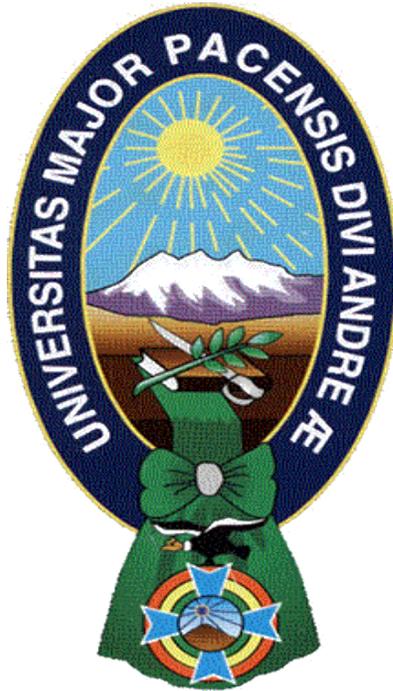


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE DOS NIVELES DE APLICACIÓN DEL ABONO FOLIAR EN DOS
VARIETADES DEL CULTIVO DE LA RÚCULA (*Eruca sativa*) VAR. SELECTA Y
ASTROM I EN AMBIENTE PROTEGIDO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE
COTA – COTA**

Mayck Romel Quilca Cruz

La Paz – Bolivia

2023

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

**EFFECTO DE DOS NIVELES DE APLICACIÓN DEL ABONO FOLIAR EN DOS
VARIETADES DEL CULTIVO DE LA RÚCULA (*Eruca sativa*) VAR. SELECTA Y
ASTROM I EN AMBIENTE PROTEGIDO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE
COTA – COTA**

Tesis de Grado presentado como requisito
Parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo

Mayck Romel Quilca Cruz

Asesores:

Ph.D. Ing. David Cruz Choque

Revisores:

Ing. M. Sc. Celia María Fernández Chávez

Ing. Carlos Mena Herrera

Ing. Bernardo Ticona Contreras

Aprobado

Presidente tribunal Examinador

La Paz – Bolivia

2023

Dedicatoria

A Dios y a la virgencita de Copacabana por su infinito amor.

*A mis padres con mucho amor: Roberto Quilca Luna y Nelly
Maria Cruz Flores por su confianza y por los valores brindados
para seguir adelante a mis hermanas(os) y Roberto López.*

A mi querida Esposa Carla P. Cabrera. C. por su paciencia.

A mis dos Tesoros, mis Amores Dalysita y Aurorita.

Agradecimientos

Al acabar una etapa de mi vida y empezar un nuevo rumbo, quisiera agradecer a las personas que hicieron posible la realización de mi trabajo de tesis, con su colaboración y apoyo.

Primeramente, agradecer a Dios y la virgen de Copacabana, quien siempre estuvo en todo momento a mi lado y nunca se olvidaron de mí.

Por otro lado, expresar mi gratitud a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, y a todos sus miembros docentes como estudiantiles, quienes forjaron mis enseñanzas en el campo de la Ingeniería Agronómica, brindándome el íntegro apoyo para esta investigación.

Agradecer a mis Asesor: Ph. D. Ing. David Cruz Choque, quien colaboro desinteresadamente con mi trabajo y fue un apoyo incondicional. A mis Revisores: por la paciencia brindada, quienes fortalecieron mis conocimientos Ing. Carlos Mena Herrera, M.Sc. Celia María Fernández Chávez e Ing. Bernardo Ticona Contreras.

Tengo la satisfacción de haber conocido buenos amigos, Rosmeri, Braulio C, Rafael, Paulino C, Javier Q, Fredy C, Wily O, Iván Quinteros, Víctor, Yacob, Juan Carlos y Poque,

Muchas Gracias.

CONTENIDO GENERAL

| | |
|--------------------------------|-------------|
| ÍNDICE GENERAL | i |
| ÍNDICE DE FIGURAS | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS | iv |
| RESUMEN | vi |
| SUMMARY | viii |

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 | Antecedentes | 2 |
| 1.2 | Justificación..... | 3 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 4 |
| 2.1 | Objetivo general | 4 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 4 |
| 3 | REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| 3.1 | Descripción del cultivo de rúcula..... | 5 |
| 3.1.1 | Origen e Historia del cultivo de la Rúcula | 5 |
| 3.1.2 | Importancia del cultivo | 5 |
| 3.1.3 | Valor nutricional..... | 6 |
| 3.1.4 | Clasificación taxonómica | 7 |
| 3.1.5 | Descripción botánica de la rúcula..... | 7 |
| 3.1.6 | Requerimientos agro-climáticos de la rúcula..... | 10 |
| 3.1.6.1 | Temperatura..... | 10 |
| 3.1.6.2 | Humedad Relativa | 10 |
| 3.1.6.3 | Suelo | 11 |
| 3.1.6.4 | pH del suelo | 11 |
| 3.1.7 | Manejo agronómico del cultivo | 12 |
| 3.1.8 | Plagas y enfermedades | 14 |
| 3.1.8.1 | Control de enfermedades | 14 |
| 3.1.8.2 | Control de plagas | 15 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.1.9 | Densidad de siembra..... | 15 |
| 3.1.9.1 | Control de densidad | 16 |
| 3.1.10 | Variedades de rúcula..... | 16 |
| 3.2 | Fertilización foliar | 17 |
| 3.2.1 | Categorías de fertilización foliar..... | 19 |
| 3.2.2 | Relevancia en la fertilización foliar..... | 20 |
| 3.2.3 | Factores que afectan la fertilización foliar..... | 22 |
| 3.2.4 | Abono foliar Turmivic..... | 23 |
| 3.3 | Ambiente protegido | 24 |
| 3.4 | Carpa solar..... | 24 |
| 3.4.1 | Orientación | 25 |
| 4 | LOCALIZACIÓN | 27 |
| 4.1 | Ubicación geográfica..... | 27 |
| 4.2 | Clima..... | 28 |
| 4.3 | Pisos ecológicos | 28 |
| 4.4 | Topografía y vegetación..... | 28 |
| 5 | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 29 |
| 5.1 | Materiales..... | 29 |
| 5.1.1 | Material biológico..... | 29 |
| 5.1.2 | Material de trabajo | 29 |
| 5.1.3 | Material de gabinete | 29 |
| 5.2 | Metodología | 29 |
| 5.3 | Diseño experimental..... | 32 |
| 5.3.1 | Tratamientos experimentales | 33 |
| 5.3.2 | Dimensiones del área experimental..... | 33 |
| 5.3.3 | Croquis del área experimental..... | 34 |
| 5.4 | VARIABLES DE RESPUESTA..... | 35 |
| 5.4.1 | VARIABLES FENOLÓGICAS..... | 35 |
| 5.4.1.1 | Temperatura del ambiente controlado..... | 35 |
| 5.4.1.2 | Humedad relativa del ambiente controlado | 35 |
| 5.4.2 | VARIABLES AGRONÓMICAS | 35 |
| 5.4.2.1 | Diámetro de tallo | 35 |

| | | |
|---------|--|----|
| 5.4.2.2 | Numero de hojas | 35 |
| 5.4.2.3 | Altura de planta | 35 |
| 5.4.2.4 | Longitud de la hoja | 35 |
| 5.5 | Análisis economico..... | 35 |
| 6 | RESULTADOS | 38 |
| 6.1 | VARIABLES FENOLÓGICAS | 38 |
| 6.1.1 | Temperatura de ambiente protegido..... | 38 |
| 6.1.2 | Humedad relativa del ambiente controlado | 40 |
| 6.2 | VARIABLES AGRONÓMICAS..... | 41 |
| 6.2.1 | Altura de planta..... | 41 |
| 6.2.2 | Longitud de hoja | 43 |
| 6.2.3 | Número de hojas | 45 |
| 6.2.4 | Rendimiento por unidad experimental | 47 |
| 6.3 | ANÁLISIS ECONÓMICO..... | 49 |
| 6.3.1 | Rendimiento ajustado | 50 |
| 6.3.2 | Número de ciclos por año..... | 50 |
| 6.3.3 | Beneficio bruto..... | 51 |
| 6.3.4 | Costos variables | 52 |
| 6.3.5 | Costos fijos | 52 |
| 6.3.6 | Costo total anual..... | 53 |
| 6.3.7 | Beneficio neto..... | 53 |
| 6.3.8 | Relación beneficio costo..... | 54 |
| 7 | CONCLUSIONES | 55 |
| 8 | RECOMENDACIONES..... | 56 |
| 9 | BIBLIOGRAFÍA..... | 57 |
| 10 | ANEXOS | 63 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación del área experimental (cota cota) | 27 |
| Figura 2. Croquis del experimento..... | 34 |
| Figura 3. Croquis experimental, dimensiones y orientación | 34 |
| Figura 4. Temperatura de ambiente protegido | 38 |
| Figura 5. Comportamiento de la humedad relativa del cultivo del rúcula | 40 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Valor nutritivo de 100 gr de rúcula | 6 |
| Tabla 2. Clasificación taxonómica..... | 7 |
| Tabla 3. Plagas más importantes del cultivo de rúcula..... | 14 |
| Tabla 4. Enfermedades más importantes del cultivo de rúcula..... | 15 |
| Tabla 5. Tolerancia de concentración de nutrimentos en aplicaciones foliares | 18 |
| Tabla 6. Análisis de varianza | 41 |
| Tabla 7. Prueba Duncan para el factor variedades de rúcula | 41 |
| Tabla 8. Prueba Duncan para el factor dosis de abono foliar | 43 |
| Tabla 9. Interacción del factor A variedades con respecto a niveles de abono foliar .. | 43 |
| Tabla 10. Análisis de varianza para la variable longitud de hoja..... | 44 |
| Tabla 11. Prueba Duncan para el factor longitud de hoja | 44 |
| Tabla 12. <i>Interacción de los factores variedad y niveles de abono foliar</i> | 45 |
| Tabla 13. Análisis de varianza para la variable número de hojas | 45 |
| Tabla 14. Interacción de los factores A y B (variedades y niveles de abono foliar) .. | 46 |
| Tabla 15. Análisis de varianza para la variable de estudio rendimiento por unidad experimental..... | 47 |
| Tabla 16. Prueba duncan para el factor variedades de rúcula en la variable rendimiento..... | 47 |
| Tabla 17. Prueba duncan para niveles de abono foliar en la variable rendimiento ... | 48 |

| | |
|---|----|
| Tabla 18. Interacción de factores variedades y niveles de abono foliar en la variable rendimiento..... | 49 |
| Tabla 19. Rendimiento en kilogramos por metro cuadrado | 50 |
| Tabla 20. Beneficio bruto | 51 |
| Tabla 21. Costos variables..... | 52 |
| Tabla 22. Costos fijos | 52 |
| Tabla 23. Costo total anual | 53 |
| Tabla 24. Beneficio neto | 53 |
| Tabla 25. Beneficio neto | 54 |

RESUMEN

La población a nivel nacional se va incrementando año tras año, así también los requerimientos y necesidades aumentan, por esta razón es necesario realizar una agricultura intensiva en superficies reducidas, con alto rendimiento para cubrir la demanda de productos agrícolas.

