5°C bajo 0. La duración de las horas de luz en el día tiene bastante influencia en el crecimiento y en la subida de la planta (floración), estando bastante relacionada con la temperatura ambiente, (Serrano, 1980).

Para la germinación requiere una temperatura óptima de 15 a 25°C, durante el desarrollo vegetativo temperaturas de 15 a 18°C. Esta planta es de día largo, cuando la

duración del día está comprendida entre 10 y 12 horas, se obtiene el máximo rendimiento de cosecha, (Serrano, 1980).

3.1.9.3. Humedad

La falta de humedad, principalmente cuando los días son largos y las temperaturas altas produce una “subida” rápida de los tallos florales, (Serrano, 1980).

3.1.9.4. Riego

La espinaca teme bastante los excesos de agua, aunque para un desarrollo rápido necesita de humedad en el suelo, no es muy exigente en riegos. Los riegos deben darse con poco volumen y frecuentes. Los riegos por aspersión van bastante bien a esta hortaliza. Se puede aplicar en general de 4 a 6 riegos, dependiendo del tipo de suelo, época del año con un intervalo promedio de 17 días, (Valadez, 1996).

3.1.9.5. pH

Al cultivo de espinaca no le convienen valores del pH inferior a 6. Los suelos excesivamente alcalinos pueden provocar problemas de clorosis férrica. Los suelos ácidos originan un cierto enrojecimiento peciolar, resistente a la salinidad, (Borrego, 1995).

3.1.10. Labores culturales

3.1.10.1. Aporque

El aporque hace que se elimine las malas hierbas y deje el terreno en buen estado de estructura, puede repetirse varias veces hasta que las plantas cubran casi todo el suelo. Esta operación puede hacerse a mano o mecánicamente, (Serrano, 1980).

3.1.10.2. Control de malezas

La espinaca es un cultivo que es muy susceptible a la competencia por malezas, dado su porte relativamente bajo que presenta, siendo además, exigente en cuanto a fertilización y humedad del suelo. Por este motivo, la presencia de malezas afecta en gran manera el desarrollo de este cultivo. Por lo general deben hacerse varias y

frecuentes escardas manuales, a medida que aparecen las malezas, (Unterladstatter, 2000).

3.1.10.3. Deschuponado

El deschuponado se realiza con el fin de promover un mayor desarrollo de la planta, obtener hojas más grandes y libres para captar mayor radiación solar.

3.1.10.4. Cosecha

La recolección se inicia en las variedades precoces a los 40-80 días tras la siembra. Puede efectuarse de dos formas principalmente:

a) Recolección manual: consiste en ir cortando poco a poco las hojas más desarrolladas de la espinaca. En conjunto suelen darse 5 a 6 pasadas a un cultivo. El corte puede hacerse con la uña, partiendo el pecíolo lo más bajo posible. A veces si se quieren comercializar plantas enteras, se corta cada planta por debajo de la roseta de hojas a 1cm. bajo tierra. En este último caso tan solo se dará una "pasada", (Borrego, 1995)

b) Recolección mecanizada: principalmente introducida en el cultivo de espinaca para la industria. Las máquinas que se utilizan son unas segadoras que cortan las plantas a 2 o 3 cm. del suelo, dotados de una cinta transportadora, que traslada las hojas, cortadas hasta un remolque o contenedor, (Borrego, 1995).

3.1.10.5. Rendimiento

La producción de espinaca extensiva rinde unos 10 mil kg/ha, por lo tanto en cultivo intensivo cortando las plantas pueden obtenerse de 15 a 20 mil kg/ha y en una producción bajo condiciones de ambiente protegido se pueden recolectar hasta 50 mil kg/ha, (Serrano, 1980).

3.1.10.6. Conservación

La conservación frigorífica de 0 a (-1 °C) y 90-95 % de humedad relativa permite un almacenamiento entre 2 y 4 semanas. La refrigeración es una operación muy conveniente en las espinacas que vayan a ser almacenadas frigoríficamente. La

prerrefrigeración con vacío y la conservación frigorífica en bolsas de polietileno alarga el almacenamiento de las espinacas hasta 40 días, (Borrego, 1995).

3.1.11. Variedades

En la espinaca, cuando se cultiva en invernadero, conviene tener en cuenta en sus variedades lo siguiente: época de cultivo, resistencia a la humedad y al frío, resistencia a subirse, tamaño de hojas, color de las hojas, tamaño del pecíolo, precocidad, resistencia a enfermedades, (Serrano, 1980).

3.1.11.1 Viroflay

Resistente a la humedad y al frío. De ciclo precoz y de gran productividad. Hojas grandes, de pecíolo largo, forma lanceolada, color verde, consistencia media y poco globosa, (Serrano, 1980).

3.1.11.2. Jamaica

Esta variedad es resistente, precoz de alto rendimiento, hojas grandes y suculentas (Unterladstatter, 2000).

3.1.12. Producción orgánica

Son sistemas que parten de la fertilidad de suelos como base para una buena producción, respetando las exigencias y capacidades naturales de las plantas, animales y el paisaje, busca optimizar la calidad de la agricultura y el medio ambiente en todos sus aspectos. Esta promueve la producción sana y segura de alimentos y fibras textiles desde el punto de vista medio ambiental social y económico. La agricultura orgánica reduce considerablemente la necesidad de aportes externos al no utilizar abonos químicos ni plaguicidas u otros productos de síntesis. En su lugar permite que las poderosas leyes naturales sean las que incrementen tanto los rendimientos como la resistencia de los cultivos, (IFOAM, 1992).

El sistema de reutilización de los recursos orgánicos se ha utilizado tradicionalmente desde tiempos remotos en todas las civilizaciones del mundo, con muy buenos resultados, permitiendo la producción de alimentos en cantidades suficientes. En la

actualidad viene adquiriendo gran importancia para el desarrollo de la agricultura alternativa denominada AGRICULTURA ORGANICA o AGRICULTURA BIOLOGICA donde se realizan los cultivos sin productos químicos ni tratamientos tóxicos, dando resultados muy positivos para el ambiente y la salud humana, (Guerrero, 1993).

La agricultura biológica es la consecuencia de una nueva consideración clave de la corriente ecológica moderna. Elegir esta agricultura, los alimentos que ella produce para la alimentación del hombre, optar por este modo de cuidar el suelo, representa una acción práctica y real o positiva frente a los errores de la agricultura química, (Bellapart, 1996).

3.1.13. Abonos orgánicos

Bajo la denominación de abonos orgánicos, se incluyen todas las sustancias orgánicas de origen animal, vegetal o una mezcla de ambos, que se añade al suelo con el objeto de mejorar su fertilidad. El abono orgánico constituye una de las técnicas tradicionales y eficientes para mejorar los cultivos, por ello los agricultores lo emplean desde tiempo inmemorial, (Valdez, 1995).

Los abonos orgánicos aportan, además de materia orgánica multitud de microorganismos que contribuyen poderosamente a aumentar la fertilidad de los suelos, factores de crecimiento y los principios fertilizantes ácido fosfórico, potasa y nitrógeno que contiene en variables proporciones, (Aguirre,1987).

3.1.13.1. Características de los abonos orgánicos

La utilización de los abonos orgánicos en sus diferentes formas es una tecnología sencilla, de bajo costo y al alcance de los agricultores en todas las zonas de nuestro país. Su aplicación permite resolver la capacidad de retención de agua y favorece el desarrollo de las plantas, (Guerrero, 1993).

El abonamiento orgánico viene a ser un corrector del suelo, es decir enmienda las deficiencias del suelo y su poder fijador, a fin que la planta encuentre en la solución

suelo todos los elementos que son necesarios y en proporciones adecuadas, (Chilón, 1997).

El abonamiento orgánico tiende a incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo y su capacidad de retención de agua, mejora su estabilidad estructural, a facilitar el trabajo del suelo, a estimular su actividad biológica y a suministrarle mayor parte de elementos nutritivos necesarios para los vegetales. La materia orgánica procede en gran parte de la incorporación de los residuos de anteriores cosechas, como son las raíces o las pajas de cereales, restos de prados, madera de poda etc. (Silguy, 1994).

Los abonos orgánicos además de aportar un buen nivel de materia orgánica también proporcionan altos niveles de los nutrientes fundamentales como Nitrógeno, Fósforo y Potasio, (Rodríguez, 1982).

Según Suquilanda (1995), menciona que la materia orgánica cumple un papel de vital importancia en el mejoramiento de los suelos de cultivo, pues su presencia en los mismos cumple las siguientes funciones:

- ❖ Aporta nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas durante el proceso de descomposición.
- ❖ Activa biológicamente el suelo.
- ❖ Mejora la estructura del suelo favoreciendo el movimiento del agua y del aire y por ende el desarrollo del sistema radicular de las plantas.
- ❖ Incrementa la capacidad de retención del agua.
- ❖ Incrementa la temperatura del suelo.
- ❖ Incrementa la fertilidad potencial del suelo.
- ❖ Contribuye a estabilizar el pH del suelo, evitando cambios bruscos.
- ❖ Disminuye la compactación del suelo y favorece la labranza.
- ❖ Reduce las pérdidas del suelo por erosión hídrica y eólica.

3.1.14. Estiércol de ovino

Es uno de los mejores abonos y más utilizados por su calidad puesto que desempeña la función importante en el enriquecimiento del suelo. El valor en humus depende del estado de fermentación al que se ha llegado, (Rodríguez, 1982).

3.1.14.1. Características del estiércol de ovino

La fuente de fertilización más importante en las huertas es el estiércol, que por su aporte de materia orgánica posee una acción física, pues favorece la agregación de los coloides del suelo, una acción biológica por el aporte de microorganismos y también una acción química, ya que la descomposición de materia orgánica libera de la acidez nutrientes de compuestos orgánicos insolubles como el fosfato tricálcico, (Vigliola, 1992).

El estiércol consta de 2 componentes originarios, el sólido y el líquido, en una relación aproximada de 3 a 1. Por lo general, un poco más de la mitad de Nitrógeno. Casi todo el ácido fosfórico y alrededor de 2/5 de potasa se hallan en el estiércol sólido, (Bukman y Brady, 1993).

Presenta un pH aproximado de 7.2 y una densidad aparente de 0.41 gr./cc (Rodríguez, 1982).

El estiércol de oveja es considerado un abono orgánico con 64 % de humedad, y 60% de materia orgánica y 1-2% de N, 0.7-1% de P₂O₅, 1-2.5% de K₂O. Sin embargo el estiércol de oveja es más que el de caballo; especialmente en ácido fosfórico, (Gros, 1986).

3.1.15. Fertilización orgánica

El estiércol es uno de los residuos agrícolas más importantes por su uso, parte de la porción no utilizable de los cultivos pueden entrar en el suelo para ejercer allí una acción mucho más importante de lo que pudiesen creerse por su contenido de nutriente. El mundo ha entrado ya en una era en la cuál la prevención del desgaste agrícola cada vez es más necesario así como un uso más prudente del estiércol.

3.1.16. Descomposición de la materia orgánica

El proceso de descomposición de materia orgánica en el suelo se lleva a cabo principalmente por microorganismos con desprendimiento de calor. A medida que la materia orgánica llega al estado final de descomposición como humus, disminuye la temperatura, disminuye el desprendimiento de gases y disminuye la actividad microbiana y el número de microorganismos al menos en forma vegetativa, (Bellapart, 1996).

Para una total descomposición de la materia orgánica, el humus del suelo se descompone de manera bastante lenta, con una descomposición de alrededor del 2% al 5% anual. El humus contiene la mayor parte de la capacidad de intercambio cationico de la materia orgánica (cargas negativas que permiten la retención de ciertos nutrientes como calcio, el magnesio y el potasio), (Clades, 1997).

3. 1.16.1. Proceso de mineralización

La mineralización es un proceso de transformación bastante lento (1-8%) que desde un punto de vista agrícola debe ser realizado por microorganismos aeróbicos, como resultado la liberación de nutrientes para la planta, (Chilon, 1997).

El material orgánico es transformado por los microorganismos del suelo; y luego descompuestos por los organismos menores o microorganismos, tales como bacterias y hongos. En este proceso se forma el anhídrido que es asimilado por las hojas de los vegetales participando en ello la fotosíntesis, el agua y minerales que proveen a la planta de nitrógeno, azufre, fósforo, potasio y diversos micro nutrientes y ácidos como el carbónico, nítrico y sulfúrico los que reaccionan con otros minerales del suelo liberando a su vez otros nutrientes para los cultivos, (Unterladstatter, 2000).

El mismo autor indica que las plantas aprovechan todo de la materia orgánica. Las partes orgánicas que pasan más rápidamente por el proceso de mineralización son las plantas jóvenes como los abonos verdes, las partes más tiernas de los vegetales, el estiércol fresco y el estiércol líquido, todos estos materiales son fácilmente mineralizados.

3.1.16.2. Proceso de Humificación

A medida que se transforman, la materia orgánica en humus aparecen productos simples como CO₂ CO – H (ácido carbónico), NO₃ (Nitratos), NO₂ (Nitritos), N (Nitrógeno), NH₃ (Amoníaco y sales amoniacales), SH (Ácido sulfhídrico), S (Azufre), SO₃(Sulfato), O (Oxígeno), H, CH₄ (Metano), K (Potasio ión orgánico), Mg (Magnesio ión), PO₃(Fosfatos), (Tisdale y Nelson, 1982).

Las partes más viejas de las plantas, o las más endurecidas, como por ejemplo los rastrojos, el estiércol bien descompuesto, el compost orgánico, son materiales de descomposición más lenta y contribuyen directamente a la formación del humus. Aunque el humus es una de las formas más estables de la materia orgánica, esta también puede ser degradada; en climas calientes y húmedos la descomposición de la materia orgánica por más resistente que ella fuera, es muy rápida sin que haya tiempo para la formación de humus y más bien se da una combustión acelerada de la materia orgánica. Es por eso que al pasar de un clima caliente a uno frío se nota mayor formación y acumulación de humus en el suelo. Por otro lado los climas calientes y húmedos ofrecen una ventaja: el crecimiento de la vegetación es más acelerado y exuberante, siendo que la producción de materia orgánica es mayor (Unterladstatter, 2000).

3.1.17. Turba

Es un material orgánico compacto, de color pardo oscuro y muy rico en carbono, que se forma como resultado de la putrefacción y carbonización parcial de la vegetación en el agua ácida de las turberas. En Bolivia, la vegetación formadora de turba está compuesta en su mayoría por musgos, (Lampkin, 1998).

3.1.18. Funciones de los elementos nutritivos

a) Nitrógeno: El nitrógeno es un componente vital tanto del protoplasma, las moléculas clorofílicas y los aminoácidos de los cuales se derivan las proteínas como de los ácidos nucleicos. El crecimiento de los cultivos se reduce drásticamente si no se encuentran presentes las cantidades adecuadas de nitrógeno, (Gordon, 1992).

El mismo autor menciona que los síntomas que se han observado más frecuentemente por la deficiencia de nitrógeno son: la atrofia del crecimiento, y la coloración foliar, que va de un verde pálido al amarillo en hojas que son más pequeñas que lo normal. Las hojas más antiguas son las más afectadas ya que el nitrógeno es un elemento relativamente móvil y va extrayéndose de las hojas antiguas y trasladándose al follaje joven.

La descomposición gradual de la materia orgánica del suelo es una fuente de nitrógeno vegetal. Aunque ciertos compuestos de nitrógeno orgánico pueden ser utilizados directamente por plantas, la mayor parte se absorbe como iones inorgánicos. Los dos iones que se encuentran más disponibles son el nitrato (NO_3) y el amoníaco (NH_4). Aunque en el suelo se encuentran cantidades considerables de nitrógeno, la mayor parte no se halla en su forma inorgánica, sino como componente de los microorganismos o como parte de la materia orgánica que no ha sido descompuesta. Entre los fertilizantes mas antiguos que aportan nitrógeno al suelo está el estiércol animal, (Gordon, 1992).

El nitrógeno es un constituyente de los más importantes compuestos y complejos orgánicos minerales de la planta. Como ejemplo están los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, aminos, amidas, etc. (Rodríguez, 1991).

a) Fósforo: el fósforo es vital en muchos aspectos del crecimiento vegetal pero, tal vez el valor más destacado se encuentra en el almacenamiento y la transferencia de energía, La formación de adenosin trifosfato (ATP) que contiene uniones fosfato de “alta energía” tiene una enorme importancia en el metabolismo vegetal. Otros compuestos de los cuales forma parte el fósforo son los ácidos nucleicos, los fosfolípidos y las coenzimas NAD y NADP. Por estos motivos es obvio que el fósforo es absolutamente esencial, aunque, en los tejidos vegetales se encuentra presente en cantidades mucho menores que los otros nutrientes importantes, (Gordon, 1992).

