

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



TESIS DE GRADO

**RENDIMIENTO DE LA RÚCULA (*Eruca sativa*) BAJO TRES DENSIDADES DE
PLANTACIÓN EN AMBIENTE PROTEGIDO**

**PRESENTADA POR:
MARGARITA ESCOBAR FERNANDEZ**

**La Paz – Bolivia
2014**

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

**RENDIMIENTO DE LA RÚCULA (*Eruca sativa*) BAJO TRES DENSIDADES
DE PLANTACIÓN EN AMBIENTE TROTEGIDO**

*Tesis de grado presentada como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

MARGARITA ESCOBAR FERNANDEZ

Asesores:

Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez

Ing. Ph. D. Antonio Saravia Arzabe

Tribunal Revisor:

Ing. Ph. D. Yakov Arteaga García

Ing. Ph. D. Abul Kalam Kurban

Ing. Carlos Mena Herrera

Presidente Tribunal Examinador

Aprobado

La Paz - Bolivia

2014

CONTENIDO GENERAL

Dedicatoria.....	I
Agradecimientos.....	II
Índice General.....	III
Índice de Cuadros.....	VI
Índice de Figuras.....	VII
Índice de Anexos.....	VIII
Resumen.....	IX

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado:

A mis padres: Luciano Escobar Julián y Máxima Fernández Romero, por el apoyo y la comprensión que me brindaron en todo momento.

A mis hermanos (a): Andrea, Celia, Alfredo, Edgar y Rodrigo quienes a diario me brindaron su apoyo incondicional en mis momentos más difíciles.

A mis amigas y amigos que me colaboraron con el apoyo incondicional para culminar este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Sobre todas las cosas a Dios, por darme fuerza y sabiduría para enfrentar las dificultades que se presentan en la vida, y darme la oportunidad de llegar a este logro.

Agradecer a todos mis familiares por el apoyo que me brindaron y me dieron consejos que necesitaba para seguir adelante, por sus palabras de aliento y comprensión.

A mis asesores Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez e Ing. Ph. D. Antonio Saravia Arzabe, cuya guía profesional hizo posible la realización de la presente investigación. A mis revisores: Ing. Ph. D. Yakov Arteaga, Ing. Ph. D. Abul Kalam e Ing. Carlos Freddy Mena, que me apoyaron con sus sugerencias en toda las correcciones, para enriquecer el contenido del presente trabajo.

Agradecer a Ing. Shirley, Ing. Rosa, Ing. Rogelio, Ing. Oswaldo, Gina, Faviola y Aydde. Que me brindaron apoyo colaboración durante el proceso de investigación y redacción del presente trabajo.

A la Empresa TOMATITO, donde produce hortalizas de calidad, por a verme acogido y permitido realizar el trabajo de Tesis.

A la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Facultad de Agronomía la casa de estudio que me cobijo, y a todo los docentes con los cuales me forme profesionalmente, por sus conocimientos durante mi carrera universitaria. También a mis queridos amigas y amigos: Alejandra, Fanny, Aurelia, Erland, David, Vicente, Vania, Juan Carlos, Hugo, Gary, Gladys, Franklin, Roció, Fernando, Isabel, Magda, Armando, Marcelo, y Javier por su confianza, amistad sincera y haber pasado gratos momentos. Y a todos mis demás compañeros por su amistad.

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Justificación	2
1.2	Objetivos.....	3
1.2.1	Objetivo general	3
1.2.2	Objetivos específicos	3
1.3	Hipótesis	3
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	4
2.1	Origen	4
2.2	Taxonomía.....	5
2.3	Características Botánicas	5
2.3.1	Hoja	5
2.3.2	Tallo.....	6
2.3.3	Tallo floral	6
2.3.4	Flor	6
2.4	Semilla.....	6
2.5	Variedades	7
2.6	Importancia del cultivo.....	7
2.7	Características y Propiedades de la Rúcula.....	7
2.8	Características Agroecológicas.....	8
2.9	Requerimiento de Suelo y Fertilización	9
2.9.1	Densidad	9
2.10	Siembra.....	10
2.11	Ciclo del cultivo	10
2.12	Riego (Requerimiento del Cultivo).....	10
2.12.1	Goteo	11
2.12.2	Aspersión	11
2.13	Prácticas Culturales	11
2.14	Cosecha	11
2.15	Poscosecha	12
2.16	Valor Nutritivo	12
2.17	Rendimiento	13
2.18	Abonos Orgánicos	14
2.19	Ventajas del abonamiento natural	15

2.20	Invernadero.....	15
2.21	Importancia del invernadero en el altiplano.....	15
2.22	Manejo del invernadero.....	16
3	Localización.....	18
3.1	Clima	19
3.2	Características en el área de estudio	19
3.3	Suelo	19
3.4	Temperatura.....	20
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
4.1	Materiales	21
4.1.1	Material de estudio	21
4.1.2	Materiales y equipos.....	21
4.1.3	Materiales de gabinete	21
4.2	Metodología.....	22
4.2.1	Periodo del experimento.....	22
4.2.2	Porcentaje de germinación de la semilla de rúcula.....	22
4.3	Fase de trabajo en campo.....	23
4.3.1	Porcentaje de emergencia	23
4.3.2	Características de la semilla de la semilla utilizada	23
4.3.3	Preparación del suelo del área de estudio.....	24
4.3.4	Demarcación de las camas.....	24
4.3.5	Siembra.....	25
4.3.6	Emergencia (germinación)	26
4.3.7	Riego.....	27
4.3.8	Raleo y refalle.....	27
4.3.9	Deshierbe y escarda	28
4.3.10	Toma de datos.....	28
4.3.11	Cosecha.....	29
4.3.12	Peso de hoja	30
4.4	Diseño experimental	30
4.4.1	Procedimiento experimental	30
4.4.2	Modelo lineal aditivo.....	31
4.4.3	Factores de estudio	31
4.4.4	Formulación de tratamientos	32

4.4.5	Dimensiones del experimento	32
4.4.6	Croquis del experimento.....	33
4.5	Variables de Respuesta.....	34
4.5.1	El crecimiento del cultivo.....	34
4.5.2	Peso de hoja en cada cosecha por m ²	34
4.5.3	Número de hojas en cada cosecha por m ²	34
4.5.4	Número de plantas en 100 m ²	34
4.6	Análisis Económico.....	35
5	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	36
5.1	Aspectos Climáticos	36
5.1.1	Temperaturas en invernadero en el periodo de investigación	36
5.2	Variables de Respuesta.....	38
5.2.1	El crecimiento durante el ciclo del cultivo	38
5.3	Peso de Hojas por Tratamiento (g/m ²).....	39
5.4	Promedios del peso de hoja (1 m ²).....	39
5.5	Peso de hoja en 1 m ² por periodos de cosecha.....	41
5.6	Peso de hoja en tres densidades x cinco periodos de cosecha	42
5.7	Prueba de medias	43
5.8	Número de Hojas	44
5.9	Número de Hoja en 1m ² en diferentes densidades	45
5.10	Número de Hojas en 1m ² en periodos de cosecha	45
5.11	Número de Hojas en tres densidades x cinco cortes	46
5.12	Prueba de Medias	47
5.13	Costo de Producción.....	48
5.13.1	Costos variables.....	48
5.13.2	Beneficio bruto y beneficio neto IBN en densidades	49
5.13.3	Beneficio Bruto y Beneficio Neto IBN en Cada periodo de cosecha.....	50
6	CONCLUSIONES	52
7	RECOMENDACIONES.....	54
8	BIBLIOGRAFIA	55

INDICE CUADROS

CUADRO 1. VALOR NUTRITIVO DE 100 GR DE RÚCULA.....	13
CUADRO 2. COMPOSICIONES DE MATERIAS ORGÁNICAS DE ORIGEN ANIMAL	15
CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS DE LA SEMILLA DE LA RÚCULA	23
CUADRO 4. FACTORES DE ESTUDIO	31
CUADRO 5. COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS	32
CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PESO DE HOJA (G).....	39
CUADRO 7. PESO DE HOJA – DENSIDADES DE SIEMBRA	43
CUADRO 8. PESO DE HOJAS EN GRAMOS POR PERIODOS DE COSECHA	43
CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA NÚMERO DE HOJA.....	44
CUADRO 10. NÚMERO DE HOJA – DENSIDADES DE SIEMBRA.....	47
CUADRO 11. NÚMERO DE HOJA POR PERIODO DE COSECHA.....	48
CUADRO 12. RENDIMIENTO AJUSTADO EN GRAMOS	49
CUADRO 13. ANÁLISIS ECONÓMICO POR EL MÉTODO PRESUPUESTO PARCIAL DE LAS DENSIDADES.....	49
CUADRO 14. ANÁLISIS ECONÓMICO POR EL MÉTODO PRESUPUESTO PARCIAL DE PERIODOS DE COSECHA.....	50

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD DEL ALTO, PROVINCIA MURILLO, LA PAZ, BOLIVIA (FUENTE: ATLAS ESTADÍSTICO DE MUNICIPIOS DE BOLIVIA 2012).....	18
FIGURA 2. UBICACIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, FUENTE: GOOGLE EARTH, 2013.	19
FIGURA 3. BANDEJAS DE GERMINACIÓN	23
FIGURA 4. VISTA DEL PROCESO DE GERMINACIÓN.....	23
FIGURA 5. INVERNADERO DE 26X10 M ² LUGAR DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO	24
FIGURA 6. MULLIDO DE LA CAMA.....	24
FIGURA 7. NIVELADO DE CAMAS.....	25
FIGURA 8. MEDICIÓN DE CAMAS.....	25
FIGURA 9. SIEMBRA POR MÉTODO DE VASO.....	26
FIGURA 10. COLOCANDO LA SEMILLA	26
FIGURA 11. GERMINACIÓN A LOS 3 DÍAS.....	26
FIGURA 12. A LOS 7 DÍAS DE LA SIEMBRA	26
FIGURA 13. RIEGO POR GOTEO, MEDIANTE CINTA	27
FIGURA 14. RIEGO POR GOTEO, QUE OPTIMIZA EL USO DE AGUA	27
FIGURA 15. A LOS 8 DÍAS SE PROCEDIÓ AL RALEO	28
FIGURA 16. SE REALIZO EL RALEO CUANDO LOS PLANTINES TIENEN DE 3 A 4 HOJAS VERDADERAS	28
FIGURA 17. MARBETEADO DE LA PLANTAS.....	29
FIGURA 18. MEDICIÓN DE LA ALTURA A LOS 10 DÍAS.....	29
FIGURA 19. ANTES DE LA COSECHA POR CORTE.....	29
FIGURA 20. DESPUÉS DE LA COSECHA	29
FIGURA 21. RÚCULA COSECHADA	30
FIGURA 22. OBTENIENDO DEL PESO DE HOJA POR M ²	30
FIGURA 23. CROQUIS DEL ENSAYO	33
FIGURA 24. COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL AMBIENTE, REGISTRADO EN LAS 10 SEMANAS DE INVESTIGACIÓN DURANTE EL ENSAYO, GESTIÓN 2011-2012.....	36
FIGURA 25. CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE RÚCULA DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO	38
FIGURA 26. PESO DE HOJA EN TRES DENSIDADES.....	40
FIGURA 27. PESO DE HOJA EN GRAMOS, EN X PERIODO DE COSECHA	41
FIGURA 28. PESO DE HOJA EN GRAMOS, EN TRES DENSIDADES X PERIODO DE COSECHA	42
FIGURA 29. NÚMERO DE HOJAS EN TRES DENSIDADES	45
FIGURA 30. NÚMERO DE HOJAS PROMEDIO DEL TOTAL X PERIODOS DE COSECHA	46
FIGURA 31. NÚMERO DE HOJAS EN TRES DENSIDADES X PERIODOS DE COSECHA	47

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	61
ANEXO 2. PREPARACIÓN DEL SUELO EN EL LUGAR DE ESTUDIO.....	61
ANEXO 3. SIEMBRA.....	62
ANEXO 4. A LOS 39 DÍAS PARA LA PRIMERA COSECHA.....	62
ANEXO 5. COSECHA.....	63
ANEXO 6. RECOLECCIÓN DE DATOS	63
ANEXO 7 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS VARIABLES	64

RESUMEN

La Rúcula (*Eruca sativa Mill.*), conocida también como oruga y roquette, es una especie que pertenece a la familia *Brassicaceae*, utilizada desde tiempos antiguos. Muy conocida en Europa por sus propiedades nutricionales, tónicas y depurativas. Se consideró el estudio de la rúcula por ser un cultivo tolerante a temperaturas bajas y la oferta de la producción sea innovador en las zonas del altiplano para satisfacer la demanda del mercado.

El presente estudio se realizó en el Municipio de El Alto, Provincia Murillo del Departamento de La Paz, en invernadero con una superficie de 48 m², bajo el diseño dispuesto en bloques completamente al azar con dos factores de estudio: tres densidades de plantación (D1=200 pl/m²; D2=140 pl/m² y D3=100 pl/m²) y se han realizado cinco cortes o cosechas (P1, P2, P3, P4 y P5), con un intervalo de siete días entre ellos.

Como insumo principal se utilizó semilla certificada del mercado local. La siembra se ha realizado por el método de vaso el 30 de noviembre de 2011 y a los 39 días se realizó la primera cosecha. Los resultados obtenidos mostraron, en la primera densidad (200 pl/m²), mayores valores en peso (602,35 g/m²) y en número de hojas (340 hjs/m²). Según los periodos de cosecha se obtuvo el mejor resultado en la primera cosecha con un valor de 794,42 g/m².