Esta creciente demanda de productos hortícolas esta en busca de alternativas que aseguren el desarrollo y producción de hortalizas, controlando el ataque de plagas y enfermedades.

Actualmente, se está en busca de nuevos productos como los abonos en la agricultura, que sean amigables con ambiente, fiables y sostenibles, para la agricultura intensiva, con la fertilización foliar, mejorando las diversas características físicas, químicas y biológicas de la planta y suelo, en este sentido este tipo de abonos juega un papel fundamental, al aplicar superficialmente aumentamos las propiedades que posee la planta de absorber los distintos elementos nutritivos.

La presente investigación de aplicación de abono foliar en el cultivo de rúcula fue realizada en el centro experimental de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (La Paz - Bolivia), en un área de 10 m².

El presente trabajo de investigación lleva por título:

“Efecto de dos Niveles de Aplicación del Abono Foliar en dos Variedades del Cultivo de la Rúcula (*Eruca Sativa*) Var. Selecta y Astrom I en Ambiente Protegido en el Centro Experimental de Cota – Cota”

Se utilizó un diseño estadístico experimental completamente al azar en parcelas divididas, con arreglo bi-factorial, donde el factor A son las dos variedades de rúcula (Astrom I y selecta) y el factor B representado por los niveles de aplicación de abono foliar (10 y 20 ml). Dando como interacción de ambos factores tres bloques con tres repeticiones con un total 15 unidades experimentales.

Las variables de respuesta fenológicas evaluadas fueron: temperatura del ambiente controlado y humedad relativa del ambiente, las variables agronómicas: Altura de planta, longitud de hoja, número de hojas y rendimiento por unidad experimental.

Los resultados obtenidos indican que la variedad Astrom I con una dosis menor de 10 ml obtuvo mejores resultados en cuanto las variables de respuesta muy al contrario la variedad selecta presento resultados favorables a una dosis de 20 ml.

En cuanto al factor rendimiento la variedad Astrom I, obtuvo 2.75 kg/m^2 (10 ml), 1.04 kg/m^2 (20 ml), con respecto la variedad selecta 0.56 kg/m^2 (10 ml) y 3.14 kg/m^2 (20 ml), obteniendo así la segunda variedad con el mejor rendimiento.

Para la relación beneficio costo la variedad Selecta, presento el mejor ingreso, con un B/C de 1.24 bs (20 ml) y una pérdida de 0.22 bs (10 ml). En segundo lugar, la variedad Astrom I con una ganancia de 1.11bs (10 ml) y perdiendo 0.41 bs con (20 ml).

SUMMARY

The population at national level is increasing year after year, as requirements and needs are increasing, for this reason it is necessary to carry out intensive agriculture on reduced surfaces, with high yields to cover the demand for agricultural products.

This growing demand for vegetable products is in search of alternatives that ensure the development and production of vegetables, controlling the attack of plagues and diseases.

Currently, we are looking for new products such as agricultural benefits, which are environmentally friendly, reliable and sustainable, for intensive agriculture, with foliar fertilization, improving the various physical, chemical and biological characteristics of the plant and soil. In this sense, this type of allowance plays a fundamental role, by applying it superficially we increase the properties that the plant has in absorbing different nutritional elements.

The present investigation into the application of leaf fertilizer in arugula cultivation was carried out in the experimental center of Cota Cota dependent on the Faculty of Agronomía of the Universidad Mayor de San Andrés (La Paz - Bolivia), in an area of 10 m².

This research work is titled: "Effect of Foliar Benefit Application Levels on Rúcula Cultivation Varieties (*Eruca sativa*) Var. Selecta and Astrom I in a Protected Environment at the Cota Experimental Center – quota"

A completely haphazard experimental statistical design was used in divided plots, with a bi-factorial arrangement, where factor A is the two arugula varieties (Astrom I and selecta) and factor B is represented by the leaf benefit application levels (10 y 20 ml). Giving as an interaction of both factors three blocks with three repetitions with a total of 15 experimental units.

The phenological response variables evaluated were: controlled environmental temperature and relative humidity of the environment, the agronomic variables: Plant height, tree length, number of leaves and yield per experimental unit.

The results obtained indicate that the Astrom I variety with a dosage smaller than 10 ml obtains better results while the response variables are very contrary to the selected variety presenting favorable results at a dosage of 20 ml.

Regarding the performance factor of the Astrom I variety, I obtain 2.75 kg/m² (10 ml), 1.04 kg/m² (20 ml), with respect to the selected variety 0.56 kg/m² (10 ml) and 3.14 kg/m² (20 ml), thus obtaining the second variety with the best yield.

For the benefit relationship I cost the Selecta variety, presenting the best income, with a B/C of 1.24 bs (20 ml) and a loss of 0.22 bs (10 ml). Secondly, the Astrom I variety has a gain of 1.11bs (10 ml) and loses 0.41bs (20 ml).

1 INTRODUCCIÓN

Las hortalizas de hoja son muy importantes, porque son un complemento necesario para una buena alimentación nutritiva, 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.

Este cultivo es poco común en Bolivia a diferencia de otras hortalizas; es muy fácil de cultivar, crece rápidamente, no presenta muchos problemas en su manejo. Es una planta de ciclo corto, importante para una buena alimentación ya que contiene 3 vitaminas y minerales necesarios para el óptimo desarrollo del ser humano. Es importante mencionar que para su cultivo en el área Altiplánica es necesaria la construcción de ambientes protegidos porque el clima en esta región afecta su crecimiento normal a campo abierto por las bajas temperaturas.

El consumo per cápita promedio de hortalizas en Bolivia es de 30,5 kg/persona/año, muy lejos del promedio mundial, que es de 67,6 kg/persona/año y de algunos países vecinos, como la Argentina, donde se consume 102 kg/persona/año (Mendoza, 2012).

Una de las estrategias fundamentales para la producción de Rúcula (*Eruca sativa*) ecológica es el uso de abonos orgánicos como base de la fertilidad del suelo. Lo deseable es que dichos abonos se obtengan a partir de los residuos orgánicos, tanto de origen vegetal como animal.

El presente trabajo integra una línea de investigación destinada a la aplicación de fertilizante foliar de hortalizas, para dos variedades de rúcula (*Eruca sativa*). realizando la evaluación del cultivo para un buen rendimiento hasta la fase comercial, como una nueva alternativa para la horticultura regional y una forma de producción innovadora efectivizando e incrementar la producción foliar de la hortaliza, manteniendo la sanidad e inocuidad del producto.

1.1 Antecedentes

Existen trabajos relacionados sobre el tema en otros países con el uso de zeolita en maíz (Bajaña et al., s. a.) y según Espinosa et al., 2011, la aplicación de abono órgano mineral natural y Zeofert al suelo, incrementó el rendimiento en el grano del frijol (corregido al 15 % de humedad) en un 51 % respecto al control, con diferencias significativas entre los dos tratamientos estudiados. En Bolivia existen investigaciones sobre el uso de zeolita como mejorador, para el cuidado y recuperación del suelo ácido por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), según Salinas et al., 1986; lamentablemente los trabajos actualizados aún no se han publicado.

Según la FAO, (2009) los experimentos en invernadero son interesantes porque permiten evaluar el desempeño de las rocas fosfóricas bajo condiciones controladas. Sin embargo, es indispensable realizar la evaluación final de la eficiencia agronómica de la roca fosfórica en una red de ensayos de campo establecida en lugares representativos de las zonas agroecológicas de intereses potenciales y conducida durante varios ciclos de cultivo.

En la investigación de Terrazas (2013) con abono organico aplicado en sustrato obtuvo rendimientos favorables para la variedad Astrom I con 1,55 kg/UE y 1,297 kg/UE primer y segundo corte respectivamente. Los rendimientos para la fase comercial en kg/m² reportaron que la variedad Astro 2 presentó rendimientos de 0,778 kg/m² y 0,715 kg/m² tanto para el primer corte como para el segundo corte respectivamente; la variedad Astro 1 obtuvo un rendimiento de 0,679 kg/m² para el primer corte y 0,561 kg/m² para el segundo. Realizando la proyección en toneladas se obtuvo que la variedad Astro 2 fue superior en rendimientos, llegando a 7,784 ton/ha para el primer corte y 7,148 ton/ha para el segundo; la variedad Astro 1 reporto un rendimiento de 6,786 ton/ha y 5,613 ton/ha, rendimientos que corresponden al primer y segundo corte.

1.2 Justificación

La OMS coloca el consumo escaso de fruta y hortalizas en sexto lugar entre los 20 factores de riesgo a los que atribuye la mortandad humana, inmediatamente después de otras causas de muerte más conocidas, como el tabaco y el colesterol. Sin embargo, el consumo mundial de fruta y hortalizas está muy por debajo del nivel mínimo recomendado por la OMS, de 400 gr diarios por persona. Actualmente se consumen menos cereales y leguminosas y más aceites, azúcar y carne; la proporción de la fruta y las hortalizas apenas ha aumentado, y se estima que la gente sólo consume entre el 20% y el 50% del mínimo recomendado (FAO, 2006).

En Bolivia, según el reporte de Mendoza (2012), el consumo promedio de hortalizas es de 30,5 kg/persona/año, muy lejos del promedio mundial, que es de 67,6 kg/persona/año y de algunos países vecinos, como la Argentina, donde se consume 102 kg/persona/año.