Debido a su importancia vital en la transferencia de energía en la planta una deficiencia de fósforo se manifiesta en la alteración del metabolismo del crecimiento. Se atrofia el

crecimiento; las hojas más antiguas tienden a cortarse porque, como sucede con el nitrógeno, el fósforo es móvil y se desplaza del follaje más antiguo al más joven. Las hojas tienen un color más oscuro y algunas veces están deformadas. Tienden a acumularse los carbohidratos, provocando de esta forma, la producción de antocianinas y la coloración roja o púrpura de las hojas y tallos, (Gordon, 1992).

El fósforo influye sobre las siguientes funciones: división celular y crecimiento, formación de albúmina, floración y fructificación, formación de semilla de raíces, calidad de cosecha, resistencia a enfermedades, etc. (Rodríguez, 1991).

Con la excepción del N ningún otro elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas como el fósforo. Una carencia de este elemento es doblemente serio, puesto que evita que las plantas aprovechen otros nutrientes, (Valadez, 1996).

c) Potasio: aunque no existen dudas de que este elemento es esencial, todavía no se ha determinado la función exacta del potasio.

No se conoce ningún compuesto orgánico importante que lo contenga. Es esencial para fotosíntesis, el transporte de los azúcares y la activación enzimática, aunque sus funciones específicas no están muy claras. Una hipótesis reciente establece que los iones de potasio se “bombean” hacia dentro o fuera de las células protectoras, regulando de esta manera el potencial de agua y el cierre y la apertura de los estomas (Gordon, 1992).

Cómo sucede con nitrógeno y el fósforo, el potasio es un elemento móvil; por lo tanto, los primeros síntomas de deficiencia se presentan en las hojas más antiguas. Lo primero que puede observarse es una clorosis foliar, seguida por la necrosis del ápice y el margen de las hojas; el signo que determina más frecuentemente la deficiencia de potasio es un “socarrado marginal”. Los cambios metabólicos producidos por una cantidad inadecuada de potasio son la acumulación de los carbohidratos y de los compuestos nitrogenados solubles, como resultado de la falta de síntesis proteica (Gordon, 1992).

El potasio ejerce una acción sobre el poder de asimilación de las hojas y las síntesis de los Glúcidos, además de tener influencia sobre la economía del agua y la concentración de los jugos celulares. Su acumulación en la raíz crea un potencial osmótico que permite el movimiento del agua en la planta, operando de igual manera en las hojas. Por otra parte, es un elemento específico como regulador del movimiento de apertura y cierre de las estomas, (Rodríguez, 1991).

La presencia de adecuada cantidad de K utilizable, tiene mucha relación con el tono general y vigor en el crecimiento de las plantas. Es mayor la resistencia del cultivo a ciertas enfermedades y fortalece el sistema radicular, el K tiende a frustrar los efectos nocivos de un exceso de N, (Valadez, 1996).

3.2. Accidentes, Plagas y enfermedades

3.2.1. Accidentes y Fisiopatías

3.2.1.1. Heladas.

La temperatura crítica a la cual los diferentes órganos vegetales son perjudicados difiere según especies y variedades; en la espinaca los daños dependen también de la intensidad y duración de la helada y del nivel de disminución de la temperatura. Al producirse un descenso de la temperatura se produce un debilitamiento general de las funciones de las plantas, al descender la temperatura por debajo del óptimo se puede producir disfunciones que pueden afectar a la planta. Las heladas en el cultivo de espinaca produce la subida a la flor prematura, (Borrego, 1995).

3.2.1.2. Polución ambiental

Las espinacas son muy sensibles a los productos tóxicos que suelen contaminar el aire, como peróxidos, ozónidos e hidrocarburos, (Borrego, 1995).

3.2.1.3. Carencia de Boro

La planta desarrolla escasamente en altura, sufre una clorosis intensa y las raíces aparecen de un color negrusco, (Borrego, 1995).

3.2.1.4. Carencia de Magnesio

En suelos con pH elevados provoca una clorosis foliar, mientras que las nervaduras quedan de color verde, (Borrego, 1995).

3.2.2. Plagas

Entre las principales plagas de la espinaca en Bolivia se tiene a la pulga saltona, (*Epitrix cucumeris*), a las diabroticas, (*Diabrotica sp*) y al pulgón del tallo y las hojas, (*Brevicorine brassicae*) y los minadores de la hoja, (Unterladstatter, 2000).

La mosca de la remolacha (*Pegomeja betae curtis*), produce galerías entre las dos epidermis de la hoja. Pulgones, producen abarquillamiento, amarillamiento, etc. Gusanos grises; lepidópteros del género *Agrotis*, suelen atacar en otoño y primavera, devorando el cuello de la raíz de las plantas y provocando su marchitamiento. Caracoles y babosas, (Borrego, 1995).

3.2.3. Enfermedades

Mildiu de la espinaca (*Peronospora spinaciae Laub*), provoca la aparición de manchas amarillentas en el haz y un afebrado grisáceo en el envés. Cercosporosis (*Ceriospora beticola Sacc.*), provoca la aparición en las hojas de manchas redondeadas, rodeadas de un halo rojizo. *Botrytis cinerea* Pers, provoca una podredumbre algodonosa en hojas. *Phytium* de *Baryanum* Hesse, produce el colapsamiento de la roseta de hojas y la raíz principal se necrosa casi en su totalidad, (Borrego, 1995).

Las enfermedades que producen mayor daño al follaje, en el cultivo de la espinaca, están la *Cercospora*, *Peronospora*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Albugo* y la *Antracnosis*, (Serrano, 1980).

3.3. Sistemas atemperados

Los sistemas atemperados son ambientes propicios para el cultivo de las hortalizas, por su mayor tamaño, además que aprovecha la energía solar positiva, recibir luz, temperatura, evapotranspiración que beneficia al desarrollo de los cultivos. La construcción por lo general es sencilla, se utilizan adobes para los muros, madera o callapos para el armazón del techo y agrofilm para la cubierta, (Hartman, 1990).

3.3.1 Tipos de ambientes protegidos

La tecnología de protección de cultivos implementada en nuestro país, se ha basado en la implementación de diferentes modelos de invernaderos y carpas solares a las condiciones climáticas y socio-económicas locales. De este proceso de adaptación han derivado diversos tipos que se repiten con mayor y menor frecuencia y son las siguientes: tipo túnel, medio túnel, media caída, doble caída, walipini y de camas protegidas. Cada tipo cuenta con características propias, (Blanco et al.1999).

3.3.2. Importancia del ambiente protegido.

Existen distintos tipos de construcciones como invernaderos, ambientes protegidos, carpas solares, con el fin de proteger las cosechas, conseguir un adelanto o retraso de su ciclo, controlar riego humedad y radiación. Los ambientes protegidos son cubiertas que evitan el descenso de temperaturas a niveles críticos, la energía solar es la fuente para calentar estos ambientes, siendo los más comunes en la región andina de Bolivia, (Valdez, 1995).

Los ambientes protegidos son construcciones que permite la producción de cultivos más delicados tiene como fin:

Producir en zonas cuyo clima no le permite al aire libre. Producir en zonas en que se producen normalmente al aire libre pero en épocas distintas de la habitual, con el fin de presentar productos “fuera de temporada”, (Bernat et al. 1987).

3.4. Orientación

Las carpas solares deben ser debidamente orientadas, esto permitirá captar la mayor concentración de luz/temperatura/horas/día/planta, lo que favorecerá para obtener cultivos y plantas con un buen desarrollo vegetativo, obteniendo excelentes rendimientos, (CEDEFOA, 2002).

Es muy importante situar la carpa solar donde capte la mayor concentración de luz, temperatura cerca de una fuente de agua; en cuanto al suelo elegir con preferencia terrenos planos; lugares desprotegidos donde no existen árboles que puedan proyectar sombras a la carpa solar, (Flores, 1999).

Recomienda, que el techo o lámina de protección de un ambiente atemperado en el hemisferio sur debe orientarse al norte con el objetivo de captar una mayor radiación solar, de esta manera el eje longitudinal esta orientado de Este a Oeste, (Hartman, 1990).

3.5. Variables micro climáticas en carpa solar

Los ambientes protegidos tienen la finalidad de controlar los factores físicos, como temperatura, humedad, luminosidad y ventilación los cuales nos proporcionan condiciones adecuadas par el desarrollo de las plantas cultivadas en su interior. Los parámetros físicos no son independientes entre sí, tienen una relación directa, ya que cuando cambia el comportamiento de uno, este hace que cambien también las condiciones de los otros, (Hartman, 1990).

3.5.1. Temperatura

La temperatura influye en las funciones vitales de los vegetales como la transpiración, respiración, fructificación; las temperaturas máximas y mínimas que soportan la mayoría de los vegetales es de 0 a 50°C fuera de estos límites casi todos mueren o quedan en estado de vida latente, (Serrano, 1980).

La temperatura tiene mucha importancia en el desarrollo de las plantas, afecta a la intensidad y velocidad de los procesos fisiológicos, actúa en forma directa sobre la humedad y la evaporación incidiendo en la morfología vegetal, (Flores, 1999).

La temperatura de un ambiente protegido depende en gran manera 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 del ambiente protegido, (Hartman, 1990).

3.5.2. Humedad Relativa

La mayoría de las plantas desarrollan en un medio ambiente de una humedad relativa del aire que oscila entre los 30 y 70%. Una baja humedad relativa en las plantas, provoca marchitez y por un exceso invita a la proliferación de plagas y enfermedades.

Por otra parte, un ambiente seco dentro de las carpas solares, influye en la duración del agrofilm lo cual llega a deteriorarse rápidamente, (Flores, 1999).

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

3.5.3. Luminosidad

Un ambiente atemperado debe captar la máxima radiación solar posible y procurar que esta llegue al terreno del cultivo y a los colectores de calor, (Hartman, 1990).

La luminosidad es considerada uno de los factores más importantes del medio, ya que es parte integrante del proceso de fotosíntesis de la clorofila en las plantas, el crecimiento, el fototropismo, la morfogénesis, fotoperiodismo, la formación de pigmentos y vitaminas. El anhídrido carbónico (CO_2) junto a la luz más la temperatura ayudan a la fotosíntesis, para obtener mayores resultados cuantitativos, precocidad y buena calidad, (Flores, 1999).

3.5.4. Ventilación

Una mala ventilación trae consigo problemas de asfixiamiento, debilitamiento de las plantas y como también la proliferación de plagas y enfermedades, (Flores, 1999).

La mayor parte de los ambientes protegidos requieren de un eficiente sistema de ventilación por tres razones: a) para abastecimiento de CO_2 , utilizado por las plantas para la fotosíntesis, b) para limitar y controlar la elevación de temperatura en el ambiente; c) para reducir la humedad procedente de la transpiración de las plantas, (Guzmán, 1993).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Características generales

4.1.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en la Unidad Educativa Oscar Alfaro, zona Puerto Camacho, distrito 7 de la ciudad de El Alto, provincia Murillo del departamento de La Paz, a 5 Km. al suroeste de la Ceja del El Alto, dentro del Proyecto Micro Huertas Populares de El Alto, que ejecutan el GMEA con el apoyo técnico de la FAO.

Geográficamente se ubica a 68° 17' de longitud Oeste y 16° 30' de latitud Sur y a una altura de 4000 msnm, (INE, 2002).

4.1.2. Descripción del área de estudio

4.1.2.1. Clima

La ciudad de El Alto presenta una temperatura promedio anual de 8°C, una precipitación anual de 550 a 600mm y una evapotranspiración potencial (ETP) máximo en verano con valores promedios de 300mm y la mínima en invierno con 114mm, siguiendo principalmente la evolución de la radiación neta y la radiación solar global promedio anual de 533 cal/cm²/día, (ZONISIG, 1998).

4.1.2.2. Suelo

La zona se caracteriza por tener un suelo de tipo franco arcilloso. El suelo del sector tiene: estructura media, compactación moderado, estas características permiten la infiltración del agua.

4.2. Materiales

4.2.1. Material Vegetal

En el presente trabajo de investigación se utilizaron semilla del cultivo de espinaca (*Spinacea oleraceae* L) que tiene las siguientes características.

Cuadro 3. Características de las variedades

Variedades	Procedencia	Germinación (%)	Pureza (%)
Viroflay	E.E.U.U.	85	87
Jamaica	Argentina	90	92

Fuente: Regional de Semillas (2006)

4.2.2. Material Orgánico

Se utilizó, turba y estiércol de ovino, provenientes de la localidad de Milluni, los cuales fueron sometidos al análisis de laboratorio correspondiente. La mezcla que se empleó fue de 50% de tierra del lugar, 30% de turba y 20% de arena, el estiércol de ovino en diferentes niveles: 1.5kg, 3kg y 6kg/m² respectivamente, (Marulanda, 2003).

4.2.3. Material de Campo

Se emplearon: picotas, palas, malla cernidor, carretilla, rastrillo, chontilla, escardadores, clavos, cuerdas, cinta métrica, regaderas, manguera, letreros, marbetes.

4.2.4. Material de Gabinete

Se utilizó material de escritorio cámara fotográfica, y equipo de computadora con Softward.

4.2.5. Materiales para la Construcción de las Platabandas.

Se emplearon: piedras, cemento, arena, ladrillos.

4.2.6. Características de la carpa solar

El experimento se realizó en una carpa solar modelo de dos agua, cuya estructura esta formada por piedra, cemento, adobes, callapos de eucalipto y cobertura de agrofilm de 250 micrones, con las siguientes dimensiones: 5m de ancho y 16m de largo con una altura frontal de 2.50m y las paredes laterales de 1.50m de alto. La superficie útil de la carpa solar es de 80m².

4.2.6.1. Instrumento Meteorológico

Un termómetro ambiental

4.2.6.2. Insumos

Se utilizaron productos naturales para el control de plagas y enfermedades: plantas repelentes, extractos, etc.

4.3. Metodología

4.3.1. Procedimiento Experimental

4.3.1.1. Construcción de almacigueras

Se construyeron 4 almacigueras de madera de las siguientes dimensiones: ancho 0.40m, largo 0.60m y con una profundidad de 0.10m.

4.3.1.2. Preparación del sustrato para almaciguera

Posteriormente se realizó el preparado del sustrato, que contenía tierra del lugar, estiércol de ovino, turba, ceniza y arena fina, en una relación de (40:20:10:10:20) %, Marulanda (2003), equivale a (4, 2, 1, 1y 2 palas) respectivamente, para un total de 4 almacigueras, equivale en volumen 0.024m³ y las partículas no deben ser mayores a 1mm de diámetro.

4.3.1.3. La siembra de la semilla de espinaca

La siembra se realizó en 4 almacigueras descritas anteriormente, el 11 de mayo del 2006 a horas 8:30 de la mañana, en surcos de 1cm. de profundidad en un total de 7 surcos por almaciguera a una distancia de 7cm. entre surcos. Las semillas se colocaron a una distancia de 0.5cm. entre ellas, después se las cubre cuidadosamente y protege las almacigueras con paja.

El riego se lo realizó por las mañanas con una regadera fina, seguido los 3 primeros días para favorecer la germinación, posteriormente se redujo a día por medio.

4.3.1.4 Construcción de las platabandas

Se procedió a la construcción de las platabandas que tuvo las siguientes dimensiones: un largo de 2m y ancho de 1.50m con una profundidad de 0.30m. por unidad experimental en un total de 18 platabandas, utilizando ladrillos y hormigón.

4.3.1.5. Preparación del sustrato para las platabandas

Se continuó con el preparado del sustrato para las platabandas que contenía tierra del lugar, arena fina y turba (incorporación a fondo), con una relación de 50%:30%:20% (Marulanda, 2003), es decir 9 carretillas de tierra del lugar, 7.5 carretillas de arena y 5.5 carretillas de turba, en un total de 22 carretillas por cada platabanda para formar un sustrato de 0.25 m de profundidad, según el diseño, para un total de 18 platabandas.

La incorporación de estiércol de ovino se la realizó previamente pesado con la balanza de acuerdo a los niveles de fertilización (1.5kg/m^2 , 3kg/m^2 y 6kg/m^2) según el diseño respectivamente.