Se obtuvo la relación costo-beneficio destacado en la primera densidad de siembra, con un valor de Bs 1,95 Bs. En general se puede decir que el cultivo de la rúcula tuvo un buen desarrollo en el área de estudio, debiendo considerarse, por lo tanto, como una nueva alternativa en el rubro de la producción de hortalizas, para la diversificación de la producción en invernadero o ambiente protegido.

1 INTRODUCCIÓN

La Rúcula (*Eruca sativa*), es una planta conocida desde tiempos pasados por los egipcios, griegos y romanos. No ha sido cultivada a gran escala ni sometida a investigación científica hasta los años 1990, siendo normalmente recolectada en forma silvestre. Se dice que al principio solo se utilizaba como un ingrediente de carácter medicinal, pero se sabe por literatura que en Italia ya se consumían en pizzas, cocida como verdura y crudo en ensalada.

En tanto la rúcula, se la conoce con diferentes nombres como ser: oruga, roquette y ruca o jaramago, es una hortaliza de hoja, se encuentra dentro de las plantas compuestas muy conocida en países de Centro y Este de España, Sur de Europa, Norte de África y Oeste de Asia. Por sus propiedades, se constituye en una excelente fuente de vitaminas, por el contenido de potasio, magnesio, hierro, vitamina C y pro- vitamina A; se la describe como de carácter medicinal, la combinación de hierro y vitamina C ayuda a tratar la anemia.

Existen dos tipos de rúcula, una silvestre y otra cultivada, el primero tiene hojas lisas y pequeñas, en tanto la cultivada se la describe como de hojas pinnatífidas.

Este cultivo es poco difundido en Bolivia a diferencia de otras hortalizas, es muy fácil de cultivar, crece rápidamente y no presenta muchos problemas en su manejo, es una planta de ciclo corto. Actualmente en la ciudad de La Paz, la demanda se ha incrementado tomando en cuenta aquellos que gustan de su sabor particular o conocen sus propiedades, en tanto la oferta es menor.

Las hortalizas son muy importantes, porque son un complemento necesario para una buena alimentación., contienen minerales y vitaminas imprescindibles para el organismo humano. Para cultivar hortalizas en el altiplano, se debe recurrir a los ambientes protegidos, donde las plantas crecen con menos riesgo climático. Utilizando este sistema se puede cultivar todo el año.

1.1 Justificación

En nuestro medio, la rúcula no es muy conocida, porque no se la produce a gran escala, se conoce poco sobre las propiedades nutritivas que esta especie posee (vitaminas y minerales). Requiere estudios sobre nuevas alternativas de producción, sería útil para los productores de hortalizas y de esta manera aumentarían la diversificación con cultivos de la rúcula.

La rúcula debería estar dentro de la dieta alimentaria, porque proporciona vitamina C, mineral como el potasio, hierro y magnesio entre otros. A estas propiedades, se le suman otros beneficios para la salud, como ayudar a tratar la anemia, gracias a su alto contenido de hierro.

En cuanto a este aspecto, se debe recordar que las estadísticas del Departamento de La Paz señalan que un 72% de niños sufren de anemia (INE, 2008). Se establece que los menores entre 6 y 59 meses sufren anemia leve un 23.3%, moderada 42.8% y severa 5.8%

La producción comercial de esta hortaliza, en nuestro medio, se circunscribe a la Hacienda "Tomatito" de la ciudad de El Alto.

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de determinar la densidad ideal para el cultivo de rúcula, bajo condiciones de invernadero en el altiplano paceño, buscando obtener el mayor rendimiento por superficie, lo cual se traduce en la mayor oferta del producto. En los últimos años la demanda por la alimentación global ha ido creciendo paulatinamente. Por tanto, se debe buscar otras alternativas para el consumo de alimentos que tengan propiedades nutritivas y sean en beneficio de la población mundial.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el rendimiento de la Rúcula (*Eruca sativa*) bajo tres densidades de plantación en ambiente protegido en la Ciudad de El Alto.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros agronómicos en el cultivo de rúcula
- Evaluar el número de hojas por tratamiento y peso de hojas por m²
- Evaluar el efecto de densidades de siembra en el rendimiento de área foliar, en el cultivo de rúcula
- Realizar el análisis económico del costo y beneficio

1.3 Hipótesis

Ho: El rendimiento de la rúcula bajo tres densidades de plantación es similar.

Ha: Los rendimientos varían de acuerdo a la densidad planteada.

2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 Origen

Horturba (2011), indica que la rúcula (*Eruca sativa*) es una planta originaria de la región mediterránea, conocida y cultivada desde tiempos antiguos. En la época de los romanos se encontraba de forma natural en márgenes de caminos y en campos de cultivo.

De Wolf G. P. et al (1987), mencionan que la rúcula es originaria del Sur de Europa y del Oeste de Asia. Si bien presenta una difusión a nivel mundial, es importante como cultivo en Europa Meridional, Egipto y Sudán. También es cultivada por el aceite de sus semillas, principalmente en la India.

Serrano (1979), indica que la rúcula es una planta comestible originaria de la región mediterránea. Algunos botánicos consideran que la *Eruca sativa* es una subespecie de la *Eruca vesicaria*, con ligeras diferencias en la forma de sus hojas y en su sabor. Otros nombres que se utilizan para la rúcula son: rúcola, oruga, roqueta, ruca o jaramago. Al parecer, además de los mencionados, se distinguen por la forma de sus hojas, unas se parecen al diente de león y otras a los berros.

Alcaraz (2002), menciona que es una planta originaria de la Región Mediterránea, conocida y cultivada desde tiempos antiguos, en la época de los romanos siendo considerada un afrodisíaco. Sin embargo, no ha sido cultivada a gran escala ni sometida a investigación científica hasta los años 1990.

Actualmente se cultiva en varios lugares, especialmente estando disponible en toda Europa.

2.2 Taxonomía

La descripción taxonómica de la rúcula según Leskova (2011), es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta (plantas con flor)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Orden: Brassicales–Crucifera

Familia: Brassicaceae

Nombre científico: *ErucaSativa* Mill.

Nombre común: Rúcula, oruga, Roquette y otros

2.3 Características Botánicas

Alcaraz (2002), indica que es una planta herbácea de ciclo anual, que tienen las siguientes características más sobresalientes.

2.3.1 Hoja

Las hojas basales son en roseta, pecioladas, de 10-15 cm, lirado-pinnatífidas; las caulinares sentadas, con 3-7 lóbulos o dentadas

Pino (2012), menciona que la planta de rúcula tiene 5 a 7 hojas, cuyo tamaño varía según las épocas del año, pero puede llegar a 25 cm de largo o más. Como el órgano de consumo es la hoja sin inflorescencia, la aparición de esta no es deseable. Se cultiva al aire libre o en invernadero, y en la primavera con días largos y altas temperaturas, florece, y esto perjudica la calidad.

Maroto (2002), señala las hojas inferiores llegan hasta 20 cm de largo, pinnatífidos o pinnadamente lobados, algunas con el lóbulo terminal más grande, las superiores son más pequeñas y menos profundamente divididas, a veces sésiles.

Ibérica (2000), menciona existen variedades de esta hortaliza, donde sus hojas son oblongas, festoneadas en sus bordes, hendidas pinnado, partidas en el base y ásperas al tacto.

2.3.2 Tallo

El tallo es erecto y ramificado que puede alcanzar hasta 80 cm de altura, peloso-hispida, especialmente en la parte basal. Maroto (2002), menciona que generalmente es ramificado desde la base. Tiene un tallo corto, por este motivo se lo denomina Eruca.

2.3.3 Tallo floral

Rzedowski (2001), indica que el Tallo floral puede alcanzar hasta los 2 m de altura, cilíndrico y veloso, de color verde y posee muchas ramificaciones.

2.3.4 Flor

La floración se produce en racimos terminales. Alcaraz (2002), señala que la flor es un brote especial cuyas hojas se han transformado para la reproducción. La forma de la flor de la rúcula es cruciforme, cuatro pétalos, dispuestos en forma de cruz.

Los pedicelos son de 2-8 mm, hispídos. Cuatro pétalos de 15-22 mm, blancos o ligeramente amarillentos, con nerviación violeta. Seis estambres, anteras oblongas y obtusas.

2.4 Semilla

Rzedowski (2001), indica la semilla de la rúcula son silícuas, todo el fruto es de 2 a 4 cm de largo, cada semilla es de alrededor de 1.5 mm de largo, ovoide de color café amarillentas.

2.5 Variedades

Ibérica (2000), menciona que solo existe dos variedades: rúcula cultivada y la silvestre. Supuestamente la "selvática" es la auténtica, su hoja es mucho más fina. También se diferencian en que las semillas de la "selvática" son minúsculas, como un polvillo, mientras que las de la "cultivada" son más grandes, similares a las de los rabanitos. Ambas comparten semejanza con los berros y la forma redondeada de las hojas, pero se diferencian por el aspecto de éstas y la intensidad de sabor. Un Autor que afirma que no existen variedades de rúcula, ya que solo se distingue entre la rúcula cultivada y la rúcula silvestre por tener hojas más grandes; esta última se encuentra incluso al lado de senderos y caminos y era recolectada por nuestros padres y abuelos.

2.6 Importancia del Cultivo

Saravia (2011), menciona que al momento tiene poca importancia en Bolivia pero de acuerdo a las ventas de La Hacienda Tomatito, esta hortaliza se está conociendo más cada día especialmente en las zonas tropicales de Bolivia y en cierto modo en La Paz donde se realiza la venta. La importancia del cultivo fuera de nuestras fronteras creció durante los últimos 15 años por tratarse de una hortaliza de sabor diferente, alto en nutrientes y por ser exótica. Brasil es un gran consumidor de rúcula en Sudamérica seguido por Argentina.

Serrano (1979), señala que la rúcula es una planta anual su recolección ya se daba en la época romana, otorgándole propiedades. No fue estudiada hasta 1990 aproximadamente cuando se empezó a valorar el cultivo de la rúcula.

2.7 Características y Propiedades de la Rúcula

Leme (2005), sugiere que las propiedades digestivas de este vegetal también se deben resaltar, y es que su alto contenido en fibra es el responsable de agilizar el tránsito intestinal y con ello de mejorar la absorción de los nutrientes por parte del organismo y del proceso digestivo. Pero no solamente por esto la rúcula es un

vegetal digestivo, sino que su gran aroma hace que esta planta contenga una serie de ácidos que nos ayudan a estimular la secreción de jugos gástricos y así ayudar al estómago a realizar mucho mejor la digestión.

Lins (2009), menciona estas propiedades, se le suman otros beneficios para la salud, tales como ayudar a tratar la anemia, gracias a su contenido en hierro y vitamina C.

Bedri (2010), indica que contiene alto grado de potasio, magnesio, hierro, vitamina C y pro-vitamina A. Posee propiedades diuréticas, digestivas, la combinación de hierro y vitamina C favorece que sea un vegetal con cualidades contra la anemia.

2.8 Características Agroecológicas

Se desarrolla mejor en clima templado-fresco, teóricamente las temperaturas del suelo para la germinación son:

- Mínima 1.6 °C
- Óptima 24 °C
- Máxima 29.4 °C

Las condiciones de temperatura para obtener un buen crecimiento y calidad con:

- Media mensual mínima 7 °C
- Media mensual óptima 15 a 18 °C
- Media mensual máxima 21 a 24 °C

Temperaturas elevadas producen sabor amargo Oviado (2001).

Corridoni (1989), indica que la temperatura es importante para la vida de las plantas, desde la germinación de las semillas hasta la maduración de la planta debe estar en los límites bien definidos: un mínimo y un máximo.

DIN (1976), sugiere que las condiciones de temperatura óptima para el cultivo bajo cubierta de E. sativa son de 22-24 °C durante el día y de 16-18 °C durante la noche, con una humedad relativa siempre por debajo del 60%.

Horturba (2011), menciona las temperaturas altas del verano provocan que el ciclo sea mucho más rápido que en otoño o invierno, por lo que si nos gusta, conviene ir sembrando cada mes o mes y medio en verano y cada tres meses aproximadamente en invierno.

Vigliola (1992), menciona la rúcula soporta mejor las temperaturas bajas que las altas, los intervalos de temperaturas apropiadas estarían entre 6 a 30 °C aunque puede soportar hasta -6 °C.

2.9 Requerimiento de Suelo y Fertilización

Moroto 2002, indica que puede cultivarse prácticamente en cualquier terreno, pero se obtienen mejores rendimientos en suelos de textura media (franco- arenosos a areno- arcillosos); ricos en materia orgánica y ligeramente ácidos a neutro.

2.9.1 Densidad

Correa y Carrasco (2011), menciona la densidad de siembra del cultivo de la rúcula es 8 x 30 cm.

Intersemillas (2012), indica que la densidad de siembra en el cultivo de la rúcula entre líneas debería ser 30 cm a una distancia cada planta de 10 cm.

Rollins (1993), señala que la densidad adecuada del cultivo de la rúcula en líneas entre sí 40 cm. y 5 cm. entre plantas. También puede sembrarse al boleto en terraplenes o camas a una profundidad de siembra 0,5 a 1,0 cm.

Haef (1997), prefieren altas densidades, una buena cantidad de plantas por metro lineal pueden ser 200 plantas por m² en invernadero, se disponen en doble hilera

separadas sobre el surco, o a nivel del suelo en hileras con unos 20cmde separación, la cantidad de semilla necesaria es de unos 10 Kg por hectárea.

2.10 Siembra

Díaz (2010), recomienda la siembra en líneas distanciadas entre sí 40 cm y 5 cm entre plantas. También puede sembrarse al voleo en terraplenes o camas procurando que las semillas queden esparcidas convenientemente. Profundidad de siembra 0,5 a 1,0 cm.