Se están realizando programas y modernas técnicas analíticas que han puesto de manifiesto que existen especies ya sean silvestres que son ricas en minerales y numerosos nutrientes biológicamente activos que incluyen diversos compuestos antioxidantes, vitamina C, hierro, ácidos grasos de la familia omega-3 y 6 etc.

Producir hortalizas en carpas solares nos llevará a consumir cultivos que no son propios de la región (de climas diferentes), libres de contaminación, plagas y enfermedades; de esta forma se podrá consumir una gama de verduras frescas y más aún proporcionar al cuerpo humano proteínas y vitaminas en forma natural.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Estudiar el efecto de la aplicación de los niveles de abono foliar Turmivic en dos variedades del cultivo de Rúcula (*Eruca sativa*) en ambiente protegido

2.2 Objetivos específicos

- Comparar que efecto de nivel del abono foliar produce mayor rendimiento por variedad.
- Estudiar que variedad responde mejor al abono foliar con respecto a su productividad.
- Comparar los costos de producción en los diferentes tratamientos.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Descripción del cultivo de rúcula

3.1.1 Origen e Historia del cultivo de la Rúcula

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

Según la FAO El origen semántico del nombre de esta planta alude a las culturas más antiguas del Cercano Oriente. Del persa girgir y el acádico gingiru procede el gargira arameo, hebreo y siríaco, y de éstos, el árabe yiryir y el latín eruca, del que aparecen, a través del romance, las voces «roqueta» y «oruga» del castellano actual. Basada en (Rzedowski, 2001).

La rúcula es un cultivo conocido desde hace siglos. Su denominación proviene del latín “uro” que significa “quemo”, debido al sabor pungente que tiene. Es importante como cultivo de hoja en diferentes países circunmediterráneos entre los que se encuentran Italia, Grecia, Turquía, Egipto y Sudán (Villatoro et al. 2011).

3.1.2 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.

Alcaraz (2002) afirma, es rica en potasio, hierro y vitamina C. Se le suponen propiedades digestivas, diuréticas, depurativas, astringentes, emolientes, antiescorbúticas y afrodisiacas entre otras. Normalmente se consumen las hojas frescas, pero también se pueden consumir los tallos y flores. Tienen un sabor amargo,

muy característico, aporta un toque especial a las ensaladas. Su sabor picante es bastante pronunciado, por ello, se recomienda usarla con moderación.

Es una planta de la que se consumen cantidades muy pequeñas, su contribución a la dieta es poco significativa, pero al igual que otros vegetales, es rica en beta caroteno o pro-vitamina A, y en minerales como el magnesio, el potasio y el hierro. Además, contiene una cantidad no despreciable de fibra, siendo excelente para mejorar la digestión, puesto que estimula las secreciones digestivas (Bedri, 2010).

3.1.3 Valor nutricional

De acuerdo con la Base de Datos de Nutrientes de Estados Unidos, la USDA, unos 40 gramos de rúcula tienen aproximadamente 10 calorías con: 1 gramo de proteína, 0.3 gramos de grasa y 1.5 gramos de carbohidratos (incluyendo 0.6 gramos de fibra y 0.8 gramos de azúcar). Así, tomar 40 gramos de rúcula al día nos proporcionará el 20% de la vitamina A, más del 50% de la vitamina K y el 8% de vitamina C, ácido fólico y calcio que necesitamos en un día (Romero 2020).

Tabla 1. Valor nutritivo de 100 gr de rúcula

| Descripción | Composición (100 g) |
|-----------------------|---------------------|
| Grasas totales | Inapreciables |
| Proteínas | 5 g |
| Carbohidratos | 4 g |
| Agua | 91.7 g |
| Fibra | 2 g |
| Valor energético | 25 Kcal |
| Folatos (vitamina B9) | 95 mcg/24 % CDR |
| Vitamina E | 15 MG |
| Vitamina A | 2373 UI / 47 % CDR |
| Vitamina C | 15.3 mg |
| Calcio | 160 mg |
| Vitamina K | 109 mg / 138 % CDR |
| Potasio | 369 mg |
| Hierro | 1.5 mg /8 % CDR |
| Magnesio | 47 mg / 12 % CDR |
| Zinc | 0.5 mg / 3 % |
| Manganeso | 0.3 mg / 16 % CDR |
| Betacaroteno | 1426.65 mcg |
| Zeaxantina/Luteína | 3553.33 mcg |

Fuente: Csnno nutrición

En cambio (Yazio s. f.), indica que cada 100 gramos de rúcula presentan los siguientes nutrientes:

Iniciando por las grasas con 0.7g. (Saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas), carbohidratos 3.6 g. (Azúcares), proteínas, 2.6 g, agua 91.7 g.; también aporta con vitaminas como la vitamina B3 0.3 mg, vitamina B5 0.4 mg, vitamina C 15.0 mg, vitamina E 0.4 mg, vitamina K 0.1 mg. y con ciertos minerales como Calcio 160.0 mg, Hierro 1.5 mg, Magnesio 47.0 mg, Manganeso 0.3 mg, Fósforo 52.0 mg, Potasio 369.0 mg, Cinc 0.5 m.

3.1.4 Clasificación taxonómica

Tabla 2. *Clasificación taxonómica*

| | |
|-----------------|---------------|
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Subclase | Dilleniidae |
| Orden | Brassicales |
| Familia | Brassicaceae |
| Genero | Eruca |
| Especie | sativa |

3.1.5 Descripción botánica de la rúcula

La descripción botánica de la rúcula es la siguiente:

Raíz

“Posee una raíz pivotante, ramificada y gruesa; napiforme, tiene un color blanquecino, con un largo hasta de 20 cm” (Pedregal, 2011).

Presenta una raíz pivotante, gruesa y ramificada; napiforme, tiene una coloración blanquecina que alcanzan hasta los 20 cm (Rzedowski, 2001).

Hojas

“Inferiores de 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” (Pedregal, 2011).

“Las hojas basales en roseta, de 0.20 m de largo, caracterizada por una nervadura central larga. Las superiores son sésiles. La lámina presenta lóbulos irregularmente dentados y de color verde intenso” (Turchi, 1997)

Haciendo una descripción de las brassicáceas a la cual pertenece este cultivo, señala, las morfologías del margen del limbo pueden ser de tipo pinatipartidas, es decir, presentan recortes que pasan de la mitad del limbo, existen también las denominadas las del tipo liradas que son lobuladas con el lóbulo terminal grande y los restantes sucesivamente más pequeño hacia la base parecidos a las hojas del nabo (Marzoca, 1985).

Tallo

“Generalmente ramificado desde la base. Tiene un tallo corto, por este motivo se lo denomina Eruca” (Pedregal, 2011).

Terranova (1995) “menciona, las flores de esta especie son hermafroditas, medianas con limbo amarillo, rosado y con violetas en la mayoría de las variedades”.

“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” (Alcaraz, 2002).

Tallo Floral

“El tallo floral puede alcanzar hasta los 2 m de altura, cilíndrico y veloso, aunque también hay variedades con tallo lizo de color verde y posee muchas ramificaciones. No requiere de vernalización para formarse” (Rzedowski, 2001).

Flor

Las flores de esta especie son hermafroditas, medianas con limbo amarillo, rosado y con venas violetas en la mayoría de las variedades. 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 (Pedregal, 2011).

Terranova (1995) “menciona, las flores de esta especie son hermafroditas, medianas con limbo amarillo, rosado y con venas violetas en la mayoría de las variedades”.

“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” (Alcaraz, 2002).

Inflorescencia

“La inflorescencia es racimosa, alcanzando hasta los 30 cm de largo por racimo. Llegando a poseer hasta 70 flores por racimo” (Rzedowski, 2001).

Fruto

Rzedowski (2001) señala, los frutos de la rúcula son silicuas, de 2 a 4 cm de largo, a veces con algunos pelos, ascendentes, angostos, aplanados y terminados en pico; con un nervio medio manifiesto en las valvas, que son quilladas, el pico es aplanado, en ocasiones tan largo como el resto del fruto. La semilla de alrededor de 1.5 mm de largo, ovoide de color café amarillentas.

Así mismo Maroto (2002), “sostiene que las semillas son de color marrón y de forma más o menos redonda”.

Semilla

La semilla de alrededor de 1.5 mm de largo, ovoide de color café amarillentas. Las semillas son de color marrón y de forma más o menos redonda (Pedregal, 2011).

Plántulas

Hipocótilo cilíndrico hasta 2.5 mm, sin pelos; cotiledones cuadrados a oblongos, de 2.5 a 5.5 mm de largo y 3.5 a 8 mm de ancho, sin pelos; epicótilo nulo o rara vez cilíndrico, hasta 4 mm, sin pelos; hojas alternas con apariencia de opuestas (Rzedowski, 2001).

3.1.6 Requerimientos agro-climáticos de la rúcula

3.1.6.1 Temperatura

Es una especie que crece bien con temperaturas suaves, las temperaturas favorables para el desarrollo de la rúcula deben encontrarse entre los 15 a 20°C, con mínimas de 4°C y máximas de 21°C. Si el cultivo es expuesto a temperaturas por debajo de los 4°C durante un periodo prolongado, puede estimularse la emisión prematura del tallo floral. Por tanto, la mejor época de cultivo es a principios de primavera. El exceso de calor y el sol provocan un gusto excesivamente amargo (Montesinos, et al. 2020).

Mittidieri y Corbino (2011) señalan, “es una especie que crece bien con temperaturas suaves, las temperaturas favorables para el desarrollo de la rúcula deben encontrarse entre los 15 a 20°C, con mínimas de 4°C y máximas de 21°C”.

Por su parte Purquerio (2012) afirma, las temperaturas óptimas para el crecimiento de la *Eruca sativa* están entre 15 a 18°C.

Si el cultivo es expuesto a temperaturas por debajo de los 4°C durante un periodo prolongado, puede estimularse la emisión prematura del tallo floral. Por tanto, la mejor época de cultivo es a principios de primavera. El exceso de calor y el sol provocan un gusto excesivamente amargo (Mittidieri y Corbino, 2011).