4.3.1.6. Muestreo del suelo

Una vez preparado el sustrato se procedió a tomar muestras, primeramente del sustrato preparado a fondo y el estiércol de ovino antes de incorporar al sustrato preparado a fondo. Posteriormente se procedió al análisis químico, físico correspondiente.

4.3.1.7. Trasplante de espinaca

El trasplante se efectuó cuando los plantines tenían de 3 a 4 hojas verdaderas y una altura aproximada de 7 a 8cm, el 5 de junio del 2006, con una distancia de 0.30m entre surcos y 0.25m. entre plantas, en horas de la tarde, después se aplicó riego abundante los primeros días.

4.3.1.8. Labores culturales

Durante el trabajo de investigación se realizaron las siguientes labores culturales.

a) Refalle

El refalle de las plantas se hizo a los 7 y 10 días después del trasplante para reemplazar plantas perdidas y dañadas por plagas (gusanos grises en estado larval); esta práctica se efectuó con el propósito de uniformizar la población de diferentes tratamientos, la reposición de las plántulas fue de un 4% de la población en todos los tratamientos.

b) Riego

Se utilizaron regaderas caseras que se hicieron en forma manual de botellas desechables con una frecuencia de 3 a 4 veces por semana durante todo el ciclo vegetativo de la planta, que corresponde hasta la cuarta cosecha.

c) Escarda

Al aplicar diariamente los riegos y con el paso del tiempo se van formando costras sobre la superficie que impide que el aire penetre en sus espacios porosos, limitándose así la toma de agua y alimentos. Para evitar este problema, se procedió a romper las costras de la parte superficial (dos a tres veces por semana), con escardadoras de madera, si es necesario con chontilla pequeña, teniendo el cuidado de no hacer daño a las raíces.

Las escardas después de la primera cosecha se realizaron solo en cada actividad porque el periodo entre cosechas fue cada vez menor.

d) Deshierbe

El deshierbe se realizó, después del trasplante a los 15, días y una vez por semana, sacando la malas hierbas manualmente, teniendo cuidado de no maltratar las plantas.

e) Formación de la planta

Para la formación se procedió a quitar las hojas más pequeñas externas (mal desarrolladas) a los 35 días del trasplante, esto con el objetivo de obtener hojas más grandes vigorosas y de buena calidad.

f) Deschuponado

El deschuponado se la realizó a los 25 días del trasplante, con una frecuencia de una a dos veces por semana durante el ensayo.

g) Aporque

El aporque se realizó durante el desarrollo vegetativo a los 15 días del trasplante, tomando en cuenta de no cubrir con tierra las hojas nuevas. Gracias al aporque realizado se obtuvo un incremento en crecimiento del cultivo.

h) Control de plagas

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

Se acudió al uso de eucalipto 70gr de hojas tiernas y viejas, macerado en dos litros de agua hervida durante 2 a 3 días, también se procedió al uso de macerado de ajo una cabeza de ajo y una cebolla mediana bien molidos, se cuele el extracto a un litro de agua, la dosis del extracto 500cc/litro de agua y luego se fumigó sobre la planta; otra forma de control fue manualmente, eliminando los pulgones antes que se infeste de esta plaga.

i) Cosecha

La cosecha se la realizó manualmente en forma escalonada, quitando las hojas desde la base cuidadosamente, las hojas mejor desarrolladas (comerciales) La primera cosecha a los 53 días, la segunda a los 72 días, la tercera a los 85 días, y la cuarta a los 92 días, luego se realizó el pesaje para llevar en una hoja de registros todos los datos. Posteriormente se lavo, seleccionó para luego comercializarlo.

4.3.1.9. Toma de datos

Se tomaron 10 muestras al azar de cada platabanda o tratamiento, descartando los que estaban en los pasillos y sus extremos. Los cuales fueron evaluados en cada cosecha del cultivo, llevando un registro de ello.

4.3.1.10. Análisis estadístico

Para demostrar las diferencias entre los tratamientos, número y distancia entre plántulas, se utilizó el análisis de varianza (ANVA) y las pruebas de significancia mediante las pruebas de Tukey, procesados por el paquete estadístico S.A.S. versión 6.2.

4.3.1.11. Registro de Temperatura

Se realizó el registro diario de la temperatura mínima, máxima en la carpa solar se lo obtuvo con un termómetro, en dos horarios a las 6:00 a.m., 15:00 p.m., analizándose los datos con los promedios semanales y mensuales, para conocer su influencia en el desarrollo del cultivo.

4.3.1.12. Evaluación de los costos de producción.

Después se prosiguió al análisis de los costos de producción de los tratamientos, con el rendimiento que se obtuvieron durante el ensayo experimental.

4.3.2. Diseño Experimental.

El diseño experimental que se utilizó fue: Bloques Completos al Azar con arreglo en Parcelas Divididas, se utilizó bloques por que habían diferencias entre bloques, debido a la cantidad de luz, ventilación, etc. y parcelas divididas por que el factor A (Variedades), necesariamente tiene que distribuirse en parcela grande y el factor B (Niveles de estiércol), en parcela pequeña para conseguir una mejor evaluación sobre la interacción de estos factores y lograr mayor precisión en la evaluación del factor B, (Calzada, 1982).

Los factores en estudio fueron:

FACTOR A: Variedades

a1 = Viroflay
a2 = Jamaica

FACTOR B: Niveles de Estiércol

b1= Estiércol de ovino 15 t/ha
b2= Estiércol de ovino 30 t/ha
b3= Estiércol de ovino 60 t/ha

4.3.2.1. Modelo Lineal Aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ji} + \lambda_k + \alpha\lambda_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

b_j = Efecto del j-ésimo bloque

a_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Variedades)

e_{ji} = Error de la parcela grande (A)

λ_k = Efecto del k-ésimo nivel del factor B (Niveles de estiércol)

$\alpha\lambda_{ik}$ = Interacción A x B

e_{ijk} = Error de la parcela pequeña (B)

Fuente: Calzada, (1982).

4.3.2.2. Características de los tratamientos

De acuerdo a los factores experimentales se formularon 6 tratamientos, a saber:

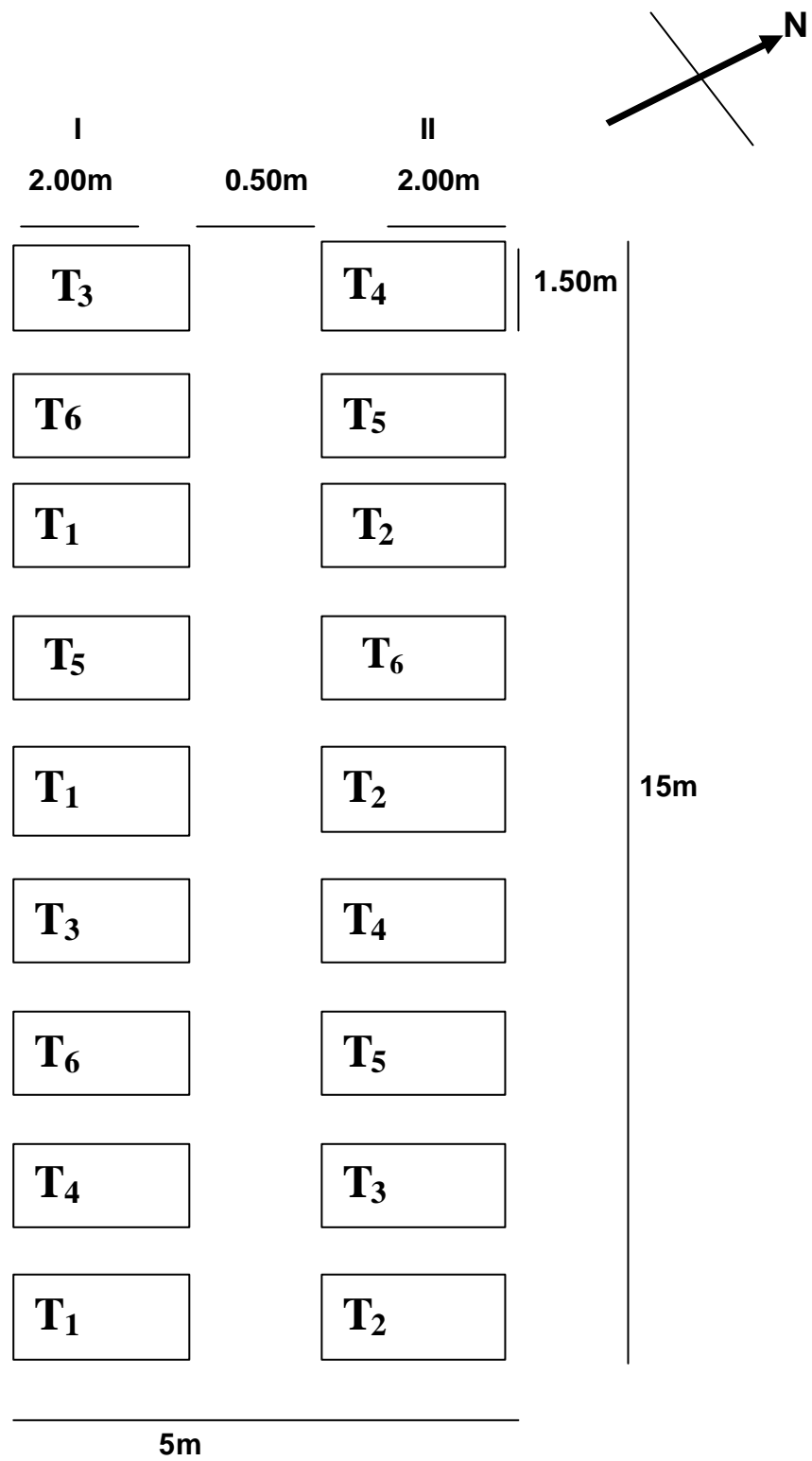
T1	a1b1	=	Viroflay x Nivel 1 (1.5 kg)
T2	a1b2	=	Virofaly x Nivel 2 (3 kg)
T3	a1b3	=	Viroflay x Nivel 3 (6 kg)
T4	a2b1	=	Jamaica x Nivel 1 (1.5 kg)
T5	a2b2	=	Jamaica x Nivel 2 (3 kg)
T6	a2b3	=	Jamaica x Nivel 3 (6 kg)

4.3.2.3. Características del área experimental

La distribución de las unidades experimentales se realizó en todo el ambiente atemperado, teniendo las siguientes dimensiones:

Largo de la carpa solar	:	15m
Ancho total de la carpa	:	5m
Superficie total de la carpa	:	80m ²
Número de platabandas	:	18
Largo de la platabanda	:	2m
Ancho de la platabanda	:	1.50m
Área de la platabanda	:	3m ²
Área total del ensayo	:	54m ²
Distancia entre plantas	:	0.25m
Distancia entre surcos	:	0.30m.
Número de surcos x platabanda	:	6
Número de plantas x platabanda	:	30

4.3.2.4. Croquis del experimento



Esc: 1:100

4.3.3. Variables de Respuesta Agronómicas

Se consideraron las siguientes variables:

4.3.3.1. Rendimiento en Materia Verde

Para su evaluación se pesaron las muestras de cada tratamiento, para luego pesar el total de las plantas por platabanda. Las unidades utilizadas fueron de kg./planta/m², la cual fue convertida a t/ha. Considerando el número de plantas por cada platabanda.

4.3.3.2. Número de hojas

El número de hojas se cuantificó en cada cosecha, en las muestras correspondientes de las plantas con hojas más desarrolladas.

4.3.3.3. Largo de la hoja

El largo de hoja se midió con la ayuda de un flexo metro, en cada una de las cosechas.

4.3.3.4. Área Foliar.

El área foliar es uno de los parámetros más importantes en la evaluación del crecimiento, la determinación de la misma es fundamental, para la correcta interpretación de los procesos en una especie vegetal, (Méndez, 1993).

Para determinar el área foliar se seleccionaron 3 hojas al azar de cada unidad experimental las cuales se herborizaron, una vez seca se procedió a sacar la fotografía de toda las hojas juntamente con un calibre, de cada una de las plantas para ello se utilizó un trípode y nivel. Luego se usó el paquete SIGMA SCAT PRO para obtener el área foliar en cm² de cada una de las plantas, habiendo obtenido el área foliar y tanto del suelo de cada planta en diámetro se determinó el IAF tomando la siguiente formula mencionada por, (Rodríguez, 1991).

$$\text{IAF} = \frac{\text{Área foliar cm}^2 \text{ dm}^2}{\text{Área de suelo cm}^2 \text{ dm}^2}$$

4.3.4. Análisis económico

4.3.4.1. Costo de construcción de las platabandas

En el diseño de las platabandas, uno de los factores es el costo. Esto permite decidir si la realización del proyecto es factible o no. Para la construcción se ha tomado en cuenta los siguientes costos.

4.3.4.2. Costos variables

Los costos variables son aquellos costos que varían en una producción agrícola que influyen los insumos y la mano de obra requerida.

4.3.4.3. Costo de producción

Para el análisis económico, se utilizó el método de presupuestos parciales, recomendada por el CIMMYT, (1988) permitiendo determinar las aplicaciones económicas en costos y beneficios.

Primeramente se determinaron los costos de insumos en base a valores regionales, posteriormente los costos de producción, con la cantidad de insumos variables y la mano de obra utilizada en la fase de campo. Con estos datos se elaboró el presupuesto parcial en función al rendimiento promedio de kg/m^2 , ajustando el mismo al 10%.

El análisis marginal y el presupuesto parcial nos sirvieron para determinar las implicaciones económicas de los tratamientos en la investigación.

4.3.4.4. Beneficio Neto

El beneficio neto es el valor de todos los beneficios de una producción que se percibirá, menos el costo total de producción, (Perrin et.al, citado por palacios, 1999).

4.3.4.5. Relación beneficio/costo B/C

La relación de beneficio/costo, es la comparación sistemática entre el beneficio o resultado de una actividad y el costo de realizar esa actividad.

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

4.3. 4.6. Análisis de laboratorio

El análisis físico y químico del estiércol de ovino y del suelo se llevo a cabo en IBTEN, antes del trasplante y después de toda la cosecha realizada, los cuales nos permitieron ver la cantidad de nutrientes presentes en el sustrato preparado y cuanto utilizó el cultivo de espinaca de los distintos elementos que contenía el suelo.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos que a continuación se presentan, muestran los efectos de los factores estudiados en el presente trabajo de investigación.

5.1. Variables ambientales de la carpa solar.

5.1.1. Temperaturas en la carpa solar durante el desarrollo del cultivo

La gráfica muestra las temperaturas registradas durante la producción del cultivo de espinaca, estas fueron tomadas con un termómetro ambiental en el interior de la carpa solar.

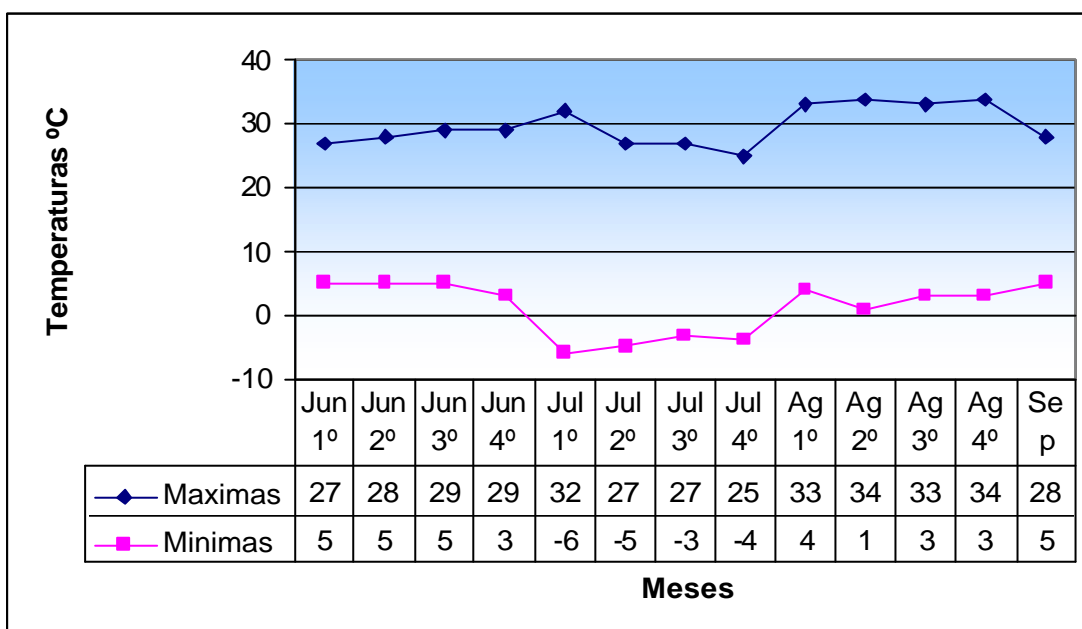


Figura 1. Fluctuaciones de la temperatura

Como se observa en la figura 1, existe una fluctuación de temperaturas, durante el mes de julio, se registran las temperaturas más bajas llegando a tener un promedio de 4.5°C bajo 0 y las temperaturas más altas durante el mes de agosto con un promedio de 34°C, esta variación de temperatura es debido a las condiciones de la carpa solar, ya que como el modelo es de doble agua entonces sufre un enfriamiento más rápido tomando en cuenta que esos meses son los más fríos. A consecuencia de las bajas y

altas temperaturas el cultivo de espinaca mostró en la cuarta cosecha el entallamiento y floración de 2 a 3 plantas por tratamiento.