Que la siembra es durante todo el año. Es bastante resistente al frío. Solo existen limitaciones en pleno verano pues tiene tendencia a florecer muy rápidamente cuando la temperatura y la insolación son elevadas. La floración se puede retrasar cubriéndola con media sombra.

Haeff (1997), indica la época de siembra de la rúcula es de enero a octubre, por lo que la podemos encontrar en el mercado durante todo el año.

Horturba (2011), señala que es una planta anual. Siembra de enero a octubre. Sembrar a líneas de 30 cm a una distancia cada planta de 10 cm. Se cosecha a los 40 días aproximados de la siembra.

2.11 Ciclo del Cultivo

Pino (2012), Indica que el ciclo del cultivo de la rúcula es muy corto, de 20 a 60 días, y la cosecha se realiza con raíz o por cortes sobre la base del tallo, sobre hojas de 10 a 15 cm. Tiene muy buena capacidad de rebrote, y se pueden realizar de 4 a 5 cortes con intervalos de 10 a 20 días.

2.12 Riego (Requerimiento del Cultivo)

Díaz (2010), menciona durante el crecimiento dar un riego normal, pero es conveniente regar abundantemente unos días antes de comenzar la cosecha y durante ella para que las hojas sean tiernas.

Coronel (2001), indica que el riego adecuado asegura un buen desarrollo de las plantas, por el contrario un riego mal hecho puede afectar negativamente a las plantas causando muchas veces problemas de enfermedades y plagas. Existen muchas formas de riego, mencionaremos los más practicados:

2.12.1 Goteo

Este método es el más eficiente ya que ahorra gran cantidad de agua además proporciona agua de forma que la planta requiere (gota a gota), la desventaja es que requiere una inversión un poco elevada, sin embargo es la más conveniente.

2.12.2 Aspersión

Hartmann (1990), menciona que a cualquier riego que se puede realizar en forma de lluvia aquí tenemos la regadera, manguera y equipos llamados aspersores que requieren cierta presión. Este sistema es relativamente costoso y ocupa el segundo lugar en cuando a la eficiencia.

2.13 Prácticas Culturales

Pino (2012), indica su rápido crecimiento que no requiere ninguna labor extra más que el riego. Casi no requiere ninguna limpieza del terreno, aunque si hubiera plantas espontáneas, deben extraerse ya que la hoja es muy pequeña y sufre alteraciones de coloración si sufre competencias.

2.14 Cosecha

Pino (2012), indica; la cosecha se realiza con raíz o por cortes sobre la base del tallo, sobre hojas de 10 a 15 cm. Tiene muy buena capacidad de rebrote, y se pueden realizar de 4 a 5 cortes con intervalos de 10 a 20 días.

Ibérica (2000), menciona solo hay que salir al huerto con unas tijeras e ir cortando las hojas que necesitamos. Si no arrancamos toda la planta, seguirá produciendo hojas hasta que le llegue el momento de dar flor.

Díaz (2010), señala que la cosecha es continua. Pueden cortarse las hojas externas dejando las centrales para cosecha posterior, pero cuando aumenta la temperatura cortar toda la planta antes que florezca. Las hojas de las plantas en floración cambian de sabor.

Oni (2001), menciona que la cosecha empieza a partir de las segunda a tercera semanas después de la siembra y es continua hasta la floración. Aunque no es muy habitual, la flor también es comestible y tiene el característico sabor picante de la hoja pero con mayor intensidad.

Pimpini y Enzo (1997), expresan la primera cosecha se realiza, luego de 20-27 días de haber realizado la siembra, cortando las hojas desde la base del peciolo

Posteriormente, pueden realizarse nuevas cosechas conforme la planta rebrota.

2.15 Poscosecha

Pino (2012), señala que es muy susceptible a los marchitamientos por la alta transpiración, bajo condiciones de altas temperaturas. Durante los meses de calor, es muy difícil mantener su calidad. Se la debe conservar en frío.

2.16 Valor Nutritivo

Leme (2005), menciona las funciones de la vitamina C: contribuir a la cicatrización de la piel, aumenta la resistencia contra las infecciones, combate el envejecimiento precoz, ayuda la absorción del hierro y aumenta la velocidad de degradación del colesterol, previniendo la arterioesclerosis.

Alarcón (2000), indica que la rúcula muestra una cantidad considerable de vitamina C, beta-caroteno o pro-vitamina A, y minerales como el magnesio, el potasio y el hierro. La combinación de su alto contenido en hierro y vitamina C, le brinda cualidades antianémicas, pues nos ayuda a mantener unos niveles de glóbulos rojos adecuados y necesarios para el correcto funcionamiento del organismo. Las

sustancias amargas de la rúcula estimulan la secreción de jugos gástricos y así ayudan al estómago a realizar mucho mejor la digestión

El cuadro 1, presenta el valor nutritivo que posee la rúcula por cada 100 g de muestra.

Cuadro 1. Valor nutritivo de 100 gr de rúcula

Descripción	Composición
Agua	91,7 g
Calcio	160 mg
Fibra	2 g
Folatos	97 mg
Hidratos de Carbono	4 g
Hierro	1,5 mg
Magnesio	47 mg
Manganeso	0,3 mg
Potasio	369 mg
Vitamina A	2373 UI
Vitamina E	15 mg
Vitamina K	109 mg
Calorías	25 mg

Fuente: Verdimed, 2011

2.17 Rendimiento

Pino (2012), indica que el rendimiento es de 7500 a 8000 kg/ha, y puede variar según la época del año, el número de cortes, el tamaño de hoja a la cosecha, la variedad y la densidad de plantas. El rendimiento obtenido es de un promedio de 1,42 kg de hojas de rúcula por metro cuadrado sembrado. El rendimiento mencionado corresponde a un corte, pudiéndose realizar durante el ciclo 2 ó 3 cortes.

Pimpini y Enzo, (1997), la bibliografía señala como rendimiento aceptable, en el cultivo tradicional de rúcula alrededor de 10000 kg/ha y en cultivo bajo cubierta esta en 15000 kg/ha.

Estudio realizado por Correa, M. y Carrasco G. (2013), mencionan que el rendimiento promedio es de 554,5 g/m² de materia fresca. En cuanto al largo de la hoja principal, se alcanzó un largo promedio de 20,3 cm. En el ensayo de temporada primaveral, se obtuvo un rendimiento promedio de 1000,8 g/m² de materia fresca. En cuanto al largo de hoja principal, se alcanzó un largo de 19,8 cm para el tratamiento de 25 pl/m², y de 21,9 cm para el tratamiento de 16 pl/m², mostrándose los mejores resultados para el tratamiento establecido a menor densidad.

Pimpini (2011), indica que el rendimiento promedio del corte (peso fresco) obtenido del cultivo de rúcula es 2,35 Kg/m² y 23500 kg/ha.

2.18 Abonos Orgánicos

Bellapart (1996), señala que se conoce como abonos orgánicos a todo aquellos residuos de origen orgánico, animal o vegetal, que se utilizan para aumentar la fertilidad del suelo.

Guerrero (1993), por su parte dice que son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con él objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Esta clase de abonos no sólo aporta al suelo materiales nutritivos, sino también influye favorablemente en la estructura del suelo, modifican la población de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permite una mayor capacidad de retención de agua, intercambio de gases y nutrientes a nivel de las raíces de las plantas.

La cantidad de alimento o nutriente para las plantas que contienen 100 kilos de abono animal se describe en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Composiciones de materias orgánicas de origen animal

Tipo de abono	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Materia Orgánica
De oveja	2,0 Kg.	0,5 Kg.	1,8 Kg.	79 Kg.
De vaca	1,7 Kg.	0,6 Kg.	1,0 Kg.	59 Kg.
De conejo	1,5 Kg.	0,7 Kg.	0,5 Kg.	92 Kg.
De gallina	2,5 Kg.	1,0 Kg.	1,0 Kg.	65 Kg.

Fuente: (Guerrero, 1993)

El estiércol se debe utilizar después de cuatro meses de descomposición.

Por otro lado Infojardin (2007), establece que se pueden aportar 3 kg/m² de estiércol muy bien descompuesto.

2.19 Ventajas del abonamiento natural

Lampkin (1998), menciona, que el estiércol es la manera más barata y la mejor para abonar los cultivos, puesto que hay estiércol en abundancia. La incorporación al suelo de abonos orgánicos ayuda a modificar las condiciones físicas del suelo, al mejorar la capacidad de retención de agua, como también proporcionar energía necesaria para el aumento de la actividad microbiana y ayudan también a proteger a cultivos de grandes excesos de sales minerales y sustancias tóxicas, gracias a su alta capacidad de absorción.

2.20 Invernadero

Kaulich (1987), menciona un invernadero como un lugar cerrado, estático y accesible a pie, que se destina a la producción de cultivos, dotado habitualmente de una cubierta exterior translúcida de vidrio o plástico, que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales para favorecer el desarrollo de las plantas.

2.21 Importancia del invernadero en el altiplano

Flores (1999), indica entre los sistemas de cultivos protegidos, en invernadero es el que proporciona el ambiente más seguro y protegido. En el invernadero se puede

cultivar una variedad de hortalizas durante todo el año, como también especies que provienen de climas calurosos.

Mercado (1991), señala el invernadero más apropiado para el clima del altiplano, consiste en una construcción de adobe, con un muro trombe o muro doble en la pared sur. El techo o cubierta puede ser de agroflim o calamina plástica. El muro doble aumenta la capacidad para mantener temperaturas adecuadas para los cultivos, durante la noche.

Flores (1999), menciona que los invernaderos tienen grandes ventajas a comparación de cultivos a campo abierto:

- ✓ Es un sistema de producción ecológico por que se utiliza materia orgánica, clima adecuado y agua pura.
- ✓ Menores costos de producción, restringido para la producción el uso de agroquímicos, pesticidas, etc.
- ✓ Es una actividad que involucra producción escalonada durante todo el año.
- ✓ En las estaciones críticas se puede cultivar hortalizas que de ninguna manera crecen a campo abierto.
- ✓ Los rendimientos aumentan considerablemente por unidad de superficie con relaciones a los cultivos de campo abierto.
- ✓ La calidad de producción es buena, en cuanto al tamaño, peso, color, sabor y madurez.

2.22 Manejo del invernadero

Mercado (1991), señala que la planta necesita de luz, agua, aire y humedad para crecer normalmente, por ello es importante mantener un equilibrio entre estos elementos dentro del invernadero.

Son tres los elementos que deben vigilarse en el invernadero, la ventilación es vital, con ella se controla la temperatura y se cambia el aire del invernadero. La luz ninguna planta puede desarrollarse si le falta luz, la humedad a través del riego y la ventilación se puede controlar la humedad del aire.

3 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en los invernaderos de la empresa Haciendas “TOMATITO” ubicada en la zona de Parcopata, Distrito 8 de la ciudad de El Alto del departamento de La Paz, situada en la región del altiplano. Se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 68°12”50” de longitud Oeste y 16° 35”50” de latitud Sur a una altura de 3940 msnm. Al noroeste limita con la provincia Los Andes, al este con la ciudad de La Paz, al sur con la provincia Ingavi y al sur este con el municipio de Achocalla (Cardona 1992).

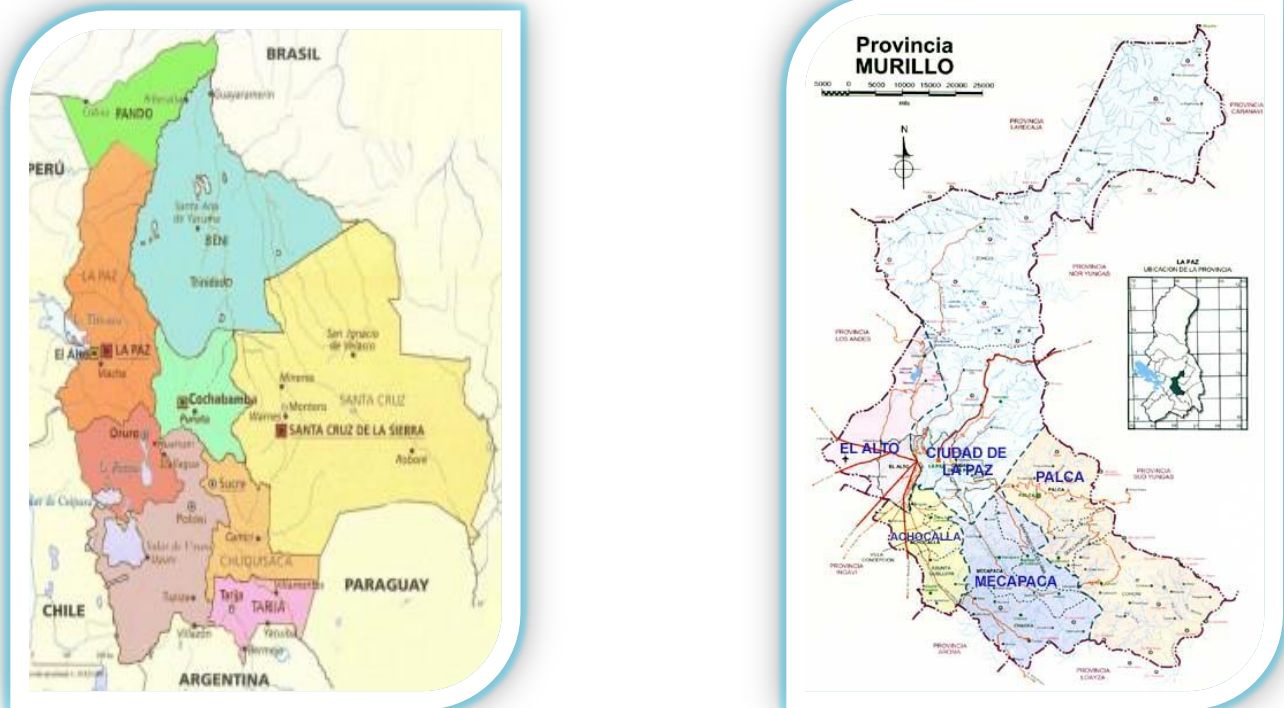


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de la Ciudad del Alto, provincia murillo, La Paz, Bolivia (Fuente: Atlas Estadístico de Municipios de Bolivia 2012).