3.1.6.2 Humedad Relativa

El cultivo de rúcula es sensible con respecto a la humedad del ambiente por ser un cultivo de hoja la parte radicular es reducida a diferencia con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve. La humedad relativa conveniente es del 60 al 80%, aunque en ciertas épocas el 60% es necesario (Maroto, 2002).

3.1.6.3 Suelo

Maroto (2002), “indica que puede cultivarse prácticamente en cualquier terreno, pero se obtienen mejores rendimientos en suelos de textura media (franco arenoso arenosarcillosos); ricos en materia orgánica y ligeramente ácidos a neutro”.

“Si bien la rúcula es poco exigente en abonos y fertilizantes, la aplicación de estos depende de lo que determine el resultado de un análisis de suelos” (Mittidieri y Corbino, 2011).

Suquilanda (1995) afirma, que suelo para plantas con aromas especiales deben ser francos, profundos y livianos, con buen drenaje, con buena provisión de materia orgánica superior al 4%. Así el porcentaje de humedad, temperatura y nutriente serán favorables para el cultivo.

- **Sustrato preparado**

Valenzuela et al. (2014) “indica que sustrato es cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en contenedores. Un sustrato es un sistema conformado por tres fases: sólida, líquida y gaseosa”.

“El medio o la mezcla deben proveer un ambiente favorable para el desarrollo radicular y crecimiento vegetativo. Principalmente el sustrato sirve de: fuente de nutrientes, retención y disponibilidad de agua, eficiente intercambio de gases y dar soporte a la planta” (Leskovar, 2018).

3.1.6.4 pH del suelo

“Para un rendimiento óptimo de la rúcula, el pH del suelo debe estar entre 5.5 – 6.5. Los valores de 5.5 corresponde a suelos medianamente ácidos, 6.5 corresponde a suelos ligeramente ácidos” (Luque, 2013).

“Por su parte Mittidieri y Corbino (2011) afirman, para el crecimiento de la rúcula, el pH del suelo deberá encontrarse entre 5.5 y 6.8”.

“Los valores de 5.5 corresponde a suelos medianamente ácidos, 6.5 corresponde a suelos ligeramente ácidos, 6.8 neutro” (Chilon, 1997).

3.1.7 Manejo agronómico del cultivo

a) Siembra

La siembra puede realizarse durante todo el año, aunque antes de la primavera suele ser lo más recomendable. La rúcula se siembra en el lugar definitivo en líneas o al voleo, en tablones preparados para el efecto. Para la siembra en líneas y con ayuda de una vara, se abren pequeños surcos en forma transversal a lo largo del tablón, distanciados entre 25 cm a 30 cm. En estos surcos, se coloca a chorrillo la semilla de rúcula a una profundidad de 0,5 cm – 1 cm. También puede sembrarse al voleo, distribuyendo las semillas con uniformidad para que queden convenientemente esparcidas. Por lo general, se emplean 5 gr de semilla por m² de tablón en el invierno y unos 10 gr de semilla por m² en el verano, en razón de que en la época de mayor calor se reduce el porcentaje de germinación. Después se cubre la superficie sembrada con una capa de tierra y en superficies reducidas se practica un riego moderado para estimular la etapa de germinación rápida de dicha especie. (Diaz, 2010)

El mismo autor sostiene, para la siembra de una hectárea, se requiere 1,2 kg a 1,8 kg de semilla; variando la cantidad de semillas por gramo entre 500 y 650. La siembra a golpes puede ser neumática y mecánica. Es la más usada en cultivo de la rúcula. Se realiza en grandes parcelas, se ahorra el posterior aclareo por lo que se gasta menos semilla y mano de obra.

Zaragoza (1999) sugiere, la siembra de asiento en líneas, distanciadas entre sí a 40 cm y 15 cm entre plantas. También puede sembrarse al voleo en terraplenes o camas procurando que las semillas queden esparcidas convenientemente y a una profundidad de siembra de 0,5 a 1,0 cm.

b) Sombra

Se debe instalar una media sombra para proteger al cultivo y retardar la floración; además, para evitar un menor tamaño de las hojas y que se acentúe su sabor amargo. La media sombra constituye una protección contra los intensos calores y radiaciones solares que perjudican al cultivo y la operación de cosecha. Para ello, se puede

aprovechar lo que brindan los árboles, siempre y cuando sea una media sombra o bien instalar una con hojas de cocotero, pindó, con tacuaras u otros materiales naturales disponibles (Díaz, 2010).

c) Cosecha

Normalmente se consumen las hojas frescas, pero también se pueden consumir los tallos y flores.

La cosecha empieza a partir de las 4 – 6 semanas después de la siembra y es continua hasta la floración, la flor también es comestible y tiene el característico sabor picante de la hoja, pero con mayor intensidad. (Díaz, 2010).

ONI (2001) reporta, la cosecha de la rúcula comienza a partir de la segunda a tercera semana después de la siembra (de acuerdo a la estación). Su proceso es tan rápido que no es necesario el repique de los plantines, por lo que la siembra se realiza de asiento y escalonada (para tener siempre hojas ricas y disponibles).

d) Rendimiento

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. (Pino, 2012).

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.

3.1.8 Plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades deben estar bajo la supervisión, dada la importancia que tiene este punto en el medio ambiente:

3.1.8.1 Control de enfermedades

Tabla 3. *Plagas más importantes del cultivo de rúcula*

| Plagas | Método de muestreo | Toma de decisión | Otros medios de control |
|---------------------|---|---|--|
| Trips | Si existe transmisión de virosis se recomienda el uso de trampas | Aplicación de insecticidas ante los primeros individuos detectados. | Siempre son recomendados agro textiles o mallas anti trips para prevenir el ingreso de individuos al cultivo. Desmalezado. |
| | Prestar atención a la presencia de ninfas poco móviles en las axilas de hojas y en el envés de las mismas. | La aplicación de insecticidas se realizará según el estado del cultivo ante la presencia de la plaga se recomienda aplicar cuando se observen de 1 a 3 individuos por planta. | |
| Pulgones | Prestar atención especialmente en las axilas de las hojas. | Aplicar entre la presencia de la plaga. | |
| Minadores | Prestar atención especialmente a la presencia de daño por minas o punteado por alimentación y ovoposición. | Al iniciarse la observación de los daños. | |
| Noctuidos | Prestar atención al terreno previo a la siembra o trasplante. | Ante la presencia de la plaga. | |
| Caracoles y babosas | Observación directa de hojas perforadas y presencia de la plaga desde el atardecer hasta la salida del sol por la mañana. | Presencia de los primeros individuos y daños. | |

Fuente: FAO (2010).

Recomendaciones para el control de enfermedades

Según Rojas (2010) son necesarias ciertas recomendaciones para llevar un control sobre todo preventivo de enfermedades dentro de nuestro cultivo:

- Utilización de semillas comerciales desinfectadas.
- Desinfectar al área destinada para el almacigo y las bandejas donde se realiza el semillero.
- Aplicaciones semanales de azufre.
- Aireación de los cultivos.
- Riego adecuado

3.1.8.2 Control de plagas

Tabla 4. *Enfermedades más importantes del cultivo de rúcula*

| Enfermedades y agente causal | Síntomas sobresalientes | Condiciones favorables | Manejo cultural | Control químico |
|----------------------------------|---|--|---|-------------------------------|
| Roya blanca (<i>Albugo</i> sp.) | Se presenta en forma de ampollas blancas en la cara superior de las hojas y pústulas eflorescentes blancas en la cara inferior. | Sobrevive en semillas y plantas infectadas. Aparece cuando el ambiente se mantiene muy húmedo y frío por un periodo más o menos prologado. | Eliminación de plantas o restos infectados del cultivo. | No hay productos insecticidas |

Fuente: FAO (2010).

3.1.9 Densidad de siembra

Para Arcila (2008), la densidad de siembra se define como el número de plantas por unidad de área de terreno. Tiene un marcado efecto sobre la producción del cultivo y se considera como un insumo, de la misma forma que se considera, por ejemplo, un fertilizante.

Por su parte Ruiz (1993) indica, si se realiza un incremento en la densidad de plantación dará como resultado una competencia por la luz, nutrientes, agua y el espacio dentro de la superficie (raíces) como en la superficie. Como resultado de esta

competencia los tamaños de las plantas serán reducidas. Con la elección de una determinada distancia entre surcos y densidad de plantación debe tratarse de obtener una óptima población y el mejor aprovechamiento para la nutrición de las plantas (Birrueta, 1994).

Por su parte Zaragoza (1999) argumenta, la densidad de siembra depende de distintos factores:

- Duración del ciclo del cultivo: a ciclo más corto, mayor densidad.
- Porte o desarrollo del cultivo: a mayor porte, menor densidad.
- Época de siembra: siembras más tardías, mayor densidad.
- Destino de la producción: en hortaliza se tiende a menores densidades.

3.1.9.1 Control de densidad

Haeff (1997) señala, no siempre se logra una población óptima, sobre todo en el caso de siembra directa. Una densidad deficiente casi no tiene corrección. Es posible rellenar los espacios mediante el trasplante únicamente con hortalizas que soportan ese tratamiento. Para evitar el problema, es conveniente sembrar mayor cantidad de semillas y se efectúa un raleo después de la germinación, vale decir:

- Aflojar la tierra entre hileras. Esto facilita el escardado.
- Con escardillo manual se quitan las plantas a intervalos deseados. Se dejan 1 a 5 plantas (dependiendo de la especie) en cada mata o puesto.
- Se ralea a mano, quitando las plantas inferiores y las malezas y dejando las mejores plantas en el puesto.
- Algunas hortalizas se ralean a mano, tal es el caso de la rúcula

3.1.10 Variedades de rúcula

Existe dos variedades: rúcula cultivada y la silvestre. Supuestamente la “selvática” es la auténtica, su hoja es mucho más fina, 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 la de los rabanitos. (Iberica, 2000).

Para Bedri (2010), las variedades rúcula cultivada y la rúcula silvestre se distinguen por tener hojas más grandes; esta última se encuentra incluso al lado de senderos y caminos y era recolectada por nuestros padres y abuelos.