Según Serrano (1980), la espinaca es una planta de clima templado que soporta temperaturas bajas, de hasta 5°C bajo cero y temperaturas óptimas para un buen desarrollo de 15 a 18°C, fuera de estos parámetros tiende al entallamiento y floración. La duración de las horas de luz en el día tiene bastante influencia en el crecimiento y estando bastante relacionada con la temperatura del ambiente.

Los parámetros físicos no son independientes entre sí, tienen una relación directa ya que cuando cambia el comportamiento de uno, este hace que también cambien las condiciones de los otros, (Hartman, 1990). Como consecuencia a estos cambios bruscos el cultivo sufre cambios fisiológicos bajando la producción.

Flores (1999), menciona que la temperatura tiene mucha importancia en el desarrollo de las plantas, afecta a la intensidad y velocidad de los procesos fisiológicos, actúa en forma directa sobre la humedad y la evaporación incidiendo en la morfología vegetal.

Como consecuencia a estos cambios bruscos el cultivo sufre cambios fisiológicos como indica Serrano, (1980), que la espinaca es una planta de clima templado que soporta temperaturas bajas, de hasta 5°C bajo cero. La duración de las horas de luz en el día tiene bastante influencia en el crecimiento y en la subida de la planta (floración), estando bastante relacionada con la temperatura ambiente, esto confirma que los cambios bruscos bajan la producción, ya que la espinaca debe cultivarse en un rango de máximo hasta 25°C, pero gracias a que las variedades utilizadas son precoces, de gran productividad y resistentes al frío, la baja producción a causa de la fluctuación de temperaturas fue no significativa.

5.1.2. Análisis Físico y Químico del suelo antes y después de la cosecha.

En cuanto a las propiedades químicas se tomaron los siguientes parámetros como: Macro nutrientes (N, P y K), conductividad eléctrica y capacidad de intercambio cationico que se describe cada una de ellas a continuación.

Cuadro 4. Cuadro comparativo del análisis del suelo antes y después de la cosecha.

Niveles de estiércol	Nitrógeno Kg/ha		Fósforo (P ₂ O) Kg/ha		Potasio (K ₂ O) Kg/ha		CIC Meq/100gr suelo		CE mS/cm	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
N1= 15tn/ha	125	4.5	25	7.68	100	37.91	1.37	0.21	28	13
N2= 30tn/ha	250	8.1	50	10.73	200	56.86	2.36	1.94	39	18
N3= 60tn/ha	500	20.7	100	29.86	400	110.56	3.41	2.11	58	32

Fuente: IBTEN (2006)

Al evaluar los análisis del suelo como se puede observar en el cuadro 4, estos datos se obtuvieron mediante los cálculos realizados tomando en cuenta todos los parámetros necesarios (anexo 4).

El nitrógeno total en kg/ha encontrado en el suelo, más la incorporación del estiércol de ovino en diferentes niveles, al inicio los valores fueron mayores, por lo tanto muestra que luego van disminuyendo de acuerdo a las cantidades aplicadas de estiércol, esto nos indica que la planta fue aprovechando de acuerdo a las cantidades disponibles de nitrógeno. Por lo tanto el cultivo requiere mayor cantidad de nitrógeno por que es de hoja y como se puede observar existe mayor pérdida de "N" que los otros macro elementos, como el fósforo y potasio.

En cuanto al fósforo asimilable y potasio intercambiable fueron absorbidos o aprovechados por el cultivo de manera significativa de acuerdo a las cantidades de estiércol aplicado, mayor nivel de estiércol de ovino, mayor fue la pérdida de nutrientes que son aprovechados mediante la absorción de nutrientes y mostrando rendimientos de acuerdo al nivel de estiércol aplicado al cultivo.

El nivel dos de estiércol de ovino aplicado que es de acuerdo al requerimiento del cultivo, no fue aprovechado en su totalidad, esto quiere decir que si se aplica el doble

del requerimiento, la planta aprovecha de manera adecuada, de esta manera se obtuvo mayor rendimiento.

Gordon (1992), menciona que el nitrógeno es un componente vital tanto del protoplasma, las moléculas clorofílicas y los aminoácidos de los cuales se derivan las proteínas, el crecimiento de los cultivos se reduce drásticamente, se produce la atrofia del crecimiento, las hojas se amarillean baja el rendimiento en ausencia del nitrógeno, esto confirma los resultados obtenidos.

También al respecto Rodríguez (1982), afirma que cuando hay suficiente cantidad de nitrógeno existe mayor cantidad de clorofila y mayor asimilación de síntesis de productos orgánicos, mayor vigor vegetativo y una mayor producción de hojas, esto confirma el mayor rendimiento que se obtuvo con el nivel tres por su mayor contenido de nitrógeno.

Vigliola (1992), indica que el nitrógeno, forma parte de todo el proceso de la fotosíntesis, cuando la planta la absorbe en gran cantidad, desarrollan mejor las hojas y también influye sobre el momento de la cosecha, acelerando la madurez comercial en las hortalizas cuya parte comestible es la vegetativa.

Según Yágodin (1986), en el estiércol, el fósforo está presente principalmente en la composición de las deyecciones sólidas y de la cama, mediante la mineralización, se fija en el suelo mucho menos que el fósforo de los fertilizantes minerales, por esta razón la asimilabilidad del fósforo del estiércol por las plantas en el primer año es mayor, es más alta, alcanza un 35%.

Por otro lado Alpi (1991), indica que la carencia de fósforo comporta, en general, una reducción del desarrollo del sistema radicular con fenómenos de enanismo y coloración parda de las hojas.

Yágodin (1986), menciona que en el estiércol, de los tres elementos esenciales en la nutrición de las plantas, el potasio es el que se encuentra en mayor proporción y además en la forma más móvil y es asimilado por el primer cultivo entre el 60 a 70% de

la cantidad aplicada, esto confirma el porque de la mayor cantidad de potasio en el estiércol de ovino.

Por otro lado Serrano (1980), afirma que el abonado equilibrado de potasio reduce la cantidad de ácido oxálico en las hojas de la espinaca, mejorando su calidad, y las hojas son más carnosas y se conservan con mejor calidad después de recolectadas, esto confirma el rendimiento obtenido con el nivel tres de estiércol de ovino.

Según Vigliola (1992), las hortalizas cuya parte comestible es la hoja, la deficiencia de potasio disminuye la calidad, provocando una clorosis marginal.

En cuanto a la CIC después de toda la cosecha se puede observar en el cuadro 4, que disminuye de acuerdo a las cantidades de estiércol de ovino aplicado respectivamente, esto puede ser, que a medida que los nutrientes fueron aprovechados también baja la CIC, pero no en su totalidad por que aún existen nutrientes en el suelo. La disminución de la CIC tuvo mucha relación con los niveles de estiércol, es decir mayor cantidad de estiércol de ovino aplicado mayor fue la CIC, o viceversa. Mientras tanto, la CE de igual manera disminuyó, esto es debido a la aplicación de agua de riego la cual disolvió las sales provocando un lavado del mismo favoreciendo a que exista un menor contenido de sales en el suelo por lo tanto una menor CE que favorece el desarrollo del cultivo.

Chilon (1997), menciona que los datos mayores a 20meq/100g son valores que pertenecen a un rango alto de la CIC, lo que nos indica que los tratamientos tienen una capacidad de intercambio catiónico alto, todo los tratamientos tendrán fácilmente los nutrientes a disposición de las plantas.

El mismo autor indica que los suelos que tengan conductividad eléctrica menores a 2mMHons/cm son suelos sin problemas de salinidad lo que confirma los datos obtenidos.

5.2. Variables de respuesta.

Los resultados que a continuación se presentan, muestran los efectos de los factores estudiados en el presente trabajo de investigación sobre el comportamiento de dos variedades de espinaca a tres niveles de estiércol de ovino.

5.2.1. Rendimiento en materia verde.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde.

		Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4
FV	GL	CM	CM	CM	CM
Bloques	2	0.0172**	0.0108*	0.0009ns	0.0002ns
Variedades	1	0.0133*	0.0200*	0.0133**	0.0256**
Error (A)	2	0.0024	0.0030	0.0002	0.0017
Niveles	2	0.7304**	0.4013**	0.2607**	0.1675**
Niveles*Variedad	2	0.0031ns	0.0033ns	0.0001ns	0.0028ns
Error(B)	8	0.0015	0.00250	0.0016	0.0008

** = Altamente significativo * = Significativo, ns = No significativo

De acuerdo al análisis de varianza del cuadro 5, podemos deducir que para los bloques existe mayor variación en la primera cosecha y en la segunda cosecha mostró poca variación, es decir cada bloque es diferente debido a la influencia de luz, ventilación etc. y en la tercera y cuarta cosecha, donde son iguales, debido a las constantes cosechas realizadas. Por lo tanto el factor niveles de estiércol de ovino aplicado tuvo efecto en el rendimiento obteniendo diferentes resultados de acuerdo a la cantidad de estiércol de ovino aplicado.

En cuanto al factor variedades en la primera y segunda cosecha se tuvo poca variación y una mayor variación en la tercera y cuarta cosecha entre las variedades, eso nos indica que existe diferencia en rendimiento entre variedades en las distintas cosechas, debido a las características morfológicas y adaptabilidad de cada variedad. Por lo tanto la interacción (niveles*variedad) nos muestra que cada factor actúa de manera

independientemente, es decir que los niveles de estiércol no influyen en el factor variedades y viceversa.

Cuadro 6. Comparación de medias según la prueba de Tukey, variable rendimiento de materia verde (kg/m²)

		Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	
F A	Variedad	Promedio (kg/m ²)	Promedio (kg/m ²)	Promedio (kg/m ²)	Promedio (kg/m ²)	Tukey (5%)
V2	Jamaica	0.943	0.827	0.650	0.392	A
V1	Viroflay	0.889	0.760	0.596	0.317	B
F B	Niveles de estiércol	Promedio (kg/m ²)	Promedio (kg/m ²)	Promedio (kg/m ²)	Promedio (kg/m ²)	Tukey (5%)
N3	6kg/m²	1.282	1.077	0.835	0.532	A
N2	3kg/m²	0.880	0.733	0.615	0.332	B
N1	1.5kg/m²	0.587	0.570	0.418	0.199	C

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 6, realizando la discriminación de medias por el método Tukey, ($p < 0,05$), existen diferencias entre variedades, la variedad Jamaica clasificado como (A), es mejor en las cuatro cosechas que la variedad Viroflay clasificados como (B) en cuanto al rendimiento, estas diferencias pueden ser debido a las características genéticas y morfológicas propias de cada variedad y la disminución paulatina en rendimiento se atribuyen al ciclo del cultivo.

Existen diferencias en cuanto al rendimiento para cada nivel de estiércol en las cuatro cosechas realizadas, esto indica que al aplicar el nivel tres se obtuvo rendimientos mayores clasificados como (A), mientras tanto con el nivel dos mostró rendimientos intermedios clasificados como (B) y con el nivel uno clasificados como (C) se obtuvieron rendimientos bajos con relación a las anteriores. Por lo tanto si el suelo tuvo una preparación a fondo por igual para todos los tratamientos que contenía arena, tierra del lugar y turba, entonces nos indica que las variaciones se atribuyen a la aplicación de

diferentes niveles de estiércol de ovino proporcionando nutrientes, a consecuencia se tuvo efecto en el rendimiento. Se explica mejor con la figura 2.

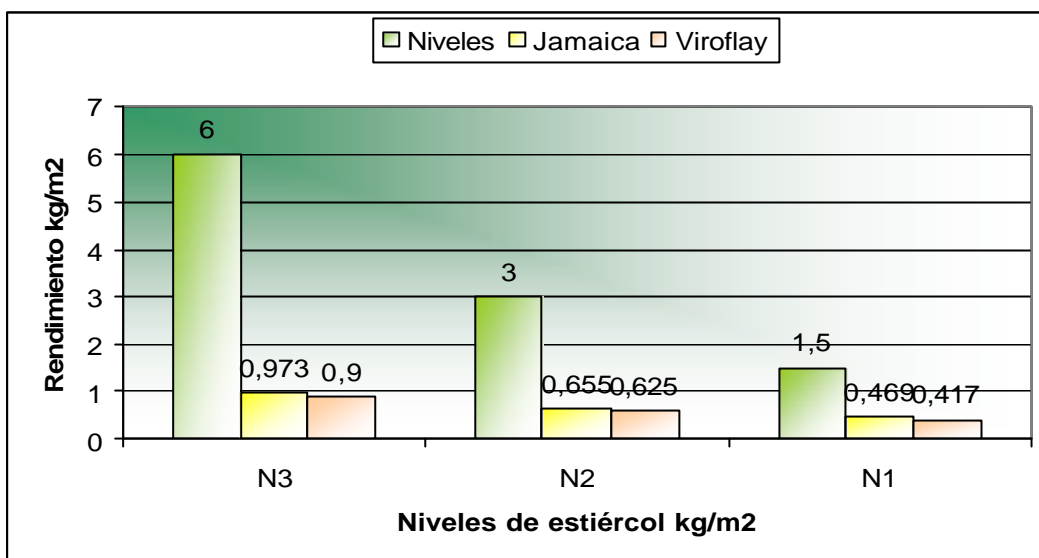


Figura 2. Promedio rendimiento de la materia verde de las cuatro cosechas

En la figura 2, se puede observar diferencias entre niveles de estiércol de ovino aplicado. Donde con el nivel tres se tuvo mayor efecto en rendimiento con relación a los niveles dos y uno, puede atribuirse a la mayor disponibilidad de nutrientes considerando que es el doble de nutrientes de lo requerido por el cultivo, por otro lado la mayor cantidad de estiércol de ovino hace que las propiedades del suelo sean adecuadas para un buen desarrollo de las raíces, esto hace que exista mayor absorción de nutrientes para el desarrollo fisiológico de las hojas, también la disponibilidad de nutrientes es debido a la mayor actividad microbiana en el proceso de mineralización y la CIC es mayor. Por el contrario, con el nivel dos se obtuvo rendimientos menores, a pesar de que la cantidad de nutrientes es de acuerdo al requerimiento del cultivo, puede ser que no sea suficiente la cantidad de nutrientes para ser absorbido adecuadamente no favoreciendo a un mayor aprovechamiento de la planta. Por tanto con el nivel uno los resultados en rendimiento fueron mucho menores como consecuencia a la menor cantidad de estiércol aplicado, considerando que el suelo no es apto par el cultivo.

Se observa la diferencia en cuanto a las variedades, donde la variedad Jamaica no muestra mayor variación en rendimiento, estas variaciones es debido a que la variedad

Jamaica muestra características morfológicas (hojas más lanceoladas) y fisiológicas (hojas más suculentas) mientras que la variedad Viroflay no mostró esas cualidades. Por lo tanto las variaciones son propias de cada variedad, puede ser genéticamente y la adaptabilidad a las condiciones.

El rendimiento fue bajando en cada cosecha, esto se atribuye a la pérdida de nutrientes por cada cosecha realizada, a la menor capacidad de desarrollo fisiológico, el ciclo del cultivo, también a la presencia de altas y bajas temperaturas anexo 2 que causaron alteraciones fisiológicas, como en la última cosecha se encontraron 2 a 3 plantas entalladas y en floración en cada tratamiento en ambas variedades, esto hace que los rendimientos disminuyan.