Figura 2. Ubicación del lugar de trabajo de investigación, Fuente: Google earth, 2013.

3.1 Clima

Presenta una temperatura media de 7,5 °C con clima frígido y una precipitación media anual de 613 mm; las lluvias se concentran desde septiembre hasta marzo una precipitación anual de 700 mm (SENAMHI, 2004)

3.2 Características en el Área de Estudio

El diseño del invernadero donde se realizó el estudio fue de doble agua, cubierto con vidrio, con una superficie de 450 m².

3.3 Suelo

Los parámetros físico, químico del suelo fueron determinados mediante un análisis textural, para una mejor interpretación de los resultados obtenidos se consideró características del suelo (Miranda 2013).

Se analizó la textura del suelo y esta corresponde a Franco arenoso, Densidad Real 2,68 g/ml, Densidad Aparente 1,33 g/ml, Porosidad 50,28%, y la Capacidad de

retención de agua en 48 hrs es de 33,30 gr. mediante un análisis de pH del suelo se obtuvo un valor de 7.74 y el conductividad Eléctrica CE mS/cm en H₂O es de 0.02, Nitrógeno 0,13%, Carbono 9,87%.

Estas características del suelo según Maroto (1995) están dentro el rango que admite el cultivo, por lo cual, el autor indica que la rúcula es un cultivo que se adapta mejor en suelos de tipo medio o ligeramente franco arenoso, es decir en terrenos excesivamente sueltos. Respecto a la acidez esta prefiere suelos ácidos y salinos.

3.4 Temperatura

El clima es típico de la puna, debido a que las sensaciones térmicas varían de una temperatura mínima de 7 °C hasta una máxima de 21 °C las masas de aire frío, provenientes del Norte, causan olas de frío principalmente en verano e invierno, con una velocidad de 7 a 77 Kilómetros por hora, por lo que, el clima varia de templado a frío, con estaciones de invierno seco y frío, en la ciudad de El Alto se presentan dos climas: Frío húmedo y frío seco (PDM El Alto 2007 a 2011).

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Material de estudio

En el presente trabajo se utilizaron semillas de rúcula (*Eruca sativa*) de la variedad cultivada, obtenidas en una semillera de la ciudad de La Paz. Para el experimento se utilizó catorce mil ochenta (14080) semillas y en peso 46,89 g en 48 m².

4.1.2 Materiales y equipos

- ✓ Estiércol de ovino
- ✓ Picota
- ✓ Carretilla
- ✓ Rastrillo
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Azadón
- ✓ Trasplantador
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Flexometro
- ✓ Termómetro de máximas y mínimas
- ✓ Balanza de analítica
- ✓ Cuaderno de apuntes
- ✓ Cajas de contenedores de plástico
- ✓ Bolsa de nylon

4.1.3 Materiales de gabinete

Material de escritorio: papel, marcadores, lápiz, bolígrafos.

Equipo de computadora

Calculadora

4.2 Metodología

4.2.1 Periodo del experimento

El presente trabajo de investigación se inició en el mes de julio del 2011, con los siguientes procesos que son: Toma de datos, el pesado de semillas y con el porcentaje de germinación de las semillas, preparado de camas, siembra, riego, raleo y desmalezado, cosecha. En el mes de septiembre se realizó el desmalezado, roturado y mullido del área de estudio, en el mes de octubre se realizó el nivelado e incorporación de abono orgánico, en el mes de noviembre se realizó la siembra directa del cultivo al lugar definitivo, posteriormente se realizó un riego abundante, y finalmente se concluyeron con las evaluaciones en el mes de enero del 2012.

4.2.2 Porcentaje de germinación de la semilla de rúcula

Para determinar el porcentaje de germinación de la semilla de rúcula primero se procedió con el pesado de semillas en una cantidad de 1000 que dio el peso de 3,33 gr, luego las semillas fueron depositadas en una cantidad de 100 en 10 bandejas con sustrato, a los cinco días iniciaron las primeras semillas a germinar y en el quinta día alcanzaron a germinaron hasta 92%.

El tipo de investigación es experimental, porque se plantea tratamientos de tres densidades de plantación por periodos de cosecha, el factor A tres densidades y el factor B periodos de cosecha, en el cultivo de rúcula.

La metodología utilizada se divide en dos fases importantes: la fase de trabajo en campo y la fase de trabajo en gabinete, las cuales se desarrollaran a continuación.

4.3 Fase de Trabajo en Campo

4.3.1 Porcentaje de emergencia

Antes de iniciar la siembra con el cultivo se realizó la prueba de germinación en la variedad cultivada, en las bandejas de germinación, también se realizó el pesado de 1000 semillas de rúcula, y se obtuvo datos en las etiquetas de los productos.

4.3.2 Características de la semilla utilizada

Cuadro 3. Características de la semilla de la rúcula

Variedad	Cultivada
Tipo	Fiscalizada
Origen	Chile
% de pureza	99
% de germinación	92
Valor cultural	90
Peso de 300 semillas	1 g



Figura 3. Bandejas de germinación



Figura 4. Vista del proceso de germinación

4.3.3 Preparación del suelo del área de estudio

La preparación del suelo consistió en realizar una limpieza de malezas, y remoción del terreno a una profundidad de 30 cm, y posteriormente se procedió al mullido de los terrones, para la nivelación de las dos camas e incorporación del abono orgánico, estiércol de ovino 5 kg/m², y humus 0.5 kg/m².



Figura 5. Invernadero de 26x10 m² lugar de realización del ensayo



Figura 6. Mullido de la cama

4.3.4 Demarcación de las camas

Se realizó la medición de las camas para la disposición apropiada de las plantas según la densidad correspondiente a cada unidad experimental, de acuerdo al croquis del experimento elaborado, con la ayuda de flexómetro y lienzo, al mismo tiempo se realizó el estacado de cada unidad experimental de acuerdo a las densidades establecidas.



Figura 7. Nivelado de camas



Figura 8. Medición de camas

4.3.5 Siembra

En los puntos fijados según las densidades correspondientes, la siembra se realizó con el método de vaso.

El método de vaso consiste en:

Preparar el sustrato como para almacigar, luego se utiliza papel crisma, para construir en forma de vaso, y llenando con sustrato colocar la semilla.

Después en los puntos medidos en la cama se colocan preparando en forma de vaso y al final se ha realizado riego abundante.



Figura 9. Colocando la semilla



Figura 10. Siembra por método de vaso

4.3.6 Emergencia (*germinación*) Siembra por método de vaso

La evaluación de la emergencia se estableció bajo un cronograma establecido donde se tomaron dos tiempos de evaluación el primero a los tres días y el segundo a los 5 días con los siguientes resultados El proceso de germinación sucedió a los 3 días en un 40% y a los 5 días 95% de germinación de plantines después de la siembra.



Figura 11. Germinación a los 3 días



Figura 12. A los 7 días de la siembra

4.3.7 Riego

El sistema de riego utilizado, fue mediante aspersión y goteo, también se realizó un riego por aspersión tras la siembra, posteriormente el riego fue por goteo dos veces al día, una por la mañana y otra al final de la tarde hasta dos días antes de la cosecha.



Figura 13. Riego por goteo, mediante cinta



Figura 14. Riego por goteo, que optimiza el uso de agua

4.3.8 Raleo y refalle

El raleo se efectuó a los diez días, después de la siembra, en el raleo se ha tomado en cuenta, los plantines frágiles que no están bien formados se han eliminado, solo se ha dejado las plantas más vigorosas para que desarrollen mejor, también se realizó en el mismo día el refalle de plantines, donde no ha germinado la semilla para que tenga uniformidad, estas labores se realizaron cuando los plantines tenían de 3 a 4 hojas verdaderas.



Figura 15. A los 8 días se procedió al raleo



Figura 16. Se realizó el raleo cuando los plantines tienen de 3 a 4 hojas verdaderas

4.3.9 Deshierbe y escarda

La primera escarda y desmalezado se ha realizado a los 10 días, tras la siembra y los siguientes 29 días, la labor de escarda impiden la entrada del aire en los espacios porosos.

4.3.10 Toma de datos

Se tomaron datos a los diez días de la siembra, día por medio se midió la altura de la planta, después del raleo se eligió tres plantines al azar en cada tratamiento, observándose así la velocidad de crecimiento de la rúcula, y seguidamente en la cosecha se tomaron los datos que permitieron determinar las características agronómicas y aquellas variables de respuesta para evaluar el rendimiento del cultivo.



Figura 17. Marbeteado de la plantas



Figura 18. Medición de la altura a los 10 días

4.3.11 Cosecha

La cosecha se realizó en 5 cortes de las hojas maduras, siendo la primera a los 39 días después de la siembra, y los siguientes con intervalos de 7 días.

La primera cosecha, se realizó cuando está alcanzó aproximadamente 24,8 cm, 22,7cm, y 21,2cm, considerando como un tamaño apropiado para el manejo post cosecha.



Figura 19. Antes de la Cosecha por corte



Figura 20. Después de la cosecha

4.3.12 Peso de hoja

Pesado de la cantidad de hojas cosechadas en un metro cuadrado, se pesó en la balanza de precisión en gramos, por cada unidad experimental, a continuación se contó el número de hojas cosechado en un metro cuadrado.



Figura 21. Rúcula cosechada



Figura 22. Obteniendo del peso de hoja por m²

4.4 Diseño experimental

4.4.1 Procedimiento experimental

Al realizar el trabajo de investigación dentro del invernadero que se encontraba en producción, tratando de que estas no perjudiquen la misma, cada bloque se realizó para ver si afecta la temperatura, en una unidad de producción.

Calzada (1982), menciona este planteamiento con dos factores de estudio, es un experimento factorial que corresponde a un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro bloques, con un total de doce unidades experimentales, donde las evaluaciones se realizaron en 1m² por tratamiento.

4.4.2 Modelo lineal aditivo

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media general

α_i = Efecto del i -ésimo factor A (densidades)

β_j = Efecto de j -ésimo factor B (periodo de cosecha)

$\alpha\beta_{ij}$ = Interacción del i -ésimo factor A con la j -ésimo factor B

γ_k = Efecto del k -ésimo bloque

ε_{ijk} = Error experimental

4.4.3 Factores de estudio

Factor A: Densidades (D)

Factor B: Periodos de Cosecha (P)

Cuadro 4. Factores de estudio

Factor A: Densidades	Factor B: Periodos de Cosecha
D1 = 10 *5cm	P1 = 1ra. Cosecha a los 39 días
D2 = 15 *5cm	P2 = 2da. Cosecha a los 46 días
D3 = 20*5 cm	P3 = 3ra. Cosecha a los 53 días
	P4 = 4to. Cosecha a los 60 días
	P5 = 5to. Cosecha a los 67 días

4.4.4 Formulación de tratamientos

Cuadro 5. Combinación de tratamientos

Densidades de siembra	Periodo de cosecha	Combinación de Factores	Descripción de los Niveles de Factor D y P
D1	P1	D1*P1	10 cm hilera*5 cm pl * 1ra Cosecha
	P2	D1*P2	10 cm hilera*5 cm pl * 2da Cosecha
	P3	D1*P3	10 cm hilera*5 cm pl * 3ra Cosecha
	P4	D1*P4	10 cm hilera*5 cm pl * 4to Cosecha
	P5	D1*P5	10cm hilera*5 cm pl * 5to Cosecha
D2	P1	D2*P1	15 cm hilera*5 cm pl * 1ra Cosecha
	P2	D2*P2	15 cm hilera*5 cm pl * 2da Cosecha
	P3	D2*P3	15 cm hilera*5 cm pl * 3ra Cosecha
	P4	D2*P4	15 cm hilera*5 cm pl * 4to Cosecha
	P5	D2*P5	15 cm hilera*5 cm pl *5to Cosecha
D3	P1	D3*P1	20 cm hilera*5 cm pl * 1ra Cosecha
	P2	D3*P2	20 cm hilera*5 cm pl * 2da Cosecha
	P3	D3*P3	20 cm hilera*5 cm pl * 3ra Cosecha
	P4	D3*P4	20 cm hilera*5 cm pl * 4to Cosecha
	P5	D3*P5	20 cm hilera*5 cm pl * 5to Cosecha

4.4.5 Dimensiones del experimento

Cada unidad experimental fue constituida por diferentes densidades:

Siendo la primera densidad en $4m^2 \times \text{trat} = 200$ plantas por m^2 con una densidad de 10×5 , segunda densidad es de $4m^2 \times \text{trat} = 140$ plantas por m^2 con una densidad

de 15*5 y la tercera densidad es de 4m² x trat = 100 plantas por m² con una densidad de 20*5 cm y por periodos de cosecha, para la evaluación, la distribución de los tratamientos se detalla en el croquis de campo.