Un nativo de cultivos de *Brassica* al sur de Europa y Asia Occidental, hay dos clases generales de rúcula cultivadas por los mercados en los EE.UU. y en el extranjero; podrá elegir de selecciones de ambos tipos de variedades cultivada y silvestre, ambos tipos tienen el sabor picante (Johnston, 2016)

a) Variedad selecta

El principio y final de campaña con seguridad con buenas características las cuales son las siguientes: Vigor de planta medio tolerante al espigado, hoja dentada de color verde oscuro, variedad de gran sabor y alto rendimiento, recolecciones de inicio de otoño y final de primavera (García, 2002).

b) Variedad astrom I

Variedad de sabor intenso, sin mucha pubescencia, de hoja poco dentada, lista para cosecha a los 38 días, germina muy bien a los 20 °C, resistente a la baja luminosidad (Johnston, 2016).

3.2 Fertilización foliar

La fertilización foliar es la aplicación de nutrientes a través de las hojas, para corregir, aumentar y suplir la falta o deficiencia de algunos elementos que no lograron ser absorbidos de manera eficiente por las raíces de las plantas por condiciones varias (pH del suelo, estrés por temperatura, humedad, enfermedades radiculares, presencia de 24 plagas, desequilibrios de nutrientes en el suelo) (Brandt, s.f.).

Los temas relacionados a fertilización foliar son complejos y variados, aunque existe mucha información, se encuentra dispersa y en muchos casos poco accesible. El conocimiento de las bases y fundamentos de esta herramienta agronómica es muy

importante fundamentalmente para todos los técnicos y profesionales (Melendez & Molina, 2002).

Los abonos foliares nos ayudan a corregir rápidamente deficiencias nutricionales en la planta, además nos ayuda a mejorar el sistema de defensa de nuestras plantas ante el ataque de plagas o enfermedades. Estos abonos foliares tienen un efecto de choque en las plantas porque sus efectos se pueden apreciar con rapidez (Toni, 2022).

En la siguiente tabla 5 se aprecia la tolerancia de concentración de nutrimentos en aplicaciones foliares, para superficie de 1 ha de cultivo en 400 L.

Tabla 5. *Tolerancia de concentración de nutrimentos en aplicaciones foliares*

| Nutrimento | Fertilizante | Kg/400 L agua (*) |
|-------------------|---|--------------------------|
| Nitrógeno | Urea | 3 – 5 |
| | NH ₄ NO ₃ , (NH ₄) ₂ HPO ₄ ,(NH ₄) ₂ SO ₄ | 2 – 3 |
| | NH ₄ CL, NH ₄ H ₂ PO ₄ | 2 – 3 |
| Fósforo | H ₃ PO ₄ | 1,5 – 2,5 |
| Potasio | KNO ₃ , K ₂ SO ₄ , KCL | 3 – 5 |
| Calcio | CaCl ₂ , Ca(NO ₃) ₂ | 3 – 6 |
| Magnesio | Mg SO ₄ , Mg(NO ₃) ₂ | 3 – 12 |
| Hierro | Fe SO ₄ | 2 – 12 |
| Manganeso | Mn SO ₄ | 2 – 3 |
| Zinc | Zn SO ₄ | 1,5 – 2,5 |
| Boro | Sodio borato | 0,25 – 1 |
| Molibdeno | Sodio molibdeno | 0,1 – 1,15 |

Fuente: (Melendez & Molina, 2002)

Por lo tanto, la fertilización foliar efectiva (excelente calidad), apoyado en una asesoría técnica responsable (dosificación, elemento nutricional requerido y etapa fisiológica indicada) y una correcta aplicación (equipos y forma de apropiado), promueve un mejor estado sanitario de las plantas en general y el incremento en el rendimiento de los cultivos (Brandt, s.f.).

3.2.1 Categorías de fertilización foliar

De acuerdo con el propósito que se persigue, la fertilización foliar se puede dividir en seis categorías según (Melendez & Molina, 2002).

a. Fertilización correctiva

Es aquella en la cual se suministran elementos para superar deficiencias evidentes, generalmente se realiza en un momento determinado para la fenología de las plantas y su efecto es de corta duración cuando las causas de la deficiencia no son corregidas.

b. Fertilización preventiva

Se realiza cuando se conoce de un determinado nutrimento es deficiente en el suelo y que a través de esta forma de aplicación se resuelve el problema; un ejemplo de esto es la aplicación de Zn y B en café.

c. Fertilización sustitutiva

Se pretende suplir las exigencias del cultivo exclusivamente por vía foliar, un buen ejemplo el manejo del cultivo de piña. En la mayoría de los casos es poco factible suplir a las plantas con todos sus requerimientos nutritivos utilizando exclusivamente la vía foliar, debido a la imposibilidad de aplicar dosis altas de macronutrientes. En el cultivo de café el uso de solamente fertilizantes foliares sin abonamiento al suelo (seis aplicaciones al año), se ha obtenido una producción 18% en relación con la fertilización al suelo.

d. Fertilización complementaria

Consiste en aplicar una fracción del abono al suelo otra al follaje, generalmente se utiliza para suplir micronutrientes y es uno de los métodos más utilizados en una gran cantidad de cultivos.

e. Fertilización complementaria en estado reproductivo

Puede realizarse en aquellos cultivos anuales en los cuales, durante la floración y llenado de las semillas, la fuerza metabólica ocasionada por ellos, reduce la actividad radicular lo suficiente como para limitar la absorción de iones requeridos por la planta.

f. Fertilización estimulante

Consiste en la aplicación de formulaciones con NPK, en las cuales los elementos son incluidos en bajas dosis, pero en proporciones fisiológicamente equilibradas, las cuales inducen un efecto estimulador sobre la absorción radicular. Este tipo de abonamiento es recomendado en plantaciones de alta productividad, de buena nutrición y generalmente se realiza en períodos de gran demanda nutricional, o en períodos de tenciones hídricas.

3.2.2 Relevancia en la fertilización foliar

Se presentan los 7 secretos de altísima relevancia en la fertilización foliar, es fundamental conocerlos, para lograr visualizar y obtener el máximo beneficio de este tipo de nutrición según (Brandt, s.f.).

- **Todos los fertilizantes deber ser hidrosolubles o solubles en agua**

Esta condición es fundamental, es la única forma en la cual el fertilizante tiene la oportunidad real de ser absorbido por las hojas (por cualquiera de las tres vías posibles: las estomas, poros transcuticulares y las grietas de la cutícula) es importante aclarar que estas tres vías no producen cera, pero si contienen agua en su interior, por lo tanto, para garantizar el ingreso de cualquier fertilizante foliar, este debe ser soluble en agua (o de lo contrario no es viable su ingreso). Los poros transcuticulares son la principal vía de ingreso de la nutrición foliar, debido a la abundancia comparando con el número de estomas y grietas cuticulares.

- **Todos los fertilizantes foliares deben tener como un tamaño inferior o igual al diámetro promedio de los poros transcuticulares**

Esta condición se hace fundamental, ya que el diámetro medio de los poros transcuticulares es de 0,35 nanómetros (nm) en promedio, por lo que el diámetro

máximo de un fertilizante foliar debe ser de este mismo tamaño o menor. Cualquier fertilizante con tamaño mayor a 0,35 nm (como es el caso de los quelatos EDTA, EDDHA, DTPA, HEDTA, NTA, algunos aminoácidos de gran tamaño y ácidos húmicos), no será capaz de atravesar dichos poros para poder garantizar que ingrese a la planta.

- **El floema es un tejido restrictivo**

Es pertinente recordar y tener presente siempre que el floema es un tejido que solo permite el ingreso del agua, azúcares, fitohormonas y nutrientes. La savia elaborada (la que se transporta por el floema), está compuesta básicamente por agua, azúcares (más del 80% de la savia elaborada en base seca son azúcares), fitoreguladores (incluidos los aminoácidos, nucleótidos y aminos), algunos minerales disueltos y ácidos orgánicos. Es importante aclarar que la presencia de nutrientes en un análisis foliar, pero realmente no se logra la translocar (o lo hace de manera muy lenta e ineficiente) a los puntos de crecimiento.

- **La evaluación de la efectividad real del uso de un fertilizante foliar se debe realizar mediante variables de crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos**

Por lo tanto, y luego de muchos años de experiencia sobre el tema de evaluación de efectividad de la fertilización foliar, se ha definido que la manera más adecuada y contundente de hacer dicha evaluación, es la valoración sobre variables claras y sencillas de medir, como es el caso de variables de crecimiento, producción o calidad, que estén asociados/relacionadas directamente con la acción de los fertilizantes foliares (o de los nutrientes) que se están aplicando.

- **Los fertilizantes foliares se aplican de forma preventiva**

Es fundamental tener presente que el momento de la aplicación de los fertilizantes foliares debe hacerse de forma preventiva (y complementaria a la nutrición edáfica), y no cuando se presenten los síntomas de deficiencias de nutrientes. La fertilización foliar es muy efectiva como parte del plan de nutrición de un cultivo, y puede apoyar en etapas tempranas frente a deficiencias rápidamente detectadas; pero

definitivamente no es una solución definitiva frente a situaciones críticas y síntomas avanzados. En otras palabras, los fertilizantes foliares actúan como preventivos, no como curativos.

3.2.3 Factores que afectan la fertilización foliar

Los factores que afectan a la fertilización foliar son las siguientes según (Melendez & Molina, 2002).

a) Asociados con la planta

La presencia de tricomas, pelos o pubescencias superficiales en las hojas y frutos aumentan la absorción de soluto debido a dos factores diferentes, primero al aumentar la superficie de contacto de líquido por la reducción de la tensión superficial, como el resultado de una fragmentación del tamaño de las gotas en contacto con las hojas y segundo debido a que en la base de estas estructuras el espesor de las cutículas es menor. Las plantas tienen un sistema de control que les permite reducir o detener la absorción de un determinado nutrimento cuando este se encuentra en un nivel adecuado en la planta.

Por otro lado, en presencia metabólicos y en ausencia de luz se afecta notablemente la absorción foliar de nutrimentos como muestra la tabla 6 efecto de la luz y de un desacoplante de la respiración sobre la absorción foliar de potasio en segmentos de hojas de maíz.