Según Estrada (2003), indica que los rendimientos obtenidos con la aplicación fraccionada de N con el nivel uno 175kg N/ha (17%) de N al trasplante y 17% de cada cosecha con un rendimiento de 4,1kg/m², con el nivel dos 150kg N/ha (33%) al trasplante, y 33% después de la segunda cosecha y 33% después de la cuarta cosecha con rendimientos de 3,2kg/m², con el nivel tres 150kg N/ha (50%) al trasplante y 50% después de la tercera cosecha con un rendimiento de 2,1kg/m². A mayor cantidad de fertilización de N aplicado se obtuvo mayores rendimientos, esto nos indica que a mayor nivel de estiércol aplicado también se obtuvo mayor rendimiento.

Borrego (1995), indica que los niveles de extracción varían de acuerdo a las cosechas, al realizar cuatro cosechas se extrajo 91kg/ha de N, 27kg/ha de P y 233kg/ha de K con un rendimiento de 8,3kg/ha. Por lo tanto la cantidad aplicada de nutrientes de acuerdo al requerimiento como el nivel dos de estiércol de ovino 3kg/m², se obtuvo el rendimiento de 2,6kg/m² en cuatro cosechas, esto puede ser por factores climáticos que influenciaron en el rendimiento o la insuficiente cantidad de estiércol aplicado.

Serrano (1980), menciona al respecto que el rendimiento en el cultivo de espinaca en carpas solares es de 15 a 20 mil kg/ha que equivale de 1.5 a 2kg/m², los resultados que se obtuvieron en la presente investigación son inferiores a los resultados obtenidos por Serrano, esto se atribuye principalmente a las condiciones del medio ya que la investigación se llevó a cabo en los meses más fríos y tomando en cuenta que se

encuentra en la ciudad más alta del mundo, las condiciones no fueron en su totalidad óptimas.

Por otro lado Gordon (1992), menciona que el rendimiento de los cultivos es mayor en cuanto al contenido de nutrientes principales en el suelo, dentro de esta categoría se encuentran el nitrógeno, el fósforo el potasio el calcio, magnesio y el azufre, esto demuestra el por que del mayor rendimiento con la incorporación de mayor cantidad de estiércol de ovino 6kg/m², y el mismo autor indica que el crecimiento de los cultivos se reduce drásticamente si no se encuentran presentes las cantidades adecuadas de nitrógeno, esta afirmación corrobora los datos obtenidos con el nivel uno.

Borrego (1995), señala que la variedad Viroflay en cuatro cosechas tuvo un rendimiento de 2kg/m², con una fertilización de 95kg/ha de N, 35kg/ha de P y 100kg/ha de K, estos resultados se asemejan a los resultados obtenidos de 2,5kg/m² en rendimiento de la variedad Viroflay en el trabajo realizado.

Estrada (2003), afirma que los rendimientos obtenidos en las variedades Viroflay e híbrida bolero son de 5,1kg/m² y 4,2kg/m² respectivamente en condiciones de carpa solar.

Serrano (1980), menciona que la variedad Viroflay es de consistencia media esto a diferencia de la variedad Jamaica que es más consistente y más gruesa esto coincide con los datos obtenidos en el presente trabajo.

El mismo autor indica que la espinaca es una planta de clima templado que soporta temperaturas bajas, de hasta 5°C bajo cero. La duración de las horas luz en el día tiene bastante influencia en el crecimiento y en la subida de la planta (floración), estando bastante relacionada con la temperatura ambiente. Esta planta es de día largo, cuando la duración del día está comprendida entre 10 y 12 horas, se obtiene el máximo rendimiento de cosecha.

Gordon (1992), indica al respecto que el nitrógeno es un elemento vital tanto del protoplasma, las moléculas clorofílicas y los aminoácidos, de los cuales se derivan las proteínas como de los ácidos nucleicos, el crecimiento de los cultivos se reduce

drásticamente si no se encuentran presentes las cantidades adecuadas de nitrógeno, esto confirma los resultados obtenidos.

5.2.2. Número de hojas.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el número de hojas.

		Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4
FV	GL	CM	CM	CM	CM
Bloques	2	1.4517*	1.4517**	0.0405ns	0.0405ns
Variedades	1	2.4939**	2.4939**	1.3888**	0.4672ns
Error (A)	2	0.0206	0.1117	0.1606	0.0239
Niveles	2	15.4400**	15.4400**	2.1738**	6.7005**
Niveles*Variedad	2	0.3356ns	0.3356ns	0.0338ns	0.0038ns
Error (B)	8	0.2444	0.1186	0.2639	0.2606

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis de varianza en el cuadro 7, muestra para los bloques en la primera y segunda cosecha una variación, donde cada bloque es diferente debido a la influencia de luz, ventilación etc. Donde más influye la radiación solar es en la segunda cosecha debido al espacio que tiene después de la primera cosecha y para la tercera y cuarta cosecha, donde son iguales, no influye la luz, temperatura debido a las constantes cosechas realizadas. El factor niveles de estiércol de ovino influye en número de hojas obteniendo diferentes resultados, de acuerdo a la cantidad de estiércol de ovino aplicado en las cuatro cosechas realizadas.

En cuanto al factor variedades en la primera, segunda y tercera cosecha existe una variación entre variedades en número de hojas, en la cuarta cosecha, no existe variación. Por lo tanto en la interacción (niveles*variedad), podemos concluir que los factores de estudio actúan independientemente es decir el factor nivel de estiércol no influye en el factor variedad y viceversa.

Cuadro 8. Comparación de medias según la prueba de Tukey, variable número de hojas

		Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4				
FA	Variedad	Promedio(u)	Tukey (5%)	Promedio(u)	Tukey (5%)	Promedio (u)	Tukey (5%)	Promedio(u)	Tukey (5%)
V2	Jamaica	10.22	A	7.44	A	7.59	A	6.77	A
V1	Viroflay	9.48	B	6.88	B	7.03	B	6.44	A
FB	Niveles de estiércol	Promedio (u)	Tukey (5%)	Promedio (u)	Tukey (5%)	Promedio (u)	Tukey (5%)	Promedio (u)	Tukey (5%)
N3	6kg/m ²	11.38	A	8.35	A	7.88	A	7.77	A
N2	3kg/m ²	9.98	A	6.85	B	7.37	A B	6.35	B
N1	1.5kg/m ²	8.18	B	6.28	C	6.68	B	5.70	B

Fuente. Elaboración propia u = Unidades

En el cuadro 8, realizando la discriminación de medias por el método Tukey, ($p < 0,05$), las variedades reflejan diferencias, la variedad Jamaica clasificado como (A), es superior en las tres cosechas a la variedad Viroflay clasificados como (B), pero estadísticamente no existe variación en ambas variedades en la cuarta cosecha en cuanto al número de hojas.

También nos muestra que existen diferencias o poca variación en cuanto al número de hojas al aplicar los diferentes niveles de estiércol en las diferentes cosechas realizadas, nos indica que al aplicar el nivel tres obtenemos rendimientos mayores, también con el nivel dos se encontraron resultados similares en la primera y tercera cosecha clasificados como (A y B). Mientras tanto con el nivel dos se obtuvieron resultados intermedios, pero similares con el nivel uno en la tercera y cuarta cosecha clasificados como (B) y con el nivel uno mostró mayor número de hojas en la primera cosecha pero menor con respecto a los niveles tres y dos clasificados como (B), además con el nivel uno en la segunda cosecha clasificados como (C) se tuvo menor número de hojas que la tercera cosecha clasificado como (B) y este mayor que la cuarta cosecha, se puede interpretar mejor con la figura 3.

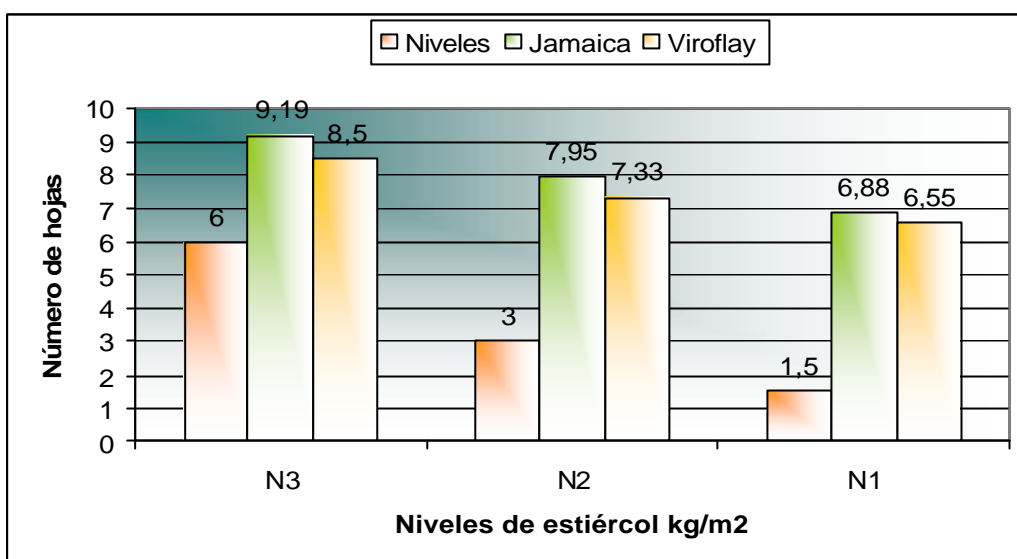


Figura 3. Promedio número de hojas de las cuatro cosechas

En la figura 3, se observa que existen diferencias entre los niveles de estiércol aplicado con respecto a la variable número de hojas, donde con el nivel tres muestra un número de hojas más elevado en relación a los niveles dos y uno, estas diferencias se deben a la cantidad de estiércol de ovino incorporado, a mayor cantidad de estiércol aplicado mayor cantidad de nutrientes disponibles y mayor es la capacidad de intercambio cationico, el suelo es más suelto para un mejor desarrollo de raíces, con mayor aireación y más poroso, estas características hacen que este sea un medio adecuado para un mayor desarrollo del número de hojas con el nivel tres, proporcionando las condiciones necesarias para un mayor desarrollo del cultivo. A diferencia con el nivel dos el número de hojas es menor a pesar de tratarse del requerimiento del cultivo, atribuyendo a la falta de nutrientes para una mayor absorción y por supuesto que con el nivel uno es mucho menor como consecuencia de la escasa disponibilidad de nutrientes provocando que el suelo sea menos apto para el desarrollo del cultivo.

En cuanto a las variedades, la variedad Jamaica muestra mayor número de hojas durante las cuatro cosechas realizadas, puede deberse a la mejor adaptabilidad a cambios bruscos de temperatura a las características genéticas, la capacidad de desarrollo, además los diferentes factores internos y externos que inciden durante el desarrollo del cultivo. La variedad Viroflay muestra menor cantidad de hojas esto puede deberse a las características genéticas propias de la variedad.

El número de hojas va disminuyendo relativamente esto como consecuencia del ciclo vegetativo del cultivo y al número de cosechas realizadas.

En consecuencia a mayor nivel de estiércol tuvo mayor efecto en número de hojas, debido a que el suministro de nutrientes también es mayor y esto provoca un mayor desarrollo fisiológico en número de hojas en las variedades.

Campero (2004), indica que se tuvo mayor comportamiento cuando se aplicó 3 kg de abonamiento orgánico para la variedad Viroflay, entonces con el nivel tres de incorporación de estiércol de ovino, el número de hojas es mucho mayor.

Estrada (2003), menciona, con la aplicación fraccionada de N, con un nivel de 175kg/ha obtuvo 17.73 hojas, esto demuestra que el cultivo de espinaca requiere mayor cantidad de N para un mayor desarrollo en cuanto a número de hojas.

Chilon (1997), afirma que, cuando se suministra mayor cantidad de estiércol, indirectamente se está aplicando nitrógeno en cantidades elevadas lo cual favorece a la planta para su alta velocidad de crecimiento, al contrario de una adición en menor cantidad de estiércol el desarrollo es inferior en altura, como también a un aumento de suministro de nitrógeno hace crecer más la parte aérea y no así las raíces de la planta.

El mismo autor indica, que al existir mayor cantidad de Nitrógeno es favorable al crecimiento, prevalece la tendencia a usar carbohidratos para formar más protoplasma y más células, que para engrosar las paredes celulares, las células producidas en tales condiciones serán grandes y de paredes celulares, las células producidas en tales condiciones serán grandes y de paredes delgadas, esto confirma el mayor desarrollo del cultivo a mayor cantidad de estiércol de ovino.

5.2.3. Largo de la hoja

Cuadro 9. Análisis de varianza para el largo de hoja.

		Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4
FV	GL	CM	CM	CM	CM
Bloques	2	10.0167**	914.7903**	2.7212ns	1.5529ns
Variedades	1	16.8586**	65.7040**	26.3296**	26.3296**
Error (A)	2	0.8624	7.2188	11.5728	1.3002
Niveles	2	87.7662**	250.7839**	123.5146**	140.4520**
Niveles*Variedad	2	2.9273ns	0.4960ns	9.7501ns	0.0782ns
Error (B)	8	4.1089	1.5572	3.6528	1.1545

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza del cuadro 9, muestra una mayor variación en la primera y segunda cosecha entre los bloques, donde el bloque dos fue mejor que los bloques uno y tres debido a la ubicación, recibe mayor radiación solar, buena ventilación y no hay variación en la tercera y cuarta cosecha, debido a las constantes cosechas efectuadas. El factor niveles muestra para todas las cosechas, de acuerdo a la cantidad de estiércol de ovino aplicado que influye en el largo de la hoja obteniendo diferentes resultados en las cuatro cosechas realizadas.

En cuanto al factor variedades en las cuatro cosechas existe mayor variación en largo de la hoja entre ambas variedades. Por lo tanto en la interacción (niveles*variedades), donde cada factor actúa de manera independiente, es decir que los niveles de estiércol no influyen en el factor variedades y viceversa.

Cuadro 10. Comparación de medias según la prueba de Tukey, variable largo de hoja de la planta (cm)

		Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	
F A	Variedad	Promedio (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)	Tukey (5%)
V2	Jamaica	18.46	25.81	24.39	19.83	A
V1	Viroflay	16.53	21.99	21.97	17.98	B
F B	Niveles de estiércol	Promedio (kg/m ²)	Promedio (kg/m ²)	Promedio (kg/m ²)	Promedio (kg/m ²)	Tukey (5%)
N3	6kg/m²	21.07	30.86	27.59	24.29	A
N2	3kg/m²	17.95	22.76	23.42	17.49	B
N1	1.5kg/m²	13.46	18.08	18.53	14.92	C

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 10, realizando la discriminación de medias por el método (Tukey, $p < 0,05$), existen las diferencias entre variedades. La variedad Jamaica clasificado como (A), es superior en las cuatro cosechas que la variedad Viroflay clasificados como (B), en cuanto al largo de la hoja.

Nos muestra que existe diferencias en cuanto al largo de hoja para cada nivel de estiércol en las cuatro cosechas realizadas, nos indica que al aplicar el nivel tres se tuvo mayor efecto en largo de hoja clasificados como (A), mientras tanto con el nivel dos mostró rendimientos intermedios clasificados como (B) y con el nivel uno clasificados como (C) se obtuvo resultados bajos con relación a los anteriores, esto se puede explicar mejor en la figura 4.