4.4.6 Croquis del experimento

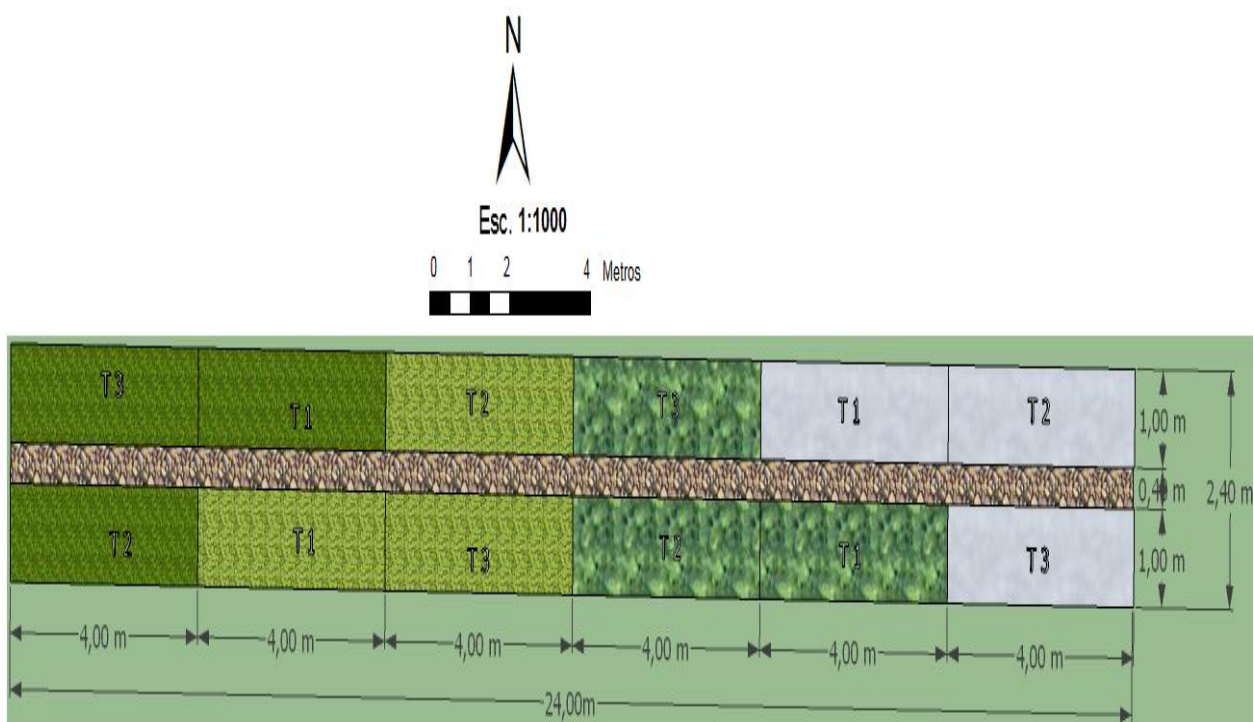


Figura 23. Croquis del ensayo

Número de bloque.....	4
Número de unidades experimental.....	12
Superficie unidad experimental.....	4m ²
Superficie evaluada por unidad experimental.....	1m ²
Área de cada bloque.....	12m ²
Superficie total del experimento.....	48m ²

4.5 Variables de Respuesta

4.5.1 El crecimiento del cultivo

Para determinar el crecimiento del cultivo se han muestreado tres plantas por cada densidad, se consideró las alturas de las plantas muestreadas cada dos días, después del raleo del cultivo hasta el día de la primera cosecha del cultivo, se realizó la medición de tres plantas al azar por unidad experimental, tomando en cuenta la longitud, desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja superior, utilizando el flexómetro.

4.5.2 Peso de hoja en cada cosecha por m²

Para obtener esta variable, se procedió a cortar las hojas, dejando las hojas centrales para la siguiente cosecha, La cosecha se ha realizado en 1 m² por cada unidad experimental, utilizando bolsas de plástico y posteriormente se procedió al pesado respectivo en una balanza de precisión.

4.5.3 Número de hojas en cada cosecha por m²

El número de hojas se ha determinado por simple conteo, en 1 m² por cada unidad experimental, durante cada cosecha respectivamente.

4.5.4 Número de plantas en 100 m²

Para determinar esta variable de respuesta se consideró el número de plantas por 1 m² al momento de la cosecha, para posteriormente extrapolarlo para 100 m².

$$NP = \frac{Pc}{AC} \cdot 100$$

Dónde:

NP = Número de plantas en 100 m²

Pc = Número de plantas cosechadas por Unidad experimental

Ac = Área de cosecha por Unidad Experimental

4.6 Análisis Económico

Una vez comercializado el producto, se realizó la valoración económica; Beneficio/costo.

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

La evaluación económica proporciona parámetros claros para determinar la rentabilidad de un determinado tratamiento, para realizar un cambio tecnológico en nuestros sistemas de producción, en diferentes densidades por periodo de cosecha.

5 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos se reflejan a continuación en función a los diferentes tipos de densidades, para obtener el rendimiento de la rúcula (*Eruca sativa*) en condiciones de ambiente protegido.

5.1 Aspectos Climáticos

5.1.1 Temperaturas en invernadero en el periodo de investigación

Durante el día la temperatura se eleva progresivamente y sigue subiendo hasta alcanzar la temperatura máxima (medio día), cercano entre el medio día y un poco después, la tierra absorbe mayor energía y esto se traduce en el incremento de la temperatura del ambiente. Después de ese lapso cae continuamente durante toda la noche.

Corridoni (1989), indica que la temperatura es importante para la vida de las plantas, desde la germinación de las semillas hasta la maduración de la planta debe estar en los límites bien definidos: un mínimo y un máximo.

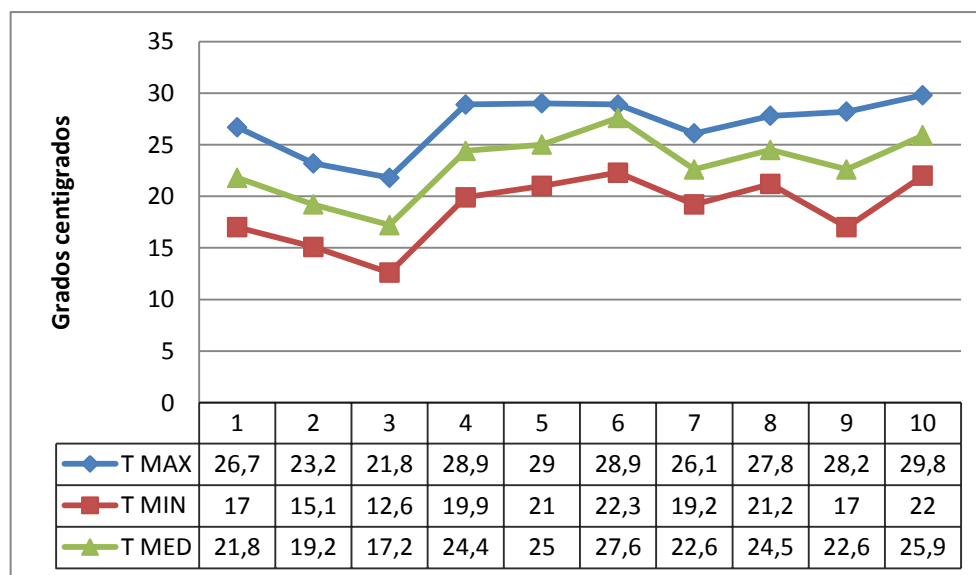


Figura 24. Comportamiento térmico del ambiente, registrado en las 10 semanas de investigación durante el ensayo, gestión 2011-2012

En la figura 24 se puede observar la variación de las temperaturas: máximas, mínimas y medias registradas durante el ensayo, las que fueron registradas desde la primera semana a partir del mes de noviembre hasta el mes de enero, en la figura se observa que la temperatura máxima refleja que el mes de enero con 29,8 °C y una mínima de 22 °C, mes donde se elevó la temperatura el mismo, indica que las temperaturas altas puede provocar la aceleración en la floración.

Correa y Carrasco (2011), mencionan que el cultivo de la rúcula es rápido y sin problemas en cualquier época del año, con temperaturas óptimas de 25 °C a 27 °C. Se disponen en hileras continuas de semillas sobre el surco, con distinta disposición según se trate de cultivo en invernadero o al aire libre. Se prefieren altas densidades, una buena cantidad de plantas por metro lineal pueden ser 200 plantas por metro cuadrado.

Camargo (1984), indica el aumento de la temperatura entre los meses de enero a abril, el cual puede estar asociado con el aumento de la pungencia y el sabor amargo, lo que además perjudica la producción de hojas e induce el florecimiento precoz.

Vigliola (1992), señala que los intervalos de temperaturas estarían de entre los 30 °C de máxima y los 6° C de mínima, pero puede soportar hasta los -6 °C. El cultivo requiere entre 14-18 °C en el día y 5-8 °C por la noche, durante la fase de crecimiento.

Las necesidades de temperatura en la germinación son de 22-24 °C, durante 2-3 días.

5.2 Variables de Respuesta

5.2.1 El crecimiento durante el ciclo del cultivo

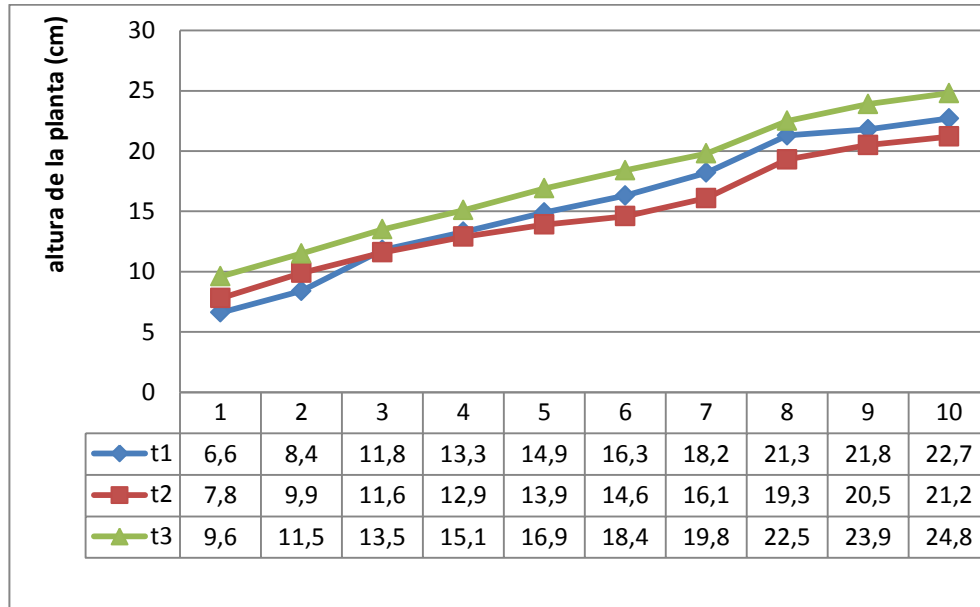


Figura 25. Crecimiento de la planta de rúcula durante el ciclo del cultivo

La medición de la altura de las plantas, se ha realizado antes de la primera cosecha en la Figura 25, se demuestra el mayor crecimiento en la densidad tres (D3) de 100 pl/m², que ha alcanzado una altura de 24 cm, la densidad uno (D1) de 200 pl/m² alcanzó una altura de 22 cm y la densidad dos (D2) de 140 pl/m² alcanzó 21 cm. En la densidad tres se observa una altura mayor respecto de las densidades D1 y D2, posiblemente se deba esta diferencia a la menor cantidad de plantas por metro cuadrado en efecto se refleja, un mayor crecimiento. Al respecto, Pino (2012), menciona que la planta de rúcula cuyo tamaño varía según las épocas del año, pero puede llegar a 25 cm de largo o más. También indica el mismo autor, que el ciclo del cultivo de la rúcula es muy corto, de 20 a 60 días, y la cosecha se realiza con raíz o por cortes sobre la base del tallo, sobre hojas de 10 a 15 cm. Tiene muy buena capacidad de rebrote, y se pueden realizar de 4 a 5 cortes con intervalos de 10 a 20 días.

5.3 Peso de Hojas por Tratamiento (g/m²)

En el cuadro 6, se muestra el ANVA (peso de hoja por tratamiento en gramos por metro cuadrado, por cada unidad experimental).

Cuadro 6. Análisis de varianza para peso de hoja (g)

FV	GL	SC	CM	FC	Fp (5%)
Bloque	3	1573.53	524.51	0.06 NS	0.9798
A (Densidades)	2	165236.70	82618.35	9.69 **	0.0003
B (Periodos)	4	1984342.26	496085.56	58.20 **	0.0001
AB (Dens*Perd)	8	31680,63	3960,07	0,46 NS	0,8739
Error	42	357971,46	8523,13		
Total en CV	59 16,64%	2540804,60			

En relación al peso de hojas se refleja que no existieron diferencias entre bloques. El Factor D (densidades para cultivo de la rúcula), presentó diferencias significativas como se observa en el Cuadro 6. Los Periodos de cosecha (Factor P), presentaron altamente significativa, donde los periodos de cosecha mostraron, un buen rendimiento en la 1ra, 2da ,3ra, 4ta y 5ta cosecha. Entre la interacción de densidades por periodos de cosecha, no existe significancia entre interacción de factores.

Por otro lado los datos experimentales obtenidos son confiables, es decir donde el coeficiente de variación obtenido fue 16,64% respectivamente.

5.4 Promedios del Peso de Hoja (1 m²)

La figura 26, presenta los promedios para el peso de hoja de la rúcula en un metro cuadrado, en tres densidades.