La exposición a la radiación solar y de las tensiones hídricas provocadas por la deshidratación, tiene un efecto directo en el aumento del espesor de las cutículas y en una reducción de la permeabilidad de la misma.

b) Asociados con el ambiente

Con el aumento de la temperatura hacia ciertos límites se incrementa la absorción de nutrimentos. En general, el incremento de la humedad relativa tiene un efecto positivo sobre la absorción foliar de nutrimentos debido a su efecto sobre el espesor de la camada de aire limítrofe sobre la hoja, permitiendo de esta manera mantener los solutos aplicados en la solución y con ello facilitando su penetración en las hojas, por

el contrario una aplicación que se realice en horas del día donde la humedad relativa sea muy baja, tiene el riesgo de provocar en el caso de que la concentración de la solución sea alta o moderada, esto como resultado de un rápido secado de la solución sobre la superficie de la hoja. Por otro lado, el factor viento y radiación puede afectar la penetración de nutrimentos debido al efecto de estos elementos sobre la cobertura del líquido en la superficie de las hojas y sobre el grosor de la cutícula que se asocia con el incremento de la radiación (Artal, 2020).

3.2.4 Abono foliar Turmivic

Turmivic es un fertilizante foliar que tiene agentes quelatantes naturales dentro de su formulación. Su apariencia es un fertilizante líquido completo quelatado, de aplicación foliar, que ofrece en su composición química un adecuado balance de nutrientes para las plantas. Su contenido de macronutrientes primarios (Nitrógeno, fósforo y potasio), secundarios (magnesio y azufre) y micronutrientes (Boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc), en concentración adecuada, estimulan el completo crecimiento y desarrollo de las plantas garantizando un mejor desarrollo de tejidos, fortaleciendo el pedúnculo de los botones, flores y frutos, evita su caída prematura contribuyendo a incrementar los rendimientos y calidad final de cosecha (Fitoplus-Mo, 2018).

- **Macronutrientes primarios (MNP)**

Los tres macronutrientes primarios principales que necesita la planta son: nitrógeno fósforo y potasio (NPK), que le dan a la planta un follaje verde, raíces fuertes y crecimiento saludable: son las que las plantas necesitan en mayor cantidad. La deficiencia de cualquier de estos nutrientes originan plantas débiles y propensas al ataque de plagas y enfermedades (Fitoplus-Mo, 2018).

- **Macronutrientes secundarios**

Los macronutrientes secundarios son el calcio, azufre y magnesio, la planta los necesita en menor cantidad, así como también para su desarrollo (Fitoplus-Mo, 2018).

- **Micronutrientes**

Los micronutrientes o elementos menores son los que las plantas necesitan en menor cantidad, sin embargo, la deficiencia de uno o más micro elementos se convierte en factor limitante del crecimiento, desarrollo y rendimiento de los campos de cultivo, aun teniendo cantidades optimas de los demás nutrientes (Fitoplus-Mo, 2018).

Los macronutrientes primarios, secundarios y menores suministrados por FITOFOL PLUS COMPLETO son de alta asimilación y eficiencia metabólica, por tratarse de quelatos de naturaleza orgánica afines con los procesos fisiológicos de la planta, siendo rápidamente tomados y transportados hacia los sitios de síntesis por medio del torrente de fotoasimilados, dando lugar a un desarrollo uniforme y completo de todos los órganos vegetativos, lo cual se manifiesta en mayores cosechas con una mejor calidad de los frutos (Fitoplus-Mo, 2018).

3.3 Ambiente protegido

Flores (2006) señala, el ambiente protegido es toda aquella estructura cerrada o cubierta por materiales transparentes, dentro del cual alcanzan condiciones artificiales de microclima, útiles para producir plantas fuera de las estaciones en las que se cultivan.

Existen diferentes tipos de construcciones como son los invernaderos, carpas solares aéreas y carpas solares subterráneas; esto con el fin de proteger las cosechas, así se consigue un adelanto o retraso en la cosecha; controlar riego, 13 radiación y humedad. Los ambientes protegidos son cubiertas que evitan el descenso de temperatura a niveles críticos. La energía solar es la fuente para calentar estos ambientes, y son comunes en la región andina de Bolivia (Veldez, 1997)

3.4 Carpa solar

Flores (2006) señala, la carpa solar es un sistema de protección que permite al cultivo desarrollarse fuera de temporada, es decir, está orientado a controlar la temperatura en el que se desarrollan las plantas (hortalizas).

Una carpa solar es una que tiene un techo transparente, en esta instalación se crea un ambiente con condiciones adecuadas para el cultivo de hortalizas, frutas y flores en condiciones favorables de clima, agua y suelo. Las carpas solares, así como los invernaderos y huertos atemperados cumplen las mismas funciones de aprovechamiento de energía solar, evapotranspiración; atrapa la luz y temperatura lo que proporciona un beneficio para el desarrollo de los cultivos (Flores, 1996).

Para Lorente (1993), la falta de condiciones ambientales optimas y el interés de conseguir mayores incrementos en cuanto a cosecha y alargar las épocas de producción, ha llevado al agricultor a construir instalaciones especiales para producción de hortalizas.

Al respecto Diaz (1993) nos reporta, las carpas solares son ambientes que permiten conformar microclimas atemperados, a la vez esto minimizan los efectos de las heladas.

El mismo autor señala, una agricultura bajo plásticos, es un abastecimiento de alimentos más grandes, menos costosos (especies de ciclo corto) y más seguro. Casseres (1980) afirma, el uso de agrofilm ha abierto un gran campo para la producción protegida con las siguientes ventajas:

- Son más económicos para construir.
- Pueden constituir una unidad temporal como criadero.
- Sirven para producir flores u hortalizas por temporadas cortas.

También sostiene, el deterioro es debido a la acción del clima. Los vientos rompen las partes delgadas; la luz solar, especialmente los rayos ultra violeta causan deterioro con el paso de los años.

3.4.1 Orientación

Para Blanco et al. (1999), la orientación de los invernaderos es determinante para lograr la mayor captación de luz solar y de calor durante el día. La orientación óptima depende del modelo de invernadero utilizado. Los criterios más importantes a considerar en cada caso son:

- Trayecto entre la naciente y poniente del sol (varía según las estaciones del año). - Dirección e intensidad de los vientos dominantes.
- Material de cobertura. - Sistemas de ventilación.
- Disposición de los cultivos dentro del invernadero.

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

En los modelos con amplia superficie de insolación (túnel y doble caída), la orientación longitudinal recomendada para lograr la mayor captación de luz y calor es de Norte a Sur (Blanco et al., 1999).

4 LOCALIZACIÓN

4.1 Ubicación geográfica

El presente estudio se realizó en el Centro Experimental de Cota cota, perteneciente a la Facultad de Agronomía en predios del Campus Universitario de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado el macro distrito Sur de La Paz está a una altura de 3.445 m.s.n.m., el clima semihúmedo, con inviernos secos y fríos con nevadas ocasionales y veranos frescos. El promedio anual de la temperatura máxima es de 21.5 °C y la mínima es 11.5 °C. Con precipitaciones de 488.53 mm, geográficamente está localizada entre 16°32' 04" de latitud Sur, y 68°03' 44" de latitud oeste del Meridiano de Greenwich (IGM, 2010).

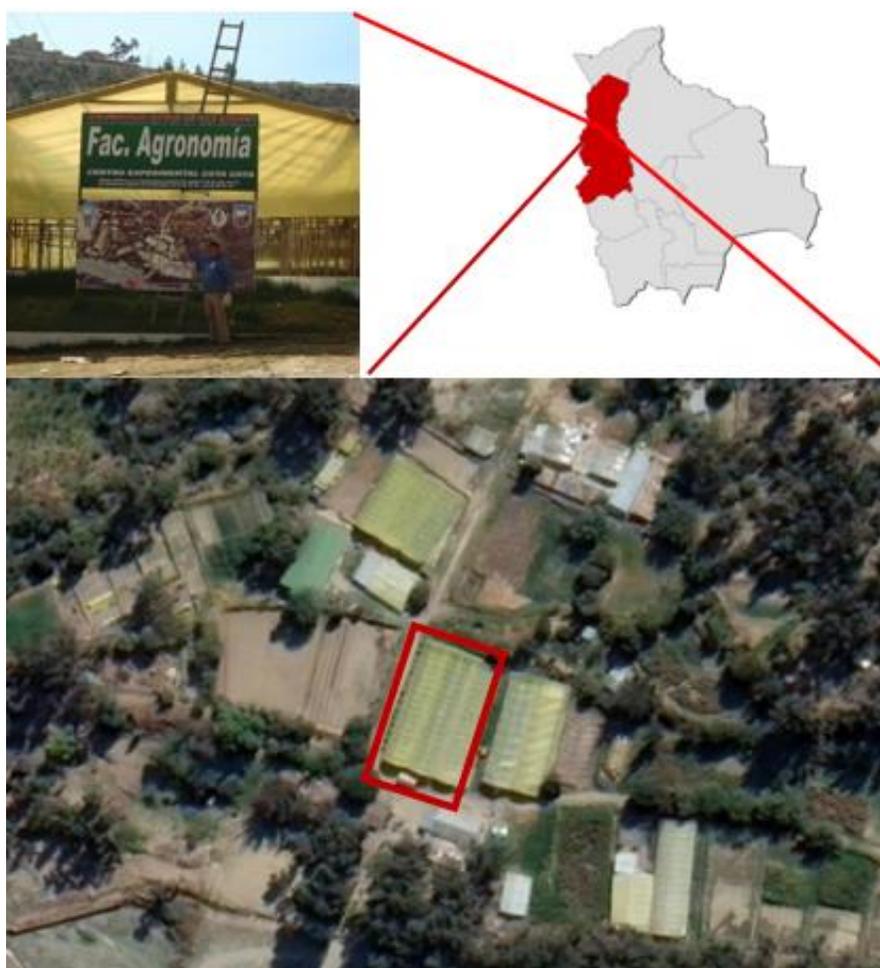


Figura 1. Ubicación del área experimental (cota cota)

4.2 Clima

“Las condiciones climáticas son de temperaturas más altas registradas hasta 21.5°C y las bajas -0.6°C, además presenta una precipitación pluvial de 400 mm, y las heladas también se manifiestan durante el invierno, la humedad relativa media es 46%” (SENAMHI, 2021).

4.3 Pisos ecológicos

El centro experimental de Cota cota dependiente de la Facultad de Agronomía de la UMSA, se encuentra en la región subtropical, valle de La Paz.