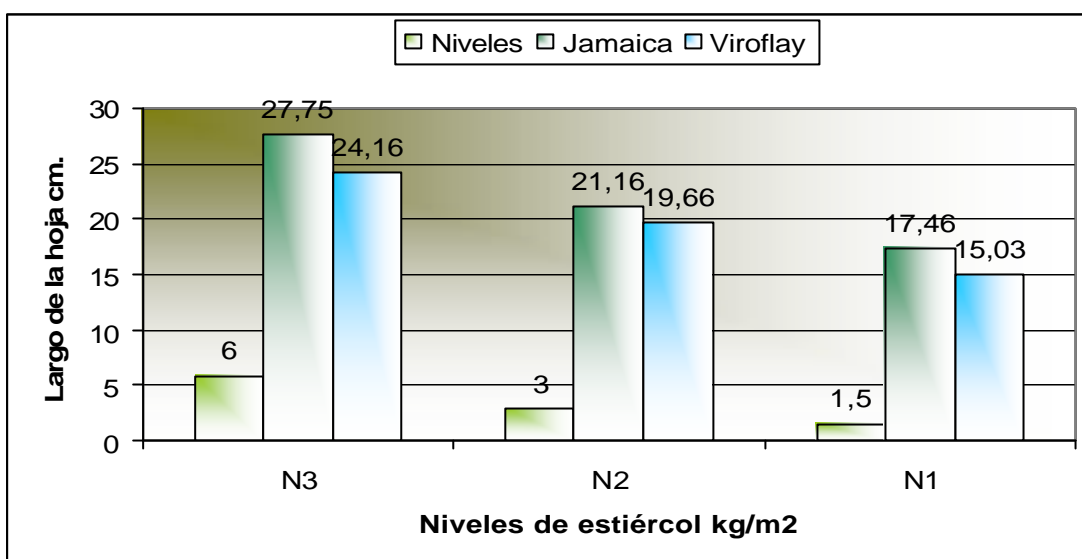


Figura 4. Promedio largo de hoja de las cuatro cosechas

En la figura 4, se observan las diferencias que existen entre los niveles de estiércol con respecto a la variable largo de la hoja, en las diferentes cosechas realizadas, donde con el nivel tres muestra el largo de hoja superior a los niveles dos y uno, esto se puede deber a la cantidad de estiércol aplicado, este tuvo efecto en el largo de la hoja con la disponibilidad de macro-micro nutrientes, además las propiedades del suelo mejoran, existe mayor actividad microbiana, provocando la inmediata disponibilidad de nutrientes induciendo al desarrollo de las raíces y que esta relacionado con la concentración de nitrógeno y fósforo, en las células aceleran su división y elongamiento, estimulando así su ramificación aumentando los reguladores de crecimiento, síntesis de proteínas y azúcares en el proceso de respiración, este último se transforma en agua, dióxido de carbono y energía que se utiliza para realizar trabajos mecánicos como el crecimiento y desarrollo del cultivo. Para el nivel dos también muestra un efecto aceptable ya que contiene la cantidad de estiércol de acuerdo al requerimiento del cultivo, puede que la cantidad de nutrientes no sea lo suficiente para satisfacer los mínimos requerimientos minerales para cumplir con las funciones vitales durante el desarrollo del cultivo, en el caso nivel uno el efecto es menor debido a la baja cantidad de nutrientes disponibles mostrando menor desarrollo.

La diferencia que existe en cuanto a largo de la hoja, la variedad Jamaica muestra mayor desarrollo en largo de hoja que la variedad Viroflay, puede ser debido a la

adaptabilidad, a las características genéticas y la capacidad de desarrollo fisiológico de la variedad, además los diferentes factores internos y externos que inciden durante el desarrollo del cultivo.

Por lo tanto a mayor cantidad de estiércol aplicado tuvo mayor efecto en las hojas esto nos indica que favoreció en el mayor desarrollo de las hojas, mientras tanto con el nivel dos que es el requerimiento del cultivo no fue suficiente y con nivel uno no aportó en el desarrollo de las hojas por que no satisface el requerimiento del cultivo.

Chilon (1997), afirma que el aporte de nitrógeno es importante para el desarrollo de la parte aérea, así como el fósforo proporciona el vigor y la fortaleza a la planta, también favorece la síntesis de compuestos orgánicos esenciales para la síntesis de proteínas, carbohidratos y lípidos, esto corrobora el desarrollo mayor de las hojas con el nivel tres 6kg/m² y viceversa para el nivel uno 1.5kg/m².

Alpi (1991), menciona que el Nitrógeno es el elemento mineral absorbido por las plantas en mayor cantidad y la carencia de este se manifiesta en las plantas con una disminución y no desarrolla, esta afirmación se puede observar claramente en los resultados obtenidos, atribuyendo el desarrollo de hojas a los diferentes niveles de estiércol de ovino aplicados. .

Serrano (1980), indica que, la espinaca requiere buena estructura del suelo y un perfecto drenaje, es necesario que los suelos no se sequen rápidamente, ya que influye notablemente en la calidad del producto obtenido, esto indica que en el desarrollo del cultivo los factores climáticos como humedad y temperatura también influyen en el desarrollo de las hojas.

Unterladstatter (2000), menciona que la cosecha de las hojas de espinaca puede prolongarse en función a la vitalidad de la planta por varios meses, esto indica el menor desarrollo de las hojas en cada cosecha, principalmente en la variedad Viroflay que muestra una vitalidad de desarrollo más baja en cada cosecha.

Según Chilon (1997), cuando se suministra mayor cantidad de estiércol, indirectamente se está aplicando nitrógeno en cantidades elevadas lo cual favorece a la planta para su alta velocidad de crecimiento, al contrario de una adición en menor cantidad de estiércol el desarrollo es inferior en altura, como también a un aumento de suministro de nitrógeno hace crecer más a parte aérea y no así las raíces de la planta, tal como menciona.

5.2.4. Índice de área foliar.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el índice de área foliar.

		Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4
FV	GL	CM	CM	CM	CM
Bloques	2	450.2248**	1435.0023**	163.0903*	118.6019ns
Variedades	1	404.6064*	788.7068*	519.1716*	2.9201ns
Error (A)	2	128.4196	26.8375	113.1274	6.1521
Niveles	2	9124.9355**	9243.9656**	10395.998**	10646.8286**
Niveles*Variedad	2	72.0599ns	258.4008ns	81.7194ns	196.7062ns
Error (B)	8	77.4318	122.2181	98.5235	65.1435

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis de varianza del cuadro 11, muestra una variación en la primera, segunda y tercera cosecha, donde el bloque dos es mejor que los bloques uno y tres debido a la ubicación ya que recibe mayor radiación solar y buena ventilación, por lo tanto en la cuarta cosecha no existe variación, son iguales, debido a las constantes cosechas realizadas. El factor niveles muestra para todas las cosechas de acuerdo a la cantidad de estiércol de ovino aplicado que influye en el índice del área foliar obteniendo diferentes resultados en las cuatro cosechas realizadas.

En cuanto al factor variedad en las tres primeras cosechas existe una variación en el índice de área foliar entre las variedades, mientras tanto en la cuarta cosecha no existe variación entre variedades. Por lo tanto la interacción (niveles*variedad), indica que no influye los niveles a las variedades, cada factor actúa de manera independiente

Cuadro 12. Comparación de medias según la prueba de Tukey, variable área foliar

FA	Variedades	Cosecha 1		Cosecha 2		Cosecha 3		Cosecha 4	
		Promedio (cm ²)	Tukey (5%)	Promedio (cm ²)	Tukey (5%)	Promedio (cm ²)	Tukey (5%)	Promedio (cm ²)	Tukey (5%)
V2	Jamaica	119.87	A	133.35	A	111.46	A	86.55	A
V1	Viroflay	110.39	B	120.11	B	100.72	B	85.75	A
FB	Niveles de estiércol	Promedio (cm ²)	Tukey (5%)	Promedio (cm ²)	Tukey (5%)	Promedio (cm ²)	Tukey (5%)	Promedio (cm ²)	Tukey (5%)
N3	6kg/m ²	154.89	A	168.69	A	147.89	A	132.24	A
N2	3kg/m ²	113.57	B	120.57	B	105.74	B	76.58	B
N1	1.5kg/m ²	76.94	C	90.92	C	64.65	C	49.63	C

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 12, realizando la discriminación de medias por el método (Tukey, $p < 0,05$), Las diferencias entre variedades, la variedad Jamaica clasificado como (A), es superior en las tres primeras cosechas que la variedad Viroflay clasificados como (B), mientras tanto en la cuarta cosecha fueron similares clasificados como (A), en cuanto al índice del área foliar.

Se observa que existe diferencias en cuanto al índice del área foliar para cada nivel de estiércol, nos indica que al aplicar con el nivel tres se obtuvo mayor índice del área foliar clasificados como (A), mientras tanto con el nivel dos se tuvo un índice de área foliar intermedio clasificados como (B) y con el nivel uno clasificados como (C) se obtuvo un índice de área foliar menor con relación a los anteriores, se puede interpretar mejor con la figura 5.

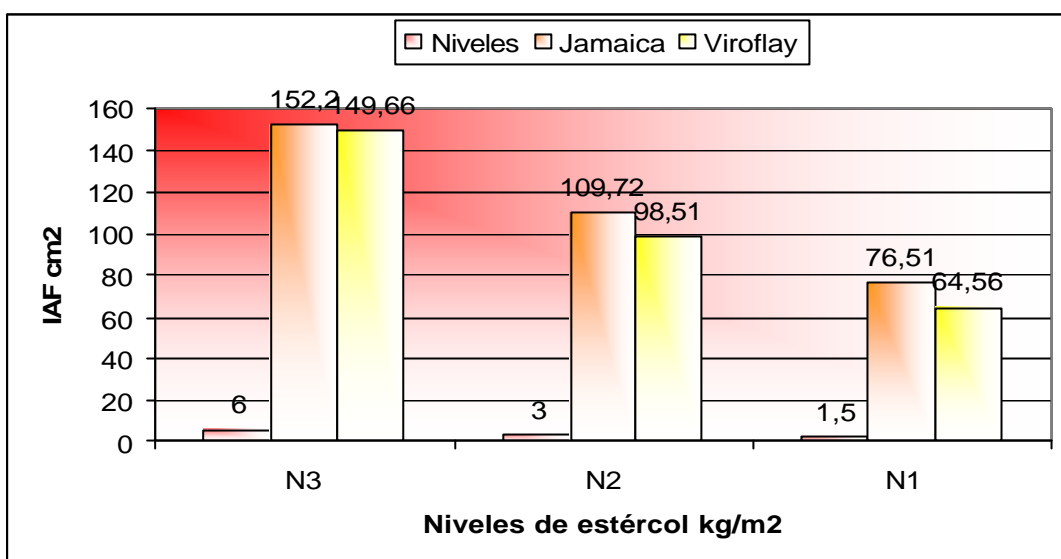


Figura 5. Promedio índice de área foliar de las cuatro cosechas

En la figura 5, se observa la diferencia que existe entre los niveles de estiércol con respecto a la variable índice de área foliar, esto se debe a que existe, diferencias en cuanto a la incorporación de cantidades de estiércol de ovino, con el nivel tres la planta tiene una mayor cantidad de nutrientes disponible para su desarrollo, el suelo es un medio apto para el desarrollo de las raíces provocando el mayor suministro de nitrógeno para el crecimiento de las hojas durante las cuatro cosechas. Por otro lado, con el nivel dos de acuerdo al requerimiento del cultivo una mayor incorporación de estiércol hace que el suelo sea más poroso, más suelto, para un mejor desarrollo de las raíces, esto hace que las condiciones sean favorables para un mejor desarrollo de las hojas en las cuatro cosechas realizadas, en cambio el nivel dos que es de acuerdo al requerimiento del cultivo se tuvo un resultado aceptable, puede ser debido a la poca disponibilidad de nutrientes, mientras tanto con el nivel uno mostró menor desarrollo con relación al nivel tres y dos, por que la cantidad de estiércol es poco, esto no favorece a que tenga un desarrollo adecuado. A partir de la segunda cosecha el desarrollo fue menor de acuerdo a las cantidades de estiércol aplicado, esto debido a que existe menor capacidad de desarrollo fisiológico y va reduciendo el desarrollo de las hojas.

En cuanto a las variedades, esta diferencia es debido a que la variedad Jamaica muestra una mayor adaptabilidad, un mayor desarrollo fisiológico con respecto a la variedad Viroflay. Se puede observar que en cada cosecha va disminuyendo el

desarrollo, el tamaño de las hojas es más pequeño ya que disminuye la capacidad de desarrollo fisiológico, por el ciclo del cultivo, también afecto la época de invierno, como factor climático y como se puede observar en la cuarta cosecha el índice de área foliar también va disminuyendo, el tamaño de hojas es más pequeño ya que disminuye la capacidad de desarrollo, esto hace que rápidamente tienda a bajar la capacidad de desarrollo fisiológico, mostrando la elongación del tallo floral de 2-3 plantas por cada tratamiento. Por tanto a mayor nivel de estiércol aplicado mayor fue el área foliar en las variedades debido a que la disponibilidad de nutrientes tuvo mayor efecto o viceversa.

Rodríguez (1982), al respecto indica que la cantidad suficiente de nitrógeno en la planta provoca mayor vigor vegetativo, aumenta el volumen y peso, debido al alargamiento celular y a la multiplicación celular, esto confirma el mayor desarrollo del área foliar con la mayor incorporación de estiércol de ovino.

Suquilanda (1995), menciona que, la incorporación de materia orgánica al suelo además de aportar nutrientes esenciales mejora la estructura del suelo, favorece al movimiento del agua y del aire y por ende el desarrollo del sistema radicular de la planta, esto confirma el mayor desarrollo obtenido con el nivel tres.

Al respecto Rodríguez (1982), indica que, el nitrógeno provoca el color intenso de la masa foliar, mayor producción de hojas de buena sanidad y calidad, esta afirmación corrobora el desarrollo y el color de las variedades en estudio.

Alpi (1991), menciona que el Nitrógeno es el elemento mineral absorbido por las plantas en mayor cantidad y la carencia de este se manifiesta en las plantas con una disminución y parada del desarrollo, esta afirmación se puede observar claramente en los resultados obtenidos.

Shibles et al (1983), reportaron valores máximos en el índice de área foliar de 5 a 8 m² hoja m⁻² suelo para leguminosas cultivadas en condiciones óptimas, las mismas que se alcanzaron al final de la floración.

5.3. Análisis económico

El análisis económico es considerado de mucha importancia debido a que nos proporciona información económica, procurando siempre hacer desde la perspectiva del agricultor, para poder informar los beneficios que podría obtener en términos de rentabilidad.

5.3.1. Costo construcción de las platabandas

En el diseño de las platabandas se puede apreciar en detalle en el (anexo 3.1). Esto permite decidir si la realización del proyecto es factible o no, tomando en cuenta su vida útil de 10años. Por lo tanto se tomaron en cuenta como vida útil de las platabandas 4meses que la investigación duró en campo y se ha invertido un total de 2358 bs/ha como se observa en el cuadro 13.

Cuadro 13. Costo de las platabandas Bs/ha

Detalle	Total (Bs)
Ladrillo	140
Cemento	172
Arena fina	30
Mano de obra	40
Total	382
Costo total Bs/há con 10 años de vida útil	70741
Costo total Bs/ha para 4 meses de vida útil	2358Bs/ha

Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Costos variables

Cuadro 14. Costos variables en Bs/ha

Factor B	a1	a2	a3
Mano de obra	123	123	123
Semilla	185	185	185
Abono	3333	5000	8333
Total	3641	5308	8641

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de los costos variables se tomó en cuenta aquellos costos que varían en una producción agrícola, se incluyen los insumos y la mano de obra requerida. El cuadro 14, nos muestra los costos variables del Factor B expresados en bolivianos por hectárea.

5.3.3. Costo fijo

Costo total = 2506Bs/ha

5.3.4. Costos de producción

Cuadro 15. Costos de producción Bs/ha

Factor B	a1	a2	a3
Costo Fijo	2506	2506	2506
Costos variables	3641	5308	8641
Total costo de producción	6146	7814	11147

Fuente: Elaboración propia

Para los costos de producción se tomaron en cuenta todos los gastos que se realizaron durante la investigación, tomando en cuenta el Factor B, determinando cada una de ellas en cuanto a los costos como se puede observar en el cuadro 15.

5.3.5. Beneficio Neto

Cuadro 16. Beneficio neto Bs./ha

Factor B	a1	a2	a3
Beneficio bruto	35080	64000	93650
Costo de producción	6146	7814	11147
Beneficio neto	28934	56186	82503
Beneficio costo	5.7	8.2	8.5

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro 16, se puede observar que tiene beneficios de acuerdo a la cantidad de estiércol aplicado en los diferentes niveles, por lo tanto este tipo de análisis

monetario se incluyen construcción de la carpa solar, insumos, semillas, costo mano de obra y otros.