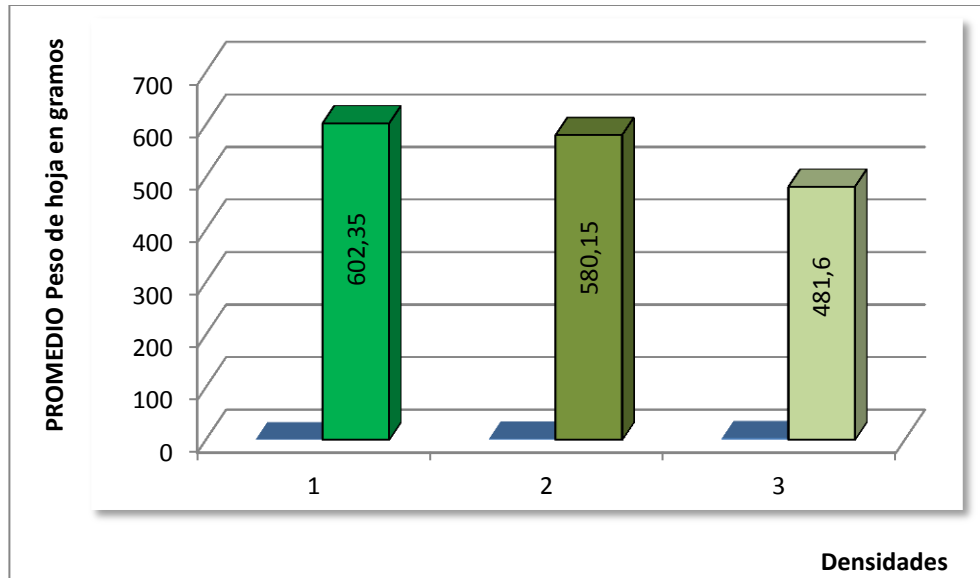


Figura 26. Peso de hoja en tres densidades

Según las densidades de siembra. El mejor comportamiento es la densidad D1 de 200 pl/m² que llegó a 602,35 g/m², la segunda densidad D2 a consideración fue de 140 pl/m² que alcanzó un peso de 580,10 g/m² y la tercera densidad D3 de 100 pl/m² que llegó a pesar 481,6 g/m². Los resultados que muestran en la figura 26, reflejan que en el cultivo de la rúcula existe el mayor rendimiento cuando la densidad es mayor, al respecto Haeff (1997), prefieren altas densidades para obtener pesos mayores, una buena cantidad de plantas por metro lineal pueden ser 200 pl/m² en invernadero, se disponen en doble hilera separadas sobre el surco, o a nivel del suelo en hileras con unos 20 cm de separación

Galaz (2002), ha demostrado los resultados en dos ensayos, en los cuales se evaluaron los métodos de cultivo mesa con sustrato y sistema flotante con dos densidades de siembra (416 y 208 pl/m²), se pesaron en fresco de hojas en gramos, mejores los rendimientos se obtuvieron en el sistemas hidropónicos mesa rellena con sustrato (362,2 g/m²) y (190,7 g/m²) Bajo las condiciones de cultivo de este estudio los resultados demostraron que es posible realizar el cultivo de rúcula, desde siembra a cosecha, con los sistemas hidropónicos mesa rellena con sustrato.

Alcaraz (2002), menciona la rúcula ha sido la especie más productiva bajo invernadero con una producción de 1,9 Kg/m². Así mismo, Pimpini y Enzo (1997), señala como rendimiento aceptable, en el cultivo tradicional de rúcula alrededor de 10000 Kg/ha y en cultivo bajo cubierta esta en 15000 Kg/ha.

5.5 Peso de Hoja en 1 m² por Periodos de Cosecha

La figura 27, presenta los promedios para el peso de hoja de la rúcula en 1 m², en cinco cosechas.

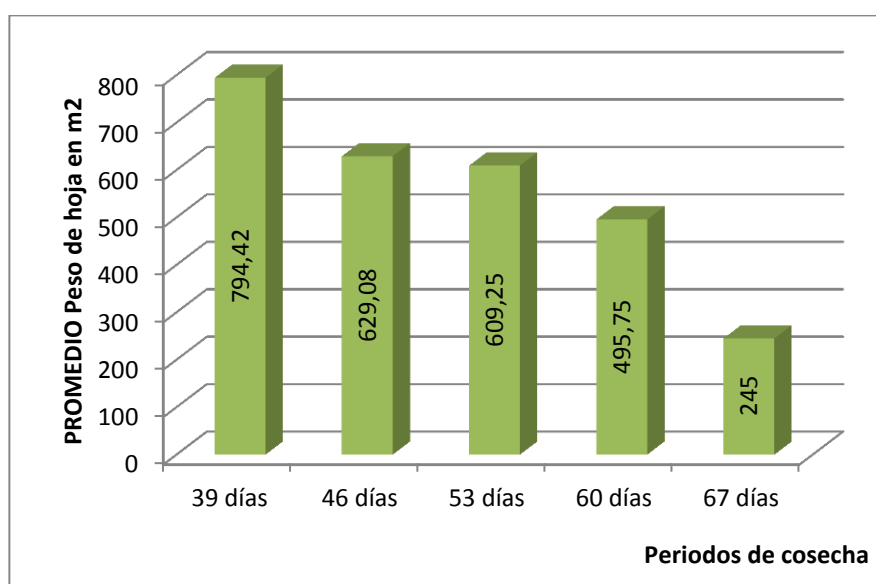


Figura 27. *Peso de hoja en gramos, en x periodo de cosecha*

A los 39 días de la siembra se realizó la primera cosecha de las tres densidades. El periodo de cosecha, según densidades el peso de hoja de la rúcula el rendimiento más alto fue en la primera cosecha 794,42 g/m², la segunda cosecha con 629,08 g/m², la tercera cosecha con 609,25 g/m², la cuarta cosecha con 495,75 g/m² y la quinta cosecha logro reducir el rendimiento a 245 g/m².

En la última cosecha incremento la temperatura y en efecto inicio a florecer algunas plantas por ende empezó a bajar el rendimiento, así mismo Pino (2012), menciona como el órgano de consumo es la hoja sin inflorescencia, y en primavera con días largos y altas temperaturas, florece, y esto perjudica la calidad y baja el rendimiento.

Pino (2012), indica el rendimiento es de 7500 a 8000 kg/ha, que puede variar según la época del año, el número de cortes, tamaño de hoja a cosecha, la variedad y la densidad de plantas. El rendimiento obtenido es de un promedio de 1,42 kg de hojas de rúcula, por metro cuadrado sembrado. El rendimiento mencionado corresponde a tres cortes, se realizó durante el ciclo.

Pimpini (2011), indica que el rendimiento promedio del corte (peso fresco) obtenido del cultivo de rúcula, es 2,35 Kg/m² y 23,5000 Kg/ha.

5.6 Peso de Hoja en tres Densidades x Cinco Periodos de Cosecha

La Figura 28, refleja el peso de hoja con tres densidades durante cinco cortes o cosechas, se muestra en cada corte, que va disminuyendo el peso de hoja, en la D1 se logró obtener un peso mayor de 616 g/m² en relación a D2 con 515 g/m² y D3 con 509 g/m²; la relación del comportamiento en peso de hoja de las densidades se mantiene durante los cinco periodos de cosecha. Sin embargo hasta el cuarto periodo de cosecha el peso de las densidades se mantiene por encima de la media por arriba de 300g/m² a excepto de la densidad tres, y por último el periodo a los 67 días el rendimiento en peso de hoja logro disminuir por debajo de 200 g/m².

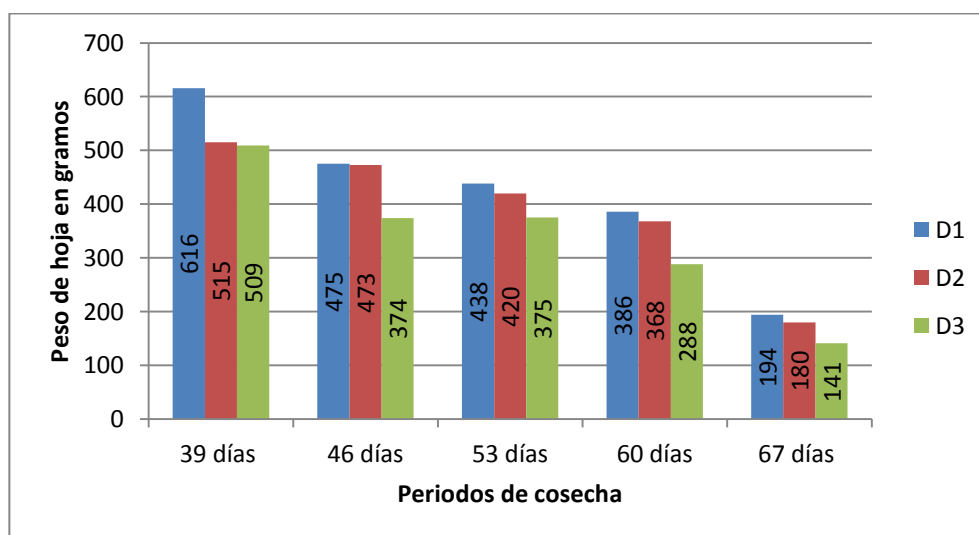


Figura 28. Peso de hoja en gramos, en tres densidades x periodo de cosecha

5.7 Prueba de Medias

El Cuadro 7, presenta la prueba de Duncan al 5% para densidades de siembra.

Cuadro 7. Peso de Hoja – Densidades de Siembra

Densidades	Promedio g/m ²	Promedio Kg/ha	Duncan 5%
D1	602.35	6023,5	A
D2	580.15	5801,5	A
D3	481.6	4816	B

El tratamiento t1 200 pl/m², que reporto un promedio de 602.35 g/m² y son similares con el tratamiento t2 140 pl/m², que obtuvo un promedio de 580.15 g/m² según el peso de hoja, fue estadísticamente superiores respecto al promedio de peso de hojas del tratamiento tres, que es de t3 120 pl/m², que obtuvo un promedio de 481.6 g/ m² en el peso de hoja.

El cuadro 8, reporta la prueba de Duncan al 5% para el peso de hojas obtenidas en diferentes periodos de cosecha.

Cuadro 8. Peso de hojas en gramos por periodos de cosecha

Periodos de Cosecha	Promedio g/m ²	Promedio Kg/ha	Duncan 5%
1ra cosecha 39 días	794,42	7944,2	A
2da cosecha 46 días	629,08	6290,8	B
3ra cosecha 53 días	609,25	6092,5	B
4to cosecha 60 días	495,75	4957,5	C
5to cosecha 67 días	245,00	2450	D

La prueba de Duncan Cuadro 8, presenta a los cinco periodos de cosecha, que obtuvo un mayor promedio de 794,42 g/m² en la primera cosecha del peso de hoja, estadísticamente fue superior sobre los de más periodos de cosecha.

La segunda cosecha y la tercera cosecha, en el peso de hoja son similares con un promedio de 629.08 g/m² y 609.25 g/m² respectivamente, estadísticamente fueron

superiores sobre la cuarta cosecha, que es de 495.75 g/m², y la quinta cosecha fue con un promedio bajo que es de 245.00 g/m².

5.8 Número de Hojas

Al realizar el análisis estadístico sobre el número de hojas Cuadro 9 se observa que existen altas diferencias entre las densidades estudiadas, también se observa en periodos de cosecha que es altamente significativa con una precisión experimental buena puesto que el coeficiente de variación adquirió un valor de 11,42%

Cuadro 9. Análisis de varianza para número de hoja

FV	GL	SC	CM	FC	Fp(5%)
Bloque	3	975,53	325,17	0,35 NS	0,7877
A (Densidades)	2	218305,83	109152,91	118,25**	0,0001
B (Periodos)	4	139308,10	34827,02	37,73**	0,0001
AB (Dens*Perd)	8	11739,50	1467,43	0,59 NS	0,6570
Error	42	38768,96	923,07		
Total	59				
CV	11.42%	409097,93			

Los bloques no presentaron significancia en los periodos de cosecha, no hubo influencia de bloques en el número de hojas.

Existieron diferencias altamente significativas entre las densidades de siembra, por que a mayor densidad, de 200 pl/m² que obtuvo un buen número de hojas, las densidades influyeron según el número de hojas por metro cuadrado.

Entre los periodos de cosecha se observa que existe una alta significancia, en comparación de la primera cosecha que ha obtenido un mayor número de hojas, en la quinta cosecha el rendimiento bajo un porcentaje menor a todas las cosechas.

La interacción de los dos factores en estudio presentó significancia, en las densidades como en periodos de cosecha.

5.9 Número de Hoja en 1m² en Diferentes Densidades

La Figura 29, presenta los promedios de las tres densidades, de siembra en el cultivo de la rúcula.