4.4 Topografía y vegetación

La zona estudio se caracteriza por ser cabecera de valle, presenta topografía accidentada, suelos aluviales debido a la sedimentación del material arrastrado por los ríos. La vegetación está comprendida por arboles como: eucalipto (*Eucalyptus globulus*), acacia (*Acacia* spp.), queñua (*Polylepis* spp.), retama (*Spartium junceum*), ligustro (*Ligustrum sinensis*), chillka (*Bacharis* spp.) Guzmán (2000).

La estación experimental se dedica a la producción agrícola, pecuaria (ganado menor) y apícola.

La producción agrícola se realiza a campo abierto mediante la rotación de cultivos y comprende: maíz, papa, haba, arveja, cebolla, betarraga entre otros. En ambiente protegido (carpas solares) la producción es hortofrutícola: frutilla, pepinillo, tomate, lechuga y otros de acuerdo a los trabajos de investigación que se desarrollen. La producción pecuaria comprende la crianza y manejo de aves (gallinas ponedoras, pollos de engorde y patos), porcinos, cuyes y conejos.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material biológico

Semilla de dos variedades de rúcula (*Eruca sativa*).

- Rúcula variedad selecta
- Rúcula variedad astrom I
- Fertilizante foliar TURVIMIC

5.1.2 Material de trabajo

- | | | |
|--------------------|---------------|--------------|
| • tijeras de podar | • guantes | • rastillo |
| • pala | • carretillas | • flexometro |
| • picota | • termómetro | • estacas |

5.1.3 Material de gabinete

- | | | |
|----------------------|------------|---------------|
| • cámara fotográfica | • hojas | • computadora |
| • cuaderno | • Lápiz | • |
| • impresora | • marbetes | • |

5.2 Metodología

El siguiente trabajo fue desarrollado de la siguiente manera:

a) Almacigado

El periodo de almacigo de la rúcula es corto, es por eso que se almacigo siete días antes de la preparación del suelo.

b) Preparación del área de evaluación

Limpieza parcial del área, dejando libre de malezas, rastrojos, material grueso del terreno.

c) Remoción del suelo

Se formó una platabanda con una mínima profundidad ya que el cultivo de rúcula no necesita suelo profundo.

d) Abonado

No se incorporó abono, el reporte del análisis de laboratorio, indico que las cantidades de N, P, K eran adecuadas para el desarrollo de ambas variedades de rúcula.

e) Incorporación de sustrato

Para darle al suelo mejor actividad microbiana y esta no se reduzca, se aplicó turba y arena, estos sustratos ayudan en la infiltración de agua no se dificulte y no presente asfixia radicular.

f) Nivelación del are de estudio

Una vez formada la platabanda, se procedió a la nivelación del espacio dándole una pendiente del 2 %, esto para facilitar el drenaje del riego.

g) Desinfección del suelo

Después de haber preparado el terreno con la ayuda de un flameador se realizó la desinfección de toda el área de estudio experimental, eliminando residuos de plantas indeseables aun existentes, insectos y nematodos, disminuyendo así la incidencia de Fito patógenos del suelo y logrando la estimulación de microorganismos benéficos.

Yuste (1997) afirma que el comportamiento de un suelo desinfectado es como un lugar virgen, donde no existe competencia y los microorganismos pueden penetrar con facilidad. El suelo se convierte en un receptor vacío listo para la plantación o sembrado.

h) Delimitación de las unidades experimentales

La delimitación se la realizo de la siguiente manera:

Con una cinta métrica se delimito los cuatro tratamientos de 2 m² con unidades experimentales de 0.50 x 1 m, colocando estacas en cada una de las divisiones amarrando lienzos para denotar las distancias.

Con estacas más pequeñas se delimito las unidades experimentales.

i) Surcado y Siembra

Con una barilla metálica se trazó hileras superficiales para posteriormente sembrar una distancia entre surcos de 30 cm y un marco de plantación de 15 cm entre plantas, posteriormente se cubrió con una capa delgada de tierra fina y finalmente se regó toda la superficie para darle la humedad suficiente a las semillas para su germinación.

j) Aplicación del abono foliar

La aplicación del abono foliar se la realizó una vez que las plántulas de rúcula presentaron hojas verdaderas, esto para no afectar su desarrollo. Pasados los 15 días se aplicó en toda la superficie de la planta, cumpliendo una dosificación quincenal.

k) Labores culturales

- **Deshierbe**

El deshierbe se lo realizó cuando era necesario, no se tiene tiempos exactos ya que la humedad brindada para el cultivo beneficiaba el desarrollo de maleza de manera inmediata.

l) Riego del cultivo

Para optimizar el riego efectivo y mantener el suelo a capacidad de campo, los intervalos del riego fueron de la siguiente manera:

El riego fue aplicado antes y posterior a la siembra y de esta manera mantener la humedad necesaria del suelo.

Después de la siembra el riego fue aplicado tres veces por semana y cuando el cultivo a sí lo requería, hasta el desarrollo total de las plantas.

m) Cosecha y clasificación

Transcurrido el tiempo requerido para el desarrollo de las plantas, se procedió a la cosecha aproximadamente pasados los 50 días. Donde la planta presentó la altura y tamaño adecuado para su comercialización.

n) Embolsado y comercialización

Para una presentación adecuada se lavó muy bien las hojas y se colocó en bolsas para luego poder venderlo fresco y presentable.

o) Registro de datos.

Posterior a la cosecha se registraron los datos obtenidos y se anotaron en las planillas de registro para cada una de las variables de respuesta.

5.3 Diseño experimental

La evolución de datos del presente trabajo de investigación fue realizada con el diseño completamente al azar en parcelas divididas y con arreglo bi-factorial, donde el factor A son las dos variedades de rúcula y el factor B representado por las dosis de abono foliar aplicados. Dando como interacción de ambos factores tres bloques con tres repeticiones dando un total 15 unidades experimentales.

$$Y_{ijk} = \mu + \lambda_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media general

λ_k = Efecto de k-esimo bloque

α_i = Efecto fijo de la i-ésima variedades de rúcula

β_j = Efecto fijo de la j-ésima niveles de abono foliar

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto fijo de la interacción de la i-ésima variedades de rúcula on la j-ésima niveles de abono foliar

ϵ_{ijk} = Error experimental

5.3.1 Tratamientos experimentales

Los factores de estudio de la investigación son las siguientes:

| Factor A (Variedades de rúcula) | Factor B (Niveles de abono foliar) |
|---|--|
| A₁ : Variedad selecta | B₁ : 10 ml/Lt |
| A₂ : Variedad astrom I | B₂ : 20 ml/Lt |

Los tratamientos establecidos fueron los siguientes:

| Tratamientos | Interacción de factores de estudio |
|---------------------|--|
| T1 | Var. selecta con la aplicación de abono foliar turmivic de 10 ml/Lt |
| T2 | Var. selecta con la aplicación de abono foliar turmivic de 20 ml/Lt |
| T3 | Var. Astrom I con la aplicación de abono foliar turmivic de 10 ml/Lt |
| T4 | Var. Astrom I con la aplicación de abono foliar turmivic de 20 ml/Lt |

5.3.2 Dimensiones del área experimental

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| Área total: | 10 m ² |
| Numero de boques | 4 bloques |
| Área por bloques: | 2.5 m ² |
| Área de la unidad experimental: | 0.60 m ² |

5.3.3 Croquis del área experimental

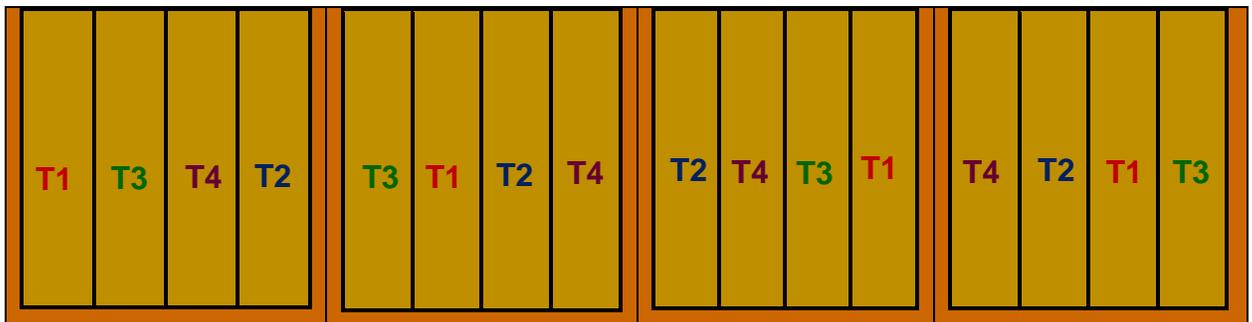


Figura 2. Croquis del experimento

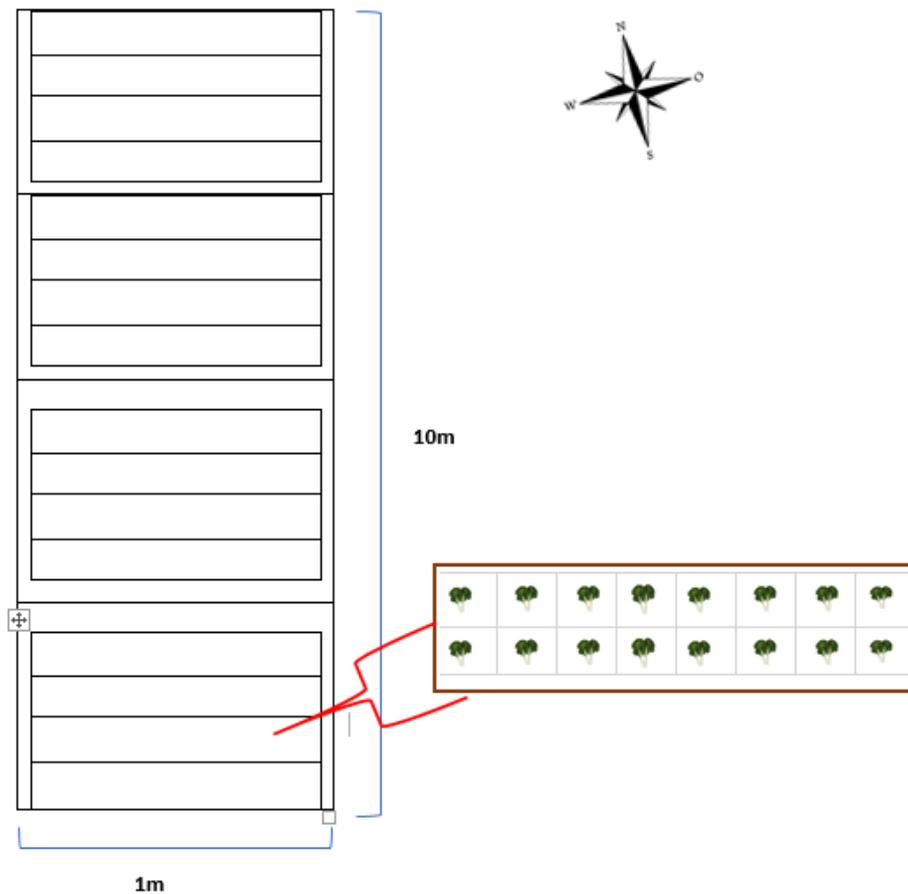


Figura 3. Croquis experimental, dimensiones y orientación

5.4 Variables de respuesta

5.4.1 Variables fenológicas

5.4.1.1 Temperatura del ambiente controlado

La temperatura interior del invernadero fue registrada diariamente en una planilla de registro de datos diarios con lectura del termómetro que permanece en el interior del invernadero para su registro.