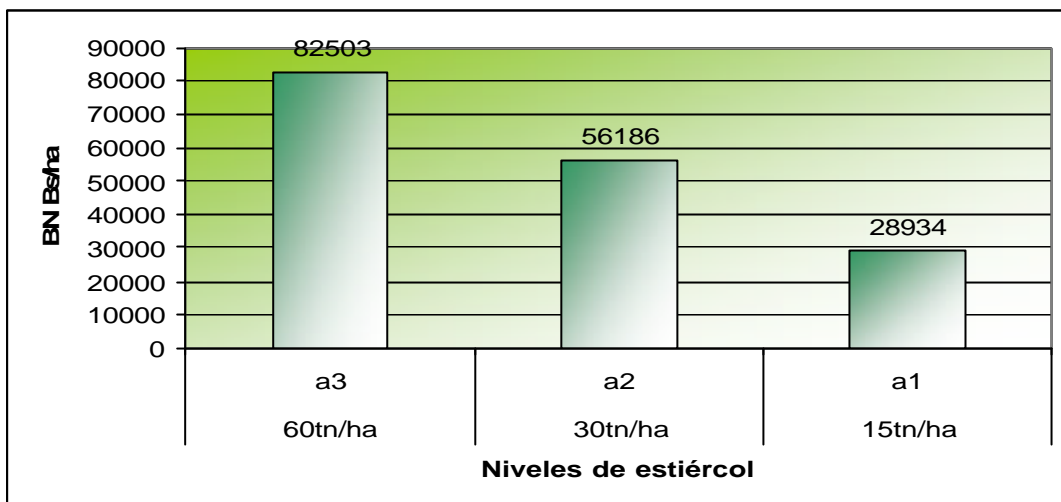


Figura 6. Beneficio neto

De acuerdo a la figura 6, llegando a una evaluación final donde el mayor valor de beneficio neto que alcanzo es el nivel tres (a3), con 60tn/ha de estiércol de ovino que obtuvo un beneficio neto de 82503Bs/ha, seguido por el nivel dos 30tn/ha de estiércol de acuerdo al requerimiento del cultivo que tiene un beneficio de 56186Bs/ha mientras tanto con el nivel uno 15tn/ha de estiércol mostró menor valor de 28934Bs/ha.

5.3.6. Beneficio costo

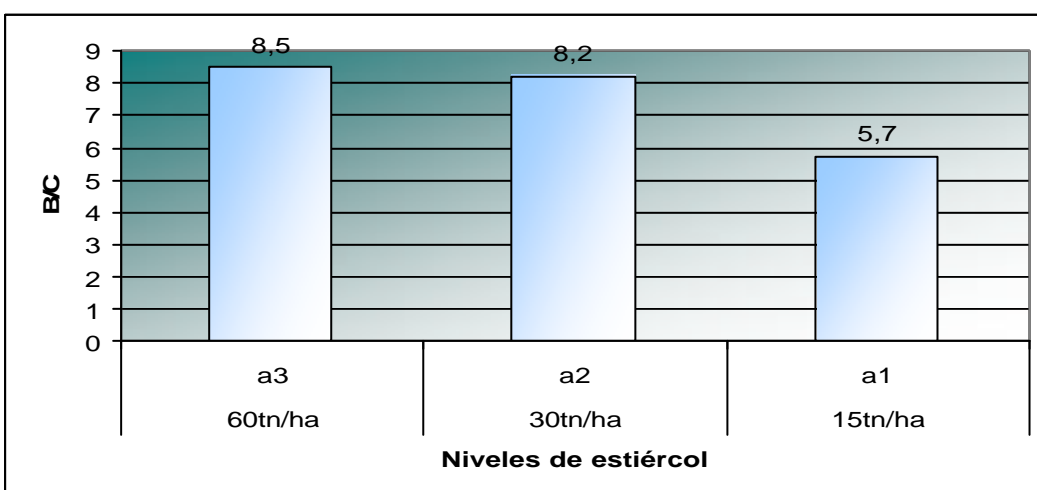


Figura 7. Beneficio costo

Como se puede observa en la figura 7, la aplicación de estiércol de ovino influye en el aumento en el beneficio costo, donde con el nivel (a3) del Factor B es el que mejor beneficio aporta en el cultivo de espinaca llegando a tener de 8.5Bs, seguido por el nivel dos (a2) tiene un beneficio de 8.2Bs, el nivel uno (a1) tiene un beneficio de 5.7Bs, inferior a los demás niveles debido a que se aplicó muy poca cantidad de estiércol de ovino.

El análisis económico realizado muestra que con la utilización de estiércol de ovino en diferentes niveles aplicados al suelo se incrementan los beneficios por lo cual el agricultor puede mejorar su ingreso económico al cultivar en carpa solar.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación y con la interpretación correspondiente llegamos a las siguientes conclusiones:

En cuanto a la variable rendimiento de materia verde, se puede concluir que con la variedad Jamaica se obtuvo mayor rendimiento que la variedad Viroflay con los tres niveles de estiércol ($N_1=0.469$, $N_2=0.655$ y $N_3=0.973\text{kg/m}^2$ respectivamente), mientras tanto con la variedad Viroflay con los diferentes niveles ($N_1=0.417$, $N_2=0.625$ y $N_3=0.936\text{kg/m}^2$ respectivamente), entonces se puede concluir que cuando se aplica el doble del requerimiento de nutrientes se obtiene mayor rendimiento o viceversa, mientras tanto las variaciones entre variedades se atribuyen a las características genéticas, morfológicas propias de cada variedad.

De acuerdo a las cosechas realizadas el rendimiento fue bajando paulatinamente a consecuencia del ciclo del cultivo ya que la capacidad fisiológica de desarrollo fue disminuyendo.

Con respecto a la variable número de hojas, la variedad Jamaica tuvo un comportamiento mejor que la variedad Viroflay al aplicar diferentes niveles de estiércol ($N_1=6.88$, $N_2=7.95$ y $N_3=9.19$ unidades respectivamente) y con la variedad Viroflay se obtuvieron ($N_1=6.55$, $N_2=7.33$ y $N_3=8.85$ número de hojas respectivamente), estas variaciones entre ambas variedades se atribuyen a la adaptabilidad y a las características genéticas de cada variedad.

En cuanto al largo de hoja y área foliar, se concluye que a mayor nivel de estiércol de ovino mayor efecto o viceversa, esto es debido a la disponibilidad de nutrientes que proporcionó el mayor desarrollo fisiológico de las hojas, mientras tanto la variedad Jamaica fue mejor que la variedad Viroflay esto se atribuye a las características morfológicas y adaptabilidad de cada variedad.

Cabe destacar que existen varios factores que influenciaron en el desarrollo del cultivo provocando algunos desfases durante la presente investigación, como la época de

invierno aunque, la espinaca se adapta fácilmente a temperaturas bajas, no soporta cambios brusco de 33°C a -4°C, son fluctuaciones que provocaron la aparición del tallo floral a partir de la cuarta cosecha, la presencia de plagas, la ubicación de los bloques.

El análisis económico que se realizó en la producción del cultivo de espinaca nos muestra que los beneficios se obtienen de acuerdo a las cantidades de estiércol aplicado, con el nivel tres 6kg/m² es el que mejor beneficio costo aporta llegando a tener una ganancia de 8.5bs, con el nivel dos 3kg/m² con un beneficio costo de 8.2bs y con el nivel uno 1.5kg/m² de estiércol con un beneficio costo 5.7bs.

VII. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se llega a las siguientes recomendaciones:

Se recomienda el uso del nivel tres, ya que con este nivel de estiércol de ovino se obtuvieron mayores rendimientos ya que es un abono orgánico rico en nutrientes, que favorece a mejorar los suelos, siendo un abono accesible para su uso.

Se recomienda realizar investigaciones con otros estiércoles en diferentes niveles, ya sean mayores o iguales a los ya estudiados

Se recomienda el uso de diferentes abonos orgánicos por su gran aporte a la fertilidad y conservación de los suelos para obtener productos ecológicos.

Se aconseja el uso de la variedad Jamaica, por su mejor comportamiento en cuanto a sus características morfológicas (hojas lanceoladas y carnosas) y por su mejor adaptabilidad al medio.

Realizar investigaciones con las mismas variedades en épocas de primavera y verano para comparar los rendimientos que se obtengan.

Siendo la espinaca un cultivo con alto nivel de vitaminas y minerales, se recomienda la investigación sobre su composición nutricional e incentivar el consumo adecuado de este cultivo.

Se recomienda la producción del cultivo de espinaca por su resistencia y tolerancia a las bajas temperaturas.

Se recomienda abaratar los costos en la construcción la carpa solar en la construcción de las platabandas para que esta sea económicamente rentable, y sea accesible para el productor.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

- AGUIRRE, J. 1987. Abonos. Editores Graficas Modernas. Segunda Edición. Madrid España. Pp. 24-25.
- ALPI, A. 1991. Cultivo en invernadero. Tercera edición. Ediciones Mundi. Prensa. Madrid España. Pp. 56-79.
- BELLAPART, C. 1996. Nueva Agricultura Biológica en equilibrio con la Agricultura Química. Editorial Mundi Prensa. España. Pp. 298.
- BLANCO, T. Gonzáles, J. Augustburger, F. 1999. Invernaderos Campesinos en Bolivia. Ecotop. La Paz, Bolivia. Pp. 90.
- BERNAT, C. Andrés, J. Martínez, J. 1987. Invernaderos. Primera Edición. Editorial AEDOS . Barcelona España. Pp.17 -28.
- BORREGO, M. 1995. Horticultura Herbácea Especial. Segunda Edición. Mundi Prensa. Madrid España. Pp. 255-258.
- BUCKMAN, H. & N. BRADY, 1993. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Editorial Limusa, S.A. México. 565p.
- CALZADA, J. 1982. Métodos Estadísticos para la investigación. Editorial, Jurídica, cuarta edición. Lima – Perú.
- CAMPERO, L. 2004. Comportamiento Agronómico de dos Variedades de Espinaca con diferentes dosis de Humus en el Altiplano Central. Tesis de grado. U.M.S.A. Facultad de Agronomía. 91p.
- CEDEFOA, 2002. Carpas Solares. Técnicas de Construcción y Técnicas de producción de hortalizas. La Paz – Bolivia. Pp. 3-18.

CHILON, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ediciones CIDAC. La Paz- Bolivia . Pp.170 a 185.

CIMMYT, 1988. Un manual metodológico de evaluación económica, México D.F.

CLADES, 1997. Concepción del Suelo y Evaluación de su Calidad. Aportes de la Agro ecología. Modulo 2. Pp. 62-73.

ESTRADA, J. 2003. Aplicación fraccionada de nitrógeno y análisis de crecimiento en dos variedades de espinaca. Tesis de Grado.UMSA Facultad de Agronomía. 82p.

FLORES, J. 1999. Carpas solares, técnicas de construcción. Editorial Huellas. La Paz Bolivia. Pp.10-28.

GORDON, R. 1992. Horticultura. Editor S.A. México D. F. Pp. 307-323.

GROS, A. 1986. Guía práctica de la fertilización, enmiendas orgánicas. Ed. Mundi Prensa. 7ma edición, reimpresso en; Madrid – España. 556p.

GUERRERO, A. 1993. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa, Madrid – España. Pp. 1-44.

GUZMAN, M. 1993. Construcción y manejo de invernaderos, Memorias. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. Pp. 3-7.

HARTMAM, F. 1990. Invernaderos y ambientes atemperados. FADES. La Paz – Bolivia. Pp. 9,38-90.

IFOAM, 1992. Federación de Instituciones de Mantenimiento de la Agricultura Orgánica.

I.N.E. 2002. Instituto Nacional de Estadísticas. La Paz – Bolivia.

LAMPKIN, N. 1998. Agricultura ecológica, una agricultura con futuro. Ediciones Mundi
Prensa Madrid España. Pp. 5- 7 , 109 - 117.

LÓPEZ, M. 1994. Horticultura. Ediciones Trillar. México. Pp.118-128.

MAROTO, J. V. 1990. Elementos de Horticultura General, 1ª edición Editorial MUNDI
PRENSA. MADRID, España. 568p.

MARULANDA, C. 2003. Hidroponía Familiar. Editorial Optigraf. Armenia-Colombia.
Pp. 156.

MENDEZ, F. 1993. Determinación del área foliar en plantas de caña de azúcar.
Disponible en: [http://www.Ceniap.gov.bdigital/canal102/texto,htm](http://www.Ceniap.gov.bdigital/canal102/texto.htm).

PERRIN R. 1979. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos
CYMMYT, folleto de información No. 7, México DF.

RODRIGUEZ, S. 1982. Fertilizantes y Nutrición Vegetal. Editorial AGTSA México. D.F.
México. 33p.

RODRIGUEZ, M. 1991. Fisiología Vegetal. 2ª ed. Cochabamba –La Paz. Ed. Los
amigos del libro. Pp. 344 - 360.

SERRANO, Z. 1980. Cultivo de hortalizas en invernadero, 1ra Edición. ED. Barcelona
España. 360p.

SHIBLES, R.; ANDERSON, J.C. GIBSON, A. H. 1983 Fisiología de los cultivos L.T.
Evans. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires Argentina. Pp. 79.

- SILGUY, C. 1994. La Agricultura Biológica. Técnicas Eficaces y no Contaminantes. Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España. Pp. 2-19.
- SUQUILANDA, M. 1995. Fertilización Orgánica. Manual Técnico. Serie Agricultura Orgánica N 3 FUNDAGRO. Quito Ecuador. Pp. 25-48.
- TORRES, M. 1994. Horticultura. Trillas. México. Pp. 20-98.
- UNTERLADSTATTER, R. 2000. La Horticultura en el Sub Trópico Húmedo y Sub Húmedo de Bolivia. Santa Cruz-Bolivia. Facultad de ciencia Agrícolas U.A.G.R.M. 310 p.
- VALADEZ, A. 1996. Producción de Hortalizas. Editorial Limosa. S. A. Venezuela, Pp.127
- VALDEZ. A. 1995. Abonos, insecticidas y fungicidas orgánicos. 1ra. Edición. La Paz – Bolivia. Pp. 13 – 26.
- VIGLIOLA, M. 1992. Manual de horticultura. Editorial, Hemisferio Sur. Buenos Aires – Argentina. Pp. 81-89.
- YAGODIN, B.A. 1986. Agroquímica II Editorial Mir, Moscú U. R. S. S. 464 p.

ANEXOS

BASE DE DATOS

ANEXO 1

Anexo 1.1. Variable: Rendimiento de la materia verde (Kg /m²)

Promedio rendimiento de la materia verde primera cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	0.510	0.640	0.560
T2	a1	b2	0.850	0.840	0.790
T3	a1	b3	1.290	1.300	1.220
T4	a2	b1	0.580	0.690	0.540
T5	a2	b2	0.910	1.040	0.850
T6	a2	b3	1.240	1.350	1.290

Fuente: Propia

Promedio rendimiento de la materia verde segunda cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	0.570	0.520	0.490
T2	a1	b2	0.740	0.730	0.710
T3	a1	b3	1.040	1.050	0.990
T4	a2	b1	0.630	0.620	0.590
T5	a2	b2	0.790	0.840	0.590
T6	a2	b3	1.090	1.190	1.100

Fuente: Propia

Promedio rendimiento de la materia verde tercera cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	0.400	0.430	0.350
T2	a1	b2	0.560	0.590	0.600
T3	a1	b3	0.800	0.790	0.840
T4	a2	b1	0.450	0.470	0.410
T5	a2	b2	0.650	0.680	0.610
T6	a2	b3	0.810	0.860	0.910

Fuente: Propia

Promedio rendimiento de la materia verde cuarta cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	0.150	0.180	0.210
T2	a1	b2	0.270	0.300	0.330
T3	a1	b3	0.460	0.440	0.510
T4	a2	b1	0.250	0.210	0.199
T5	a2	b2	0.380	0.390	0.320
T6	a2	b3	0.610	0.580	0.590

Fuente: Propia

Anexo 1.2. Variable: Número de hojas

Promedio número de hojas del cultivo de espinaca primera cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	7.9	8.2	8.1
T2	a1	b2	8.5	10.2	9.5
T3	a1	b3	10.9	11.9	10.1
T4	a2	b1	8.1	8.9	7.9
T5	a2	b2	10.7	10.9	10.1
T6	a2	b3	11.1	12.4	11.9

Fuente: Propia

Promedio número de hojas del cultivo de espinaca segunda cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	6.2	7.0	5.4
T2	a1	b2	6.7	6.8	6.2
T3	a1	b3	7.6	8.1	7.9
T4	a2	b1	5.9	7.1	6.1
T5	a2	b2	7.1	7.4	6.9
T6	a2	b3	8.9	9.2	8.4

Fuente: Propia

Promedio número de hojas del cultivo de espinaca tercera cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	6.9	6.2	6.1
T2	a1	b2	6.7	6.9	7.9
T3	a1	b3	7.9	7.6	7.1
T4	a2	b1	6.6	7.1	7.2
T5	a2	b2	7.7	8.1	6.9
T6	a2	b3	8.3	8.3	8.1

Fuente: Propia

Promedio número de hojas del cultivo de espinaca cuarta cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	6.4	5.3	4.9
T2	a1	b2	6.1	5.9	6.5
T3	a1	b3	7.2	7.8	7.9
T4	a2	b1	5.5	6.0	6.1
T5	a2	b2	6.9	6.5	6.2
T6	a2	b3	8.1	7.9	7.7

Fuente: Propia

Anexo 1.3. Variable: Largo de la hoja (cm.)