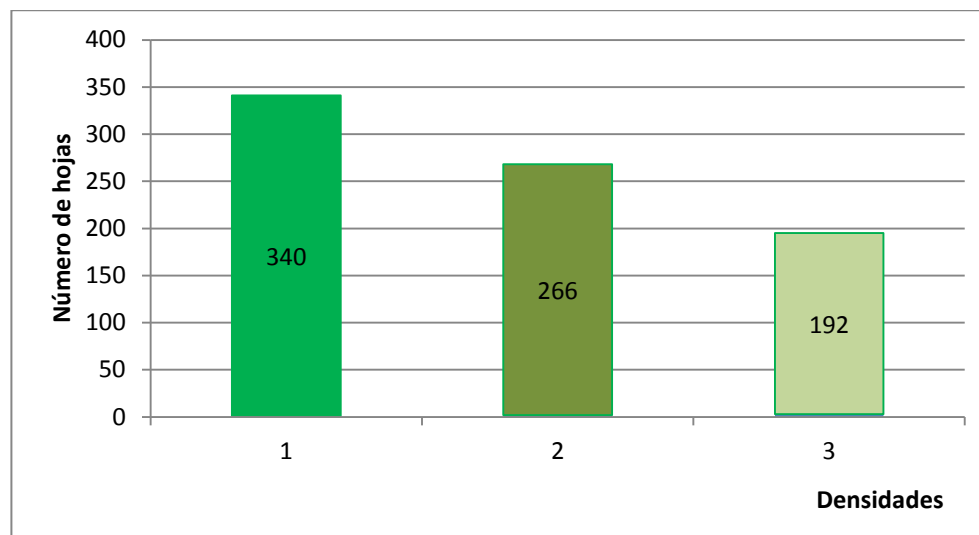


Figura 29. Número de hojas en tres densidades

La densidad uno (D1), que es de 200 pl/m². Refleja en el número de hojas a 340 hjs/m². La segunda densidad que es de 140 pl/m² se obtuvo 265 hjs/m² y la tercera densidad que es de 100 pl/m² reportó 192 hjs/m², en la primera densidad reflejaron que hay mayor cantidad de número de hojas, al respecto Pino (2012), menciona, la planta de rúcula tiene de 5 a 7 hojas, cuyo tamaño varía según las épocas del año, pero puede llegar a 25 cm de largo o más. Como el órgano de consumo es la hoja sin inflorescencia, la aparición de esta no es deseable. Se cultiva al aire libre o en invernadero, y en la primavera con días largos y altas temperaturas, florece, y esto perjudica la calidad.

5.10 Número de Hojas en 1m² en Periodos de Cosecha

En la figura 30, se presenta los promedios de las densidades para el número de hojas por el periodo de cosecha.

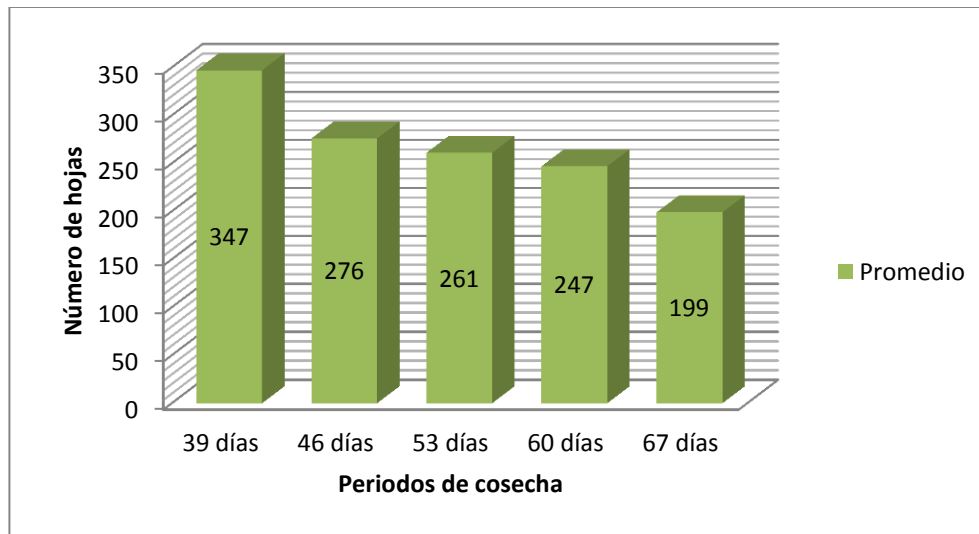


Figura 30. Número de hojas promedio del total x periodos de cosecha

Aquí nos muestra el gráfico 30, que en las tres densidades por cinco periodos de cosecha, se obtuvo: en la primera cosecha 347 hjs/m², que presentó mayor número de hojas, la segunda cosecha presentó un promedio de 276 hjs /m², en la tercera cosecha con un promedio de 260 hojas/m², la cuarta cosecha con promedio de 247 hojas/m² y el quinto cosecha con un promedio de 199 hjs/m², según los datos estadísticos muestran en la figura 30 que en la primera cosecha que tenía mayor número de hoja, así mismo indica en quinta cosecha hay menor número de hojas, que influyen la temperatura a sí mismo, Horturba (2011), indica es bastante resistente al frío. Solo existen limitaciones en pleno verano pues tiene tendencia a florecer muy rápidamente cuando la temperatura y la insolación son elevadas.

Terrazas (2012), menciona que los rendimientos más altos para el número de hojas llegó a formar 10,00 hojas en el primer corte y 9,00 hojas en el segundo corte.

5.11 Número de Hojas en tres Densidades x Cinco Cortes

La Figura 31, refleja el número de hojas con tres densidades durante cinco cortes ó cosechas, se muestra en cada corte, que va disminuyendo el peso de hoja, en la D1 se logró obtener mayor de 292 hjs/m² en relación a D2 con 241 hjs/m² y D3 con 172 hjs/m²; la relación del comportamiento en número de hojas de las densidades se

mantiene durante los cinco periodos de cosecha. Sin embargo hasta el cuarto periodo de cocha el número hojas de las densidades se mantiene por encima de la media por arriba de 140 hjs/m² a excepto de la densidad tres, y por último el periodo a los 67 días el número de hojas logro disminuir por debajo de 140 hjs/m².

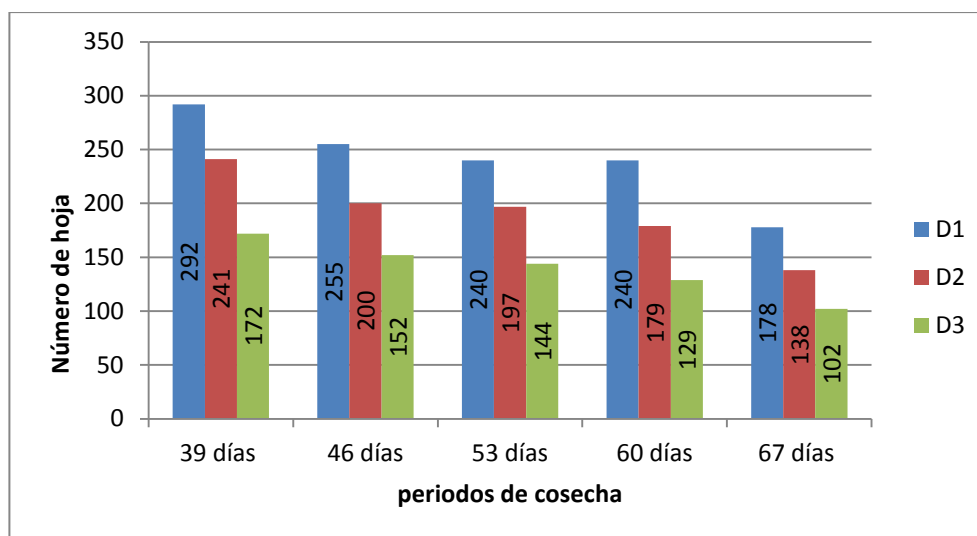


Figura 31. Número de hojas en tres densidades x periodos de cosecha

5.12 Prueba de Medias

La prueba de Duncan 5% Cuadro 10, presenta los promedios en Número de Hoja en diferentes densidades de siembra.

Cuadro 10. Número de Hoja – Densidades de Siembra

Densidades	Promedio 1m ²	Promedio 1ha	Duncan 5%
1	340	3400000	A
2	266	2660000	B
3	192	1920000	C

En cuanto a las densidades de siembra en el primer D1 es de 200 pl/m² que reporto de 340 hjs/m², estadísticamente fue superior a los demás tratamientos.

El tratamiento t2 que es de 140 pl/m² con el promedio de 266 hjs/m² y el tratamiento tres son de 120 pl/m², con un promedio de 192 pl/m².

El cuadro 11, presenta la prueba de Duncan al 5% para el número de hoja en los periodos de cosecha.

Cuadro 11. Número de Hoja por Periodo de Cosecha

Periodos de cosecha	Promedio 1m ²	Promedio 1ha	Duncan 5%
1ra cosecha 39 días	347	3470000	A
2da cosecha 46 días	276	2760000	B
3ra cosecha 53 días	261	2610000	BC
4to cosecha 60 días	247	2470000	C
5to cosecha 67 días	199	1990000	D

En la primera cosecha se mostró mayor cantidad de número de hojas de 347 hjs/m², fue estadísticamente superior a los demás cosechas, la segunda, tercera y cuarta cosecha que lograron rendimientos para número de hoja 276 hjs/m², 261 hjs/m² y 247 hjs/m², respectivamente la quinta cosecha que fue más bajo que reporto 199 hjs/m².

5.13 Costo de Producción

Un punto importante del presente estudio es la rentabilidad económica, ya que incidirá en las densidades en beneficios económicos en cultivo de la rúcula.

5.13.1 Costos variables

Perrin (1982), indica que los costos que varían de un tratamiento a otro, son: insumos, mano de obra o variables en cada tratamiento.

En costos variables que refleja el costo total se ha tomado todo los insumos, como ser la semilla de la rúcula, estiércol, bolsas etc. y en costo total variable se ha tomado en cuenta, costo total más mano de obra, en todo el ciclo del experimento que se ha trabajado en 48 m², ver cuadro anexos 7.

Rendimiento Ajustado de las densidades

Cuadro 12. Rendimiento ajustado en gramos

	D1	D2	D3
Rend. Promedio	48188 g	46412 g	38528 g
Rend. Ajustado 10%	4818,8 g	4641,2 g	3852,8 g

5.13.2 Beneficio bruto y beneficio neto IBN en densidades

Cuadro 13. Análisis económico por el método presupuesto parcial de las densidades

Detalles	D1	D2	D3
Ingreso Bruto	2166 Bs.	2088 Bs.	1728 Bs.
Costo total	735,02	732,77	731,27
Relación Beneficio/costo	2,95	2.80	2,36

En el Cuadro 13, se observa que con la densidad D1 que es de 200 pl/m² se puede lograr un retorno calculado igual a 1,95 Bs. resultado que nos indica que por cada unidad de inversión que se realice puede retornar 1,95 Bs.

Este resultado sin duda es considerado como una buena oportunidad en estos momentos para un agricultor, pues este producto si bien en otros países de producción tradicional, las áreas de producción no están en constante crecimiento por que cubre la demanda de sus consumidores, en el nuestro está iniciando su producción y ni siquiera cubre la demanda de aquellos que gustan de su sabor particular y de los que conocen sus propiedades nutricionales.

Al considerar esta situación, bajo conocimiento de sus virtudes nutricionales y poca oferta en el mercado da la posibilidad de que al incrementar la producción de la rúcula para cubrir la demanda insatisfecha; también se puede promover el conocimiento de sus propiedades, pues como se tiene conocimiento en la actualidad, de promoción de una buena nutrición, en este caso la rúcula representaría una buena opción.

En el mismo cuadro también podemos observar que se muestra que el factor más preponderante para el incremento de costo-beneficio son las densidades de siembra

y esto es razonable pues considerando que con esta densidad de siembra se presentaron primero un buen desarrollo de hojas.

Segundo el proceso del ciclo del cultivo de la rúcula es corto por ende lo que también redujo el costo de mano de obra en este proceso en una misma área de producción que al tener mayor densidad poblacional.

Tercero el hecho de tener varias cosechas, aumenta el peso al momento de la cosecha como resultado de una mayor productividad del cultivo en una misma área de producción también produjo un incremento en los ingresos.

En el proceso de cosecha y post cosecha debido al peso de hojas y número de hojas cosechadas, por metro cuadrado de producción se dispuso menor mano de obra es sin duda, es otro factor que hizo que se redujeran los costos de producción.

En caso de la segunda densidad D2 que es de 140 pl/m² se puede lograr un retorno de 1,80 Bs resultado que nos indica que por cada unidad de inversión que se realice puede retornar 1,80 Bs veces más de lo invertido para producir el cultivo y la tercera densidad D3 que es de 100 pl/m², se puede observar que, es de 1,36 Bs de retorno de inversión. Paredes (1994), menciona que si la relación costo – beneficio es mayor a 1, el proyecto es aceptable. Por lo que los beneficios son superiores a los costos.

5.13.3 Beneficio Bruto y Beneficio Neto IBN en Cada periodo de cosecha

Cuadro 14. Análisis económico por el método presupuesto parcial de periodos de cosecha

Detalles	1ra			2do			3ra			4to			5to		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Ingreso Bruto	522	454	366	342	342	270	312	300	271	276	264	210	138	126	102
Costo total	471	409	336	140	100	80	140	100	80	140	100	80	140	100	80
Relación Beneficio/costo	1,10	1,11	1,08	2,44	3,42	3,38	2,22	3	3,38	1,97	2,64	2,63	0,98	1,26	1,28

Realizada la comparación de las tres densidades por periodos de cosecha, en el cuadro 14, se evidencia que con el segundo corte se obtuvo el mayor beneficio costo seguido por el tercero y cuarto corte, así mismo en la mayoría de las densidades se cubrió el costo de producción y se obtuvo beneficios.

6 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

En el crecimiento del cultivo de la rúcula, refleja que el mejor crecimiento que se ha obtenido, es en la tercera densidad de 100 pl/m², ha alcanzado en 39 días con un promedio de 24 cm según las mediciones realizadas cada dos días. se tenía un aproximado de 0,61 cm, de crecimiento por día, y la primera densidad es de 200 pl/m² que alcanzó con un crecimiento promedio de 22 cm, según la medición se ha obtenido 0,57 cm de crecimiento por día, en tanto la segunda densidad es de 140 pl/m² que alcanzó a un promedio de 21 cm, que tiene un crecimiento por día de 0,53 cm.

En la variable peso de hoja se ha obtenido un mejor resultado, en la primera densidad que es de 200 pl/m², se ha obtenido un peso promedio de 602,35 g/m², la mayor cantidad de hojas también ha obtenido la misma densidad, de (340 hojas). La densidad uno, reflejo como resultado la mayor cantidad de hojas y peso, la que resulto como la densidad aceptable, donde las condiciones favorables para su desarrollo, es decir, a menor cantidad de luz solar genero mayor rendimiento por metro cuadrado, en condiciones de semisombra lo que genera mayor concentración de humedad. la segunda densidad que es de 140 plantas/m² que ha obtenido el resultado de 580,15 g/m² esta densidad genero 265 hojas y la tercera densidad de 100 pl/m² se obtuvo el peso de hoja 481,6 g/m² con un número de hojas de 192 .

Realizada las 5 cosechas nos da como resultado en la primera cosecha se ha tenido mayor peso de hoja y de la misma forma se ha obtenido la mayor cantidad de número de hojas, en la segunda y tercera cosecha se mantenido casi en la misma cantidad, la cuarta cosecha bajo un poco más que las anteriores cosechas y la quinta cosecha bajo el 75% de la primera cosecha, debido a que iniciaron al desarrollo de los tallos para la floración.

La relación Costo – beneficio para un área de producción de 48 m² es alta, para las densidades por lo que se concluye que el cultivo de la rúcula en ambiente protegido es más beneficioso, incluso buenas ganancias pues la que menor relación obtuvo es la densidad de 100 pl/m² con una relación C/B de 1,36 Bs.

En general se puede concluir que la rúcula tuvo un buen comportamiento agronómico y de rendimiento, y no presentó ninguna enfermedad, ni presencia de plagas durante el desarrollo del cultivo de rúcula.

7 RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se sugiere las siguientes recomendaciones:

- ✓ Se recomienda realizar la siembra de la rúcula en ambientes controlados en las diferentes estaciones del año y en densidades de 200 plantas por m² según los resultados obtenidos durante la investigación que se ha tenido buen resultado, con mejores rendimientos respectivamente.
- ✓ Se recomienda producir la rúcula en diferentes pisos ecológicos, utilizando las mismas densidades, para realizar la comparación de los datos obtenidos en la ciudad de El Alto en ambientes protegidos, además por ser un cultivo nuevo en hortalizas y es poco conocido por la población.
- ✓ Para que esta alternativa pueda ser implementada en la zona altiplánica se recomienda realizar estudios con diferentes niveles de fertilización bajo diferentes densidades de siembra.
- ✓ También se recomienda realizar el estudio del mercado de la hortaliza de la rúcula por ser una planta poco conocida por sus propiedades nutricionales y medicinales.
- ✓ Se recomienda poner semisombra en los meses que presentan una mayor intensidad de calor, porque a una alta concentración del calor el cultivo tiende a acelerar sus etapas fenológicas, perdiendo así la calidad del mismo.

8 BIBLIOGRAFIA

ALARCÓN A. 2000. Tecnología para Cultivos de alto rendimiento, novedades agrícolas Murcia 5 p.

BLOM-ZANDSTRA, M. & LAMPE, J. 1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality Ann.Appl. Biol. 115, 553-561pp.

BELLAPART, C., 1996. “Nueva agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química”. España Ed. Mundi-prensa. 432 p.

CARDONA, A. 1992. Un ejemplo de contaminación Ambiental Urbana, Ediciones PNUD. 50 p.

CAMARGO, L. de S. 1984. Las Hortalizas y su cultivo. 2da ed. Campinas, Fundación Cargill, 448p.

CORREA, M. Y CARRASCO G. 2011. Evaluación de la densidad de siembra sobre el rendimiento y la calidad organoléptica de rúcula de hoja larga (*Eruca sativa*). Chile. 555-557 pp.

CORONEL, L. 2001. Agrometeorología. Energía y agua en la agricultura. Ediciones E. Martell. Universidad Nacional Agraria La Molina Perú. 175 p.

CORRIDONI, L. 1989. Nociones Prácticas de Agronomía Agroguías. Mundi-Prensa. Madrid-España. 167 p.

DE WOLF, G.P. et al 1984. Taylor’s guide to vegetables and herbs. Houghton Mifflin Co., Boston, MA, U.S.A., 47 p.

ESCOBAR, H. 2003. Análisis de costos para hortalizas ecológicas. edición. Lima – Perú 126 p.

EL DIN N. S. 1976. Effects of temperatura on the aphid, Myzuspersicae (Sulz.), with, calciun concentration and tipburndevelopmentinlettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 128 – 131 pp.

FLORES, J. 1999. “Carpas solares” Técnicas de construcción. Ed. Hullas. La Paz-Bolivia. 67 p.

GUERRERO, G. 1993. “El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos” Ed. Mundi-Prensa.

HARTMANN, F., 1990. Invernaderos y ambientes atemperados. Fundación para el desarrollo (FADES). Ed. Offet Boliviana Ltda. La Paz Bolivia.

HAEFF, V. 1997. Horticultura. Editorial Trillas. 2da. Edición Sexta Reimpresión. México 9-25 pp.

KAULICH, N. 1987. El huerto atemperado. Oruro Bolivia: Centro Diocesano de Pastoral Social.

LESKOVA, B. 2011. Cultivo de la Rúcula . Buenos Aires Argentina 48 p.

LAMPKIN, N., 1998. Agricultura ecológica, una agricultura con futuro. Edición Mundi-Prensa. Madrid-España. 234 p.

LEME, E., 2005. El Placer de Comer Bien. Alimentos Para Prevenir y Curar. Aces. Buenos Aires-Argentina 7-20pp.

MERCADO, R. 1991. Manual de cultivos protegidos, Bolivia 35 p.

MAROTO, V., 2002. Horticultura Herbácea Especial. 5ta. Edición revisada y ampliada Mundi-Prensa, Madrid –España.

MIRANDA, G. 2013. Evaluación de Sustrato en Base a Turba en ambiente protegido, para Producción de Almacigo Hortícola en Invernadero, en el Municipio de El Alto Tesis de Universidad Mauor de San Andrés La Paz – Bolivia 48-50 pp.

OVIDIO, E. 2001. Cultivo de Hortalizas en Ambiente Atemperado. La Paz Bolivia. 26-27 pp.

PAREDES, R. 1994. Elementos para la elaboración y evaluación de proyectos. 1 ed. Editorial Catacora. La Paz, BO. 109 p.

PINO, M. 2012. Curso de Horticultura y Floricultura. Argentina-Plata. 1-2 pp.

PIMPINI, F. 2011. Principitecnicoagronomici de la fertirrigazione e del fuorisuolo. Veneto Agricoltura. Regione Veneto. 201 pp.

PIMPINI, F y M. Enzo.1997. *La colturadellarucolanegliambientiveneti*. ColtureProtette.4:21-32.

SARAVIA, A. 2011. Manual de Horticultura, Bolivia 8 p.

SENAMI. (2004). Instituto Nacional de Meteorología e hidrología. La Paz, Bolivia.

SERRANO, Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernaderos. Editorial Barcelona Barcelona - España. 360 p.

ROLLINS, 1993. The Cruciferae of Continental North America. Stanford University Press, Stanford, California. 87 p.

TERRAZAS, J. 2012. Evaluación agronómica de variedades de Rúcula (*Eruca sativa* Mill.) a diferentes densidades de siembra en carpa solar. Tesis de Grado (UMSA).

VIGLIOLA, M. 1992. Manual de Horticultura. Editorial hemisferio Sur. Buenos Aires-Argentina. 77 p.

DOCUMENTOS ELECTRONICOS

ALCARAZ, F. 2002. Flora Básica de la región de Murcia. Disponible en: www.uib.es/catedra_iberamericana/publicaciones/seae/mesa1/silvestres) Accedido 12 de agosto de 2012).

BEDRI, E. 2010. La Rúcula, hortaliza de hoja. Disponible en: www.bedri.es/libreta_de_apuntes/R/RA/Hortalizas.htm. (Accedido 15 de marzo de 2012).

DÍAZ, F. 2010. La Rúcula. México. Disponible en: www.sectorproductivo.com.pv/agricola/.../5514-la-rúcula. (Accedido 20 de diciembre de 2011).

GALAZ, P. 2002. Evaluación de la producción y calidad de Rúcula (Eruca Sativa Mill.) (En Línea) disponible en: (http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/7347/3/galaz_martinez_p.pdf). (Accedido 8 de septiembre de 2012)

HORTURBA, 2011, Cultivo de Rúcula. Disponible en: <http://www.horturba.com/castellano/cultivar/fichacultivo>. (Accedido 8 de agosto de 2012).

IBERICA. 2000. El cultivo de la rúcula. Disponible en: <http://www.iberica2000.org/es/Articulo.asp?id=4386> (Accedido 5 de julio de 2012).

INFOJARDIN. 2007. Cultivo de la Rúcula. Disponible en: <http://www.endivia.htm> (Accedido 4 de septiembre de 2011).

INTERSEMILLAS, 2012. RÚCULA cultivada. Disponible en: (http://www.intersemillas.es/catalogo_detalle_especie.php?tipo=12&id=20)(Accedido 4 de septiembre de 2012).

LINS, F. 2009. Propiedades de la Rúcula para bajar el colesterol. Disponible en: <http://www.abajarcolesterol.com>. (Accedido 20 de noviembre de 2012).

ONI, 2001. Principales cultivos. (En línea) México Disponible en: www.oni.escuelas.edu.ar/2001/san-luis/.../principales%20cultivos.htm. (Accedido 10 de mayo de 2012).

RZEDOWSKI, C., 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2da Edición. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. (En Línea) Disponible en: [www.conabio.gob.mx/brassicaceae/.../ficha.htm](http://www.conabio.gob.mx/brassicaceae/ficha.htm). (Accedido 20 de mayo de 2012).

TERRAZAS, J. 2012. Evaluación agronómica de variedades de Rúcula (*Eruca sativa* Mill.) A diferentes densidades de siembra en carpa solar.

VERDIMED, 2011. Valor Nutricional de la Rúcula. Disponible en: <http://www.verdimed.es/contenido.asp?categoria=Productos&seccion=Rucula> (Accedido 22 de marzo de 2013).

WIKIPEDIA 2012, Brassicaceae (Cruciferae) disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Brassicaceae> (Accedido 4 de septiembre de 2012)

Vía red:

Disponible en
(<http://www.horturba.com/castellano/cultivar/fichacultivoFichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/Escarola-escarolascichorium>) (Accedido 5 de febrero 2013)

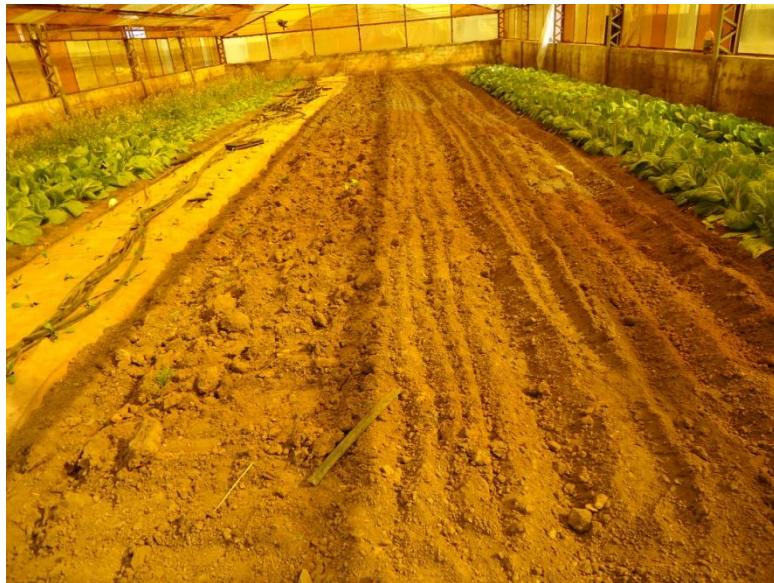
Disponible en: <http://escuelagalagniana.web.rd.gov.ar/Fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/Escarola-escarolascichorium-> (Accedido 20 de septiembre de 2012)

ANEXOS

Anexo 1. Determinación del porcentaje de germinación



Anexo 2. Preparación del Suelo en el lugar de estudio



Anexo 3. Siembra



Anexo 4. A los 39 días para la primera cosecha



Anexo 5. Cosecha



Anexo 6. Recolección de datos



Anexo 7 Determinación de los Costos Variables

	Unidad	T1 (16 m2)	T2	T3
Precio Semilla	gr.	7.4976	5.2469	3.7488
Estiercol	Kg	80	80	80
Humus	Kg	72	72	72
Bolsas	Unidad	2.2	2.2	2.2
Lienzo	m	6	6	6
Bandejas	Unidad	34	34	34
Costo total		201,69	199,44	197,94
Mano de Obra		533,33	533,33	533,33
CTV		735,02	732,77	731,27

a) Cuadro de medias

Xij./r	b1	b2	b3	b4	b5
a1	292	255	240	240	178
a2	241	200	197	179	138
a3	172	152	144	129	102

Descripción	Densidades		
	t1	t2	t3
Rend. (g/ m ²)	30369,6 g	28166,4g	24292,8 g
Precio (Bs/120g)	6	6	6
Beneficio Bruto	1518 Bs.	1410 Bs.	1212 Bs.
Total costos variables	735,02	732,77	731,27
B/C	2,07	1,92	1,65