Promedio largo de la hoja del cultivo de espinaca, primera cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	11.97	12.89	11.15
T2	a1	b2	17.45	18.96	16.94
T3	a1	b3	17.99	21.99	19.41
T4	a2	b1	13.87	14.99	15.91
T5	a2	b2	16.41	19.97	17.98
T6	a2	b3	21.16	24.89	20.99

Fuente: Propia

Promedio largo de la hoja del cultivo de espinaca, segunda cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	17.10	16.42	14.99
T2	a1	b2	21.41	22.56	19.45
T3	a1	b3	26.46	31.41	28.10
T4	a2	b1	17.89	21.59	20.47
T5	a2	b2	20.58	26.96	25.63
T6	a2	b3	30.96	34.25	33.96

Fuente: Propia

Promedio largo de la hoja del cultivo de espinaca, tercera cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	16.25	21.43	15.87
T2	a1	b2	20.96	23.49	24.96
T3	a1	b3	25.44	23.39	25.97
T4	a2	b1	20.93	19.47	17.24
T5	a2	b2	26.92	22.47	21.72
T6	a2	b3	31.49	30.57	28.72

Fuente: Propia

Promedio largo de la hoja del cultivo de espinaca, cuarta cosecha.

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	12.96	15.41	13.96
T2	a1	b2	17.21	16.52	15.99
T3	a1	b3	24.39	23.36	21.99
T4	a2	b1	15.98	16.24	14.99
T5	a2	b2	17.62	19.42	18.22
T6	a2	b3	23.41	25.99	26.59

Fuente: Propia

Anexo 1.4. Variable: Índice de área foliar

Promedio de área foliar en cm² de espinaca primera cosecha

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	72.36	80.36	53.32
T2	a1	b2	104.48	115.92	106.42
T3	a1	b3	148.34	165.41	146.92
T4	a2	b1	82.21	88.20	85.20
T5	a2	b2	112.55	125.62	116.42
T6	a2	b3	143.66	175.22	149.79

Fuente: Propia

Promedio de área foliar cm² del cultivo de espinaca segunda cosecha

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	85.76	89.29	77.92
T2	a1	b2	120.42	125.36	76.36
T3	a1	b3	159.72	186.42	159.74
T4	a2	b1	95.62	110.51	86.42
T5	a2	b2	128.96	147.92	124.42
T6	a2	b3	167.96	194.62	143.71

Fuente: Propia

Promedio de área foliar cm² del cultivo de espinaca tercera cosecha

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	62.41	54.28	69.49
T2	a1	b2	96.46	106.46	85.62
T3	a1	b3	143.23	152.31	136.24
T4	a2	b1	80.42	64.92	56.36
T5	a2	b2	110.42	120.36	115.10
T6	a2	b3	141.26	170.62	143.71

Fuente: Propia

Promedio de área foliar del cultivo de espinaca cuarta cosecha

Tratamientos	Variedades	Niveles de estiércol	bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	a1	b1	42.94	43.36	43.28
T2	a1	b2	81.36	86.81	76.41
T3	a1	b3	138.41	133.52	125.62
T4	a2	b1	71.46	50.38	46.38
T5	a2	b2	66.34	84.26	64.28
T6	a2	b3	129.34	136.28	130.24

Fuente: Propia

ANEXO 2

Variable. Temperaturas promedio durante el desarrollo del cultivo.

TEMPERATURAS EN LA CARPA SOLAR					TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE EL ALTO DE LA PAZ	
Meses de 2006	Semanas	Horas a.m. y p.m.	Temperatura (Máximas)°C	Temperatura (Mínimas)°C	Temperaturas (máximas)°C	Temperaturas (Mínimas)°C
Junio	1º	7:00 y14:00	27	5.1	13.9	-3.2
Junio	2º	7:00 y14:00	28	5.1	14.2	-3.3
Junio	3º	7:00 y14:00	28.9	4.7	13.9	-6.5
Junio	4º	7:00 y14:00	29.3	3	13.4	-5.0
Julio	1º	7:00 y14:00	32	-5.7	14.2	-6.7
Julio	2º	7:00 y14:00	27.1	-5.3	13.8	-5.8
Julio	3º	7:00 y14:00	26.7	-3.0	14.1	-6.2
Julio	4º	7:00 y14:00	24.6	-3.9	14.5	-4.6
Agosto	1º	7:00 y14:00	32.9	3.7	15.3	-4.6
Agosto	2º	7:00 y14:00	34.1	1.3	14.8	-3.7
Agosto	3º	7:00 y14:00	32.7	3.1	14.2	-1.6
Agosto	4º	7:00 y14:00	33.9	2.8	14.9	-1.8
Septiembre	1º	7:00 y14:00	28.3	4.6	16.4	-3.4
Septiembre	2º	7:00 y14:00	29	4.5	14.7	-2.7
Septiembre	3º	7:00 y14:00	28.7	3.9	16.3	-0.2
Septiembre	4º	7:00 y14:00	29.4	4.3	14.7	-0.3
FUENTE. PROPIA (2006).					FUENTE: SENAMHI (2006).	

ANEXO 3

COSTOS DE PRODUCCIÓN

Anexo 3.1. Costo de la construcción de las platabandas (18 unidades)bs/54m2

Detalle	Cantidad	Unidad	Total (Bs)
Ladrillo	400	piezas	140
Cemento	4	Bolsas	172
Arena fina	1/2	m3	30
Mano de obra	2	jornal	40
Total			382
Costo total Bs/há con 10 años de vida útil			70741
Costo total Bs/ha para 4 meses de vida útil			2358Bs/ha

Anexo 3.2. Costos variables. Bs/54m2

Detalle	Cantidad	Precio parcial (Bs)	Precio total (Bs)
Estiércol de ovino	3sacos	10	30
Arena fina	3m3	60	180
Turba	3m3	50	150
Semilla	4g	1	1
Mano de obra	2	20	40
Total bs/54m2			411
Costo total bs/ha			76111

Anexo 3.3. Costo de la semilla de espinaca.

Detalle	Precio 1 onza (Bs)	Precio 1 g. (Bs)
Espinaca (Viroflay, Jamaica)	6	0.21

Anexo 3.4. Costo para la construcción de la carpa solar en 80m2

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total Bs
Adobes	piezas	1500	0.30	450
Ventana	piezas	14	12	160
Puerta	pieza	1	100	100
Agrofilm	ml	50		1500
Clavos	3½"	3kg	8	24
Clavos	2"	4kg	8	32
Chatuelas	¼kg	1	4	4
Vigas	2x4"	3 (5m)	20	60
Listones	2x2"	20 (5m)	12	240
Alambre	kg	1	10	10
Callapos	piezas	22 (4.5m)	10	220
Pilotes	piezas	5 (3m)	12	60
Mano de obra	Jornal	10	20	200
Total Bs/90m2				3060
Costo total Bs/ha				340000
Costo total Bs/m2				42500
Con vida útil de 8 años				

Costo fijo = 42500bs/ha

Anexo 3.5. Análisis de beneficio costo para una ha, en los niveles de estiércol de ovino aplicado.

Factor A	Precio Bs/kg	Rendimiento en kg/ha	Costos de producción (Bs/ha)	Ingreso Bruto (Bs/ha)	Beneficio Neto (Bs/ha)	Beneficio/Costo
a1	8	4385	6146	35080	28934	5.7
a2	10	6400	7814	64000	56186	8.2
a3	10	9365	11147	93650	82503	8.5

ANEXO 4

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE NUTRIENTES EN EL SUELO, A PARTIR DE DATOS DE ANALISIS DE SUELO

Calculo de peso de la capa arable de la parcela experimental:

$$PCA = (10000\text{m}/\text{ha}) \times 0.30 \times 1500\text{kg}/\text{m}^3 = 4500000\text{kg de suelo /ha}$$

a) Calculo de Nitrógeno total:

$$4500000\text{kg de suelo} \text{-----} 100\%$$

$$X \text{-----} 0.17\% \quad X = 7650\text{kg de Nitrógeno total/ha}$$

b) Calculo de Fósforo asimilable:

Relación: 6.72ppm = 6.72kg de fósforo/1000000 kg de suelo.

$$1000000\text{kg de suelo} \text{-----} 6.72\text{kg de fósforo asimilable}$$

$$4500000\text{kg de suelo/ha} \text{-----} X \quad X = 30.240\text{kg de fósforo asimilable/ha}$$

c) Calculo de potasio:

$$0,21\text{meqK} \times 1\text{eqK} \times 39\text{g K} = 0.00819\text{g K}/100\text{g suelo} = 0.00819\text{kg K}/100\text{Kg suelo}$$

$$\text{-----} \quad \text{-----} \quad \text{-----}$$

$$100\text{g suelo} \quad 1000\text{meqk} \quad 1 \text{ eq K}$$

$$100\text{Kg de suelo} \text{-----} 0.00819\text{kg K}$$

$$4500000\text{kg suelo} \text{-----} X \quad X = 368.55\text{kg de potasio cambiabile/ha}$$

Transformar los resultados de los incisos a, b y c en valores de N, P, K disponibles o asimilables:

Para Nitrógeno: Considerando el coeficiente de mineralización de 2% para trópicos:

$$7650\text{kg de Nitrógeno total/ha} \times 0.02 = 153\text{kg N-NO}_3/\text{ha/año}$$

Por otro lado, considerando el ciclo del cultivo de espinaca de 4 meses, tenemos:

$$(153\text{kg de nitrógeno mineral/ha/año}) \times 4\text{meses}/12\text{meses} = 51\text{kg nitrógeno mineral asimilable/ha/4meses.}$$

Para Fósforo: Ya esta en términos de fósforo disponible.

Para Potasio: Se considera que el 50% de potasio es disponible para la mayoría de los cultivos.

$$51\text{kg de potasio cambiabile/ha} \times 0.5 = 184,27\text{kg K disponible/ha}$$

Transformar los valores de N, P, K disponible, a la forma de oxido:

Para Nitrógeno: 153kg Nitrógeno mineral asimilable/ha/4meses

Para Fósforo: 30.240kg de fósforo disponible/ha $\times 2.29 = 69.25 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$

Para Potasio: 184,27kg K disponible/ha $\times 1.2 = 221.12 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$

Por lo tanto, el nivel de Nutrientes en el suelo es:

51 - 69.25 - 221.12 N - P₂O₅ - K₂O

Considerando la eficiencia de absorción de nutrientes por las plantas es de:

N = 30% P = 15% K = 30%

Para Nitrógeno: $51 \times 0.30 = 15.3\text{kg N/ha}$

Para Fósforo: $69.25 \times 0.15 = 10.39 \text{ kg de P}_2\text{O}_5/\text{ha}$

Para Potasio: $221.12 \times 0.30 = 66.34 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$

N = 15kg/m² P = 10kg/m² K = 66kg/m²

Cantidad de nutrientes en el suelo antes del transplante:

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE ELEMENTOS NUTRITIVOS PRESENTES EN LOS NIVELES DE ESTIERCOL, A PARTIR DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE ESTIERCOL DE OVINO.

	N	P	K
Requerimiento del cultivo de espinaca es:	250	50	200
Nutrientes en el suelo:	15	10	66

Nutrientes que faltan	105	40	134

Considerando el análisis de estiércol de ovino:

a) Para nitrógeno

100 kg de estiércol seco ----- 0.93 kg de nitrógeno

X -----105 kg Nitrógeno /ha

X = 11290.32 kg de estiércol seco/ha

100 kg de estiércol fresco ----- 81.86kg de estiércol seco

X ----- 11290.32kg de estiércol seco/ha

X = 13792.23kg de estiércol fresco /ha

b) Para Fósforo:

100 kg de estiércol seco ----- 0,31kg de fósforo

X -----40 kg fósforo /ha

X = 12903,23kg de estiércol seco/ha

100 kg de estiércol fresco ----- 81.86kg de estiércol seco

X ----- 12903.23 kg de estiércol seco/ha

X = 15762,55kg de estiércol fresco /ha

c) Para Potasio:

100 kg de estiércol seco ----- 0.84kg de potasio

X -----134kg potasio/ha

X = 15952,38kg de estiércol seco/ha

100 kg de estiércol fresco ----- 81.86kg de estiércol seco

X ----- 15952,38 kg de estiércol seco/ha

X = 19487,39kg de estiércol fresco /ha

Incorporación de nutrientes al suelo antes del transplante de acuerdo al requerimiento del cultivo de espinaca es: **250 kg N/ha – 50kg P/ha – 200kg K/ha**

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE NUTRIENTES EN EL SUELO, A PARTIR DE DATOS DE ANALISIS DE SUELO, DESPUES DE TODA LA COSECHA DE LOS TRES NIVELES DE FERTILIZACION

Calculo para nivel uno:

Calculo de peso de la capa arable de la parcela experimental:

PCA = (10000m/ha) x 0.30x 1500kg/m³ = 4500000kg de suelo /ha

a) Calculo de Nitrógeno total:

4500000kg de suelo ----- 100%

X -----0.05% X = 2250kg de Nitrógeno total/ha

b) Calculo de Fósforo asimilable:

Relación: 4.97ppm = 4.97kg de fósforo/1000000 kg de suelo.

1000000kg de suelo -----4.97kg de fósforo asimilable

4500000kg de suelo/ha-----X X = 22.36kg de fósforo asimilable/ha

c) Calculo de potasio:

0,12meqK x 1eqK x 39g K = 0.00468g K/100g suelo = 0.00468kg K/100Kg suelo

100g suelo 1000meqK 1 eq K

100Kg de suelo ----- 0.00468kg K

4500000kg suelo -----X X= 210.6kg de potasio cambiante/ha

Transformar los resultados de los incisos a, b y c en valores de N, P, K disponibles o asimilables:

Para Nitrógeno: Considerando el coeficiente de mineralización de 2% para trópicos:

2250kg de Nitrógeno total/ha x 0.02 = 45kg N-NO₃/ha/año

Por otro lado, considerando el ciclo del cultivo de espinaca de 4 meses, tenemos:

(45kg de nitrógeno mineral/ha/año) x 4meses/12meses=15kg nitrógeno mineral asimilable/ha/4meses.

Para Fósforo: Ya esta en términos de fósforo disponible.

Para Potasio: Se considera que el 50% de potasio es disponible para la mayoría de los cultivos.

210.6kg de potasio cambiante/ha x 0.5 = 105.3kg K disponible/ha

Transformar los valores de N, P, K disponible, a la forma de óxido:

Para Nitrógeno: 15kg Nitrógeno mineral asimilable/ha/4meses

Para Fósforo: 22.36kg de fósforo disponible/ha x 2.29 = 51.20kg P₂O₅/ha

Para Potasio: 105.3kg K disponible/ha x 1.2 = 126.36 kg K₂O/ha

Por lo tanto, el nivel de Nutrientes en el suelo es:

51 - 51.20 - 126.36 N – P₂O₅ – K₂O

Considerando la eficiencia de absorción de nutrientes por las plantas es de:

N = 30% P = 15% K = 30%

Para Nitrógeno: 15 x 0.30 = 4.5kg N/ha

Para Fósforo: 51.20 x 0.15 = 7.68kg de P₂O₅/ha

Para Potasio: 126.36x 0.30 = 37.91kg K₂O/ha

Cantidad de nutrientes en el suelo después de la cosecha:

Nota: El procedimiento de los cálculos es idéntico para los tres niveles de fertilización, Por lo tanto tenemos:

Nutrientes que sobran en el suelo después de toda la cosecha.

Niveles de estiércol	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha
N1	4.5	7.68	37.91
N2	8.1	10.73	56.86
N3	20.7	29.86	110.56