5.4.1.2 Humedad relativa del ambiente controlado

En cuanto a la humedad relativa también se registró diariamente, el termómetro registra también la humedad relativa del ambiente.

5.4.2 Variables agronómicas

5.4.2.1 Diámetro de tallo

Para el registro de la variable se realizó un muestreo al azar, y se midió con un vernier el diámetro de tallo, exactamente cada dos días, esto por el desarrollo rápido de la rúcula.

5.4.2.2 Numero de hojas

Se tomaron datos de numero de hojas cuando ya presentaron hojas verdaderas, contando cada una de ellas, de igual manera cada dos días.

5.4.2.3 Altura de planta

La altura de planta se midió desde la base del peciolo hasta el apice de las hojas más grandes con una regla graduada.

5.4.2.4 Longitud de la hoja

Este dato se debe tomar desde el final del peciolo hasta el ápice de la hoja con ayuda de una regla graduada.

5.5 Análisis económico

El análisis económico se analizó con la formulación de CIMMYT (1988). El cual menciona que es esencial realizar un análisis económico, porque nos permite

considerar cuál de los tratamientos merece mayor investigación y cual podríamos recomendar, para ello se realizan los siguientes cálculos:

a) Beneficio bruto

El beneficio bruto llamado también ingreso bruto, representa la cantidad total de producto multiplicado por el precio de comercialización o precio del producto no incluye los costos de producción su ecuación esta daba de la siguiente manera:

$$\mathbf{BB= R * PP}$$

Donde:

BB = Beneficio bruto (Bs)

R = Rendimiento (Bs)

PP = Precio del producto

b) Costos variables

Es la suma que varía de una alternativa a otra, relacionados con los insumos, mano de obra, maquinaria, utilizados en cada tratamiento, fertilizante, insecticidas, uso de maquinaria, jornales y transporte, relación proporcionada por (CIMMYT, 1998).

c) Costos fijos

Los costos fijos son aquellos costos que mantienen para cada campaña de producción y que no están relacionados con la producción final. El costo fijo no se aumenta o disminuye la producción.

d) Costos totales

El costo total es la suma de los costos fijos y los costos variables, sirve para determinar el monto total que se ha realizado en producción. Su ecuación es la siguiente:

$$\mathbf{CP = CV + CF}$$

Donde:

CP = Costos totales de producción

CV = Costos variables

CF = Costos fijos

e) Beneficio neto

El beneficio neto es la diferencia de beneficio bruto de la producción, menos los costos de producción (CP).

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

Donde:

BN = Beneficios Netos (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

CP = Costos de producción (Bs)

f) Beneficio costo

Esta relación indica el retorno obtenido por cada unidad monetaria invertida, es decir, beneficio o ganancia por cada boliviano invertido. Resulta de la división del beneficio bruto y del costo total.

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

Donde:

B/C = Beneficio costo (Bs)

BB = Beneficio Bruto (Bs)

CP = Costos de producción (Bs)

6 RESULTADOS

6.1 Variables fenológicas

6.1.1 Temperatura de ambiente protegido

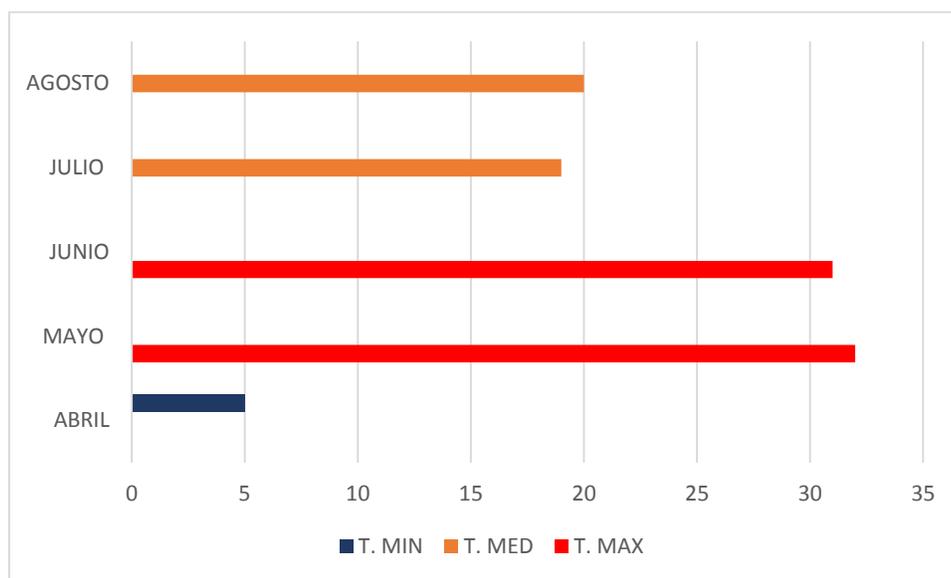


Figura 4. *Temperatura de ambiente protegido*

En la figura 4, se observa los rangos de variación de la temperatura en el interior del carpa solar podemos afirmar que desde la implantación del almacigo, como en el transcurso de todo el ciclo vegetativo del cultivo de rúcula, la temperatura fue en descenso debido a la época de invierno donde en el mes de julio se registraron las más bajas temperaturas con una máxima de 29.94 °C y una mínima de 4.55°C, para luego ir en ascenso desde el mes de agosto, en general se alcanzó una temperatura máxima promedio de 32.°C, una temperatura mínima promedio de 7.4 °C y una temperatura media general de 19.9 °C, lo cual no influyo de manera notable en el comportamiento del cultivo.

Al interior de la carpa solar no se registraron temperaturas bajo cero siendo favorable para el desarrollo del cultivo de la rúcula al respecto. (Serrano 1979) explica que si las temperaturas son inferiores a -5° C generado cristales de hielo dentro de las células y

en los intersticios celulares que da lugar a las deshidrataciones en el interior de las células y al desgarramiento de las membranas celulares producido por los cristales de hielo.

Vigliola (1992), menciona que las temperaturas adecuadas para el crecimiento de las inflorescencias son de 15 °C, tomando los siguientes rangos de comparación con la coliflor.

Valadez (1993), indica que las temperaturas adecuadas para el crecimiento de rúcula son de 15 - 25 °C y a temperaturas de 0 °C o mayores de 30 °C puede detener el desarrollo de la inflorescencia.

Las aseveraciones antes vertidas por Vigliola (1992) y Valadez (1993) no afectaron el desarrollo de las inflorescencias ya que las temperaturas mayores a 30 °C, se dieron antes del periodo de formación de la inflorescencia.

Según explica Lira R. (1994) estas variaciones en las temperaturas permiten que las tasas de actividad fotosintética se dupliquen aproximadamente por cada 10 °C que se incrementa la temperatura en el ambiente de la planta en climas templados.

Flores (2006) señala, las carpas solares destinadas a la agricultura están orientadas a controlar el microclima para el desarrollo de los cultivos, fuera de temporada.

Corridoni (1989) afirma, la temperatura es importante para la vida de las plantas. Desde la germinación de las semillas hasta la maduración del producto debe estar en los límites bien definidos: un mínimo y un máximo.

6.1.2 Humedad relativa del ambiente controlado

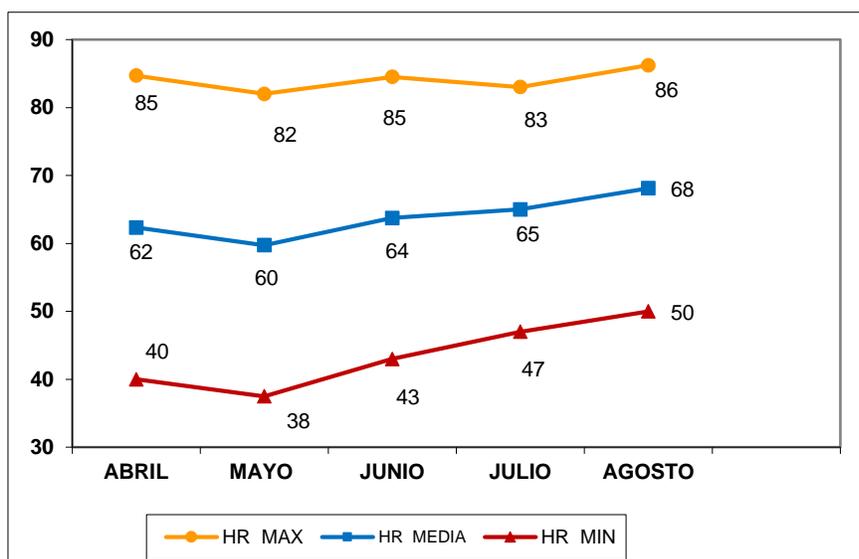


Figura 5. *Comportamiento de la humedad relativa del cultivo del rúcula*

En la figura 5, se observa el comportamiento de la humedad relativa en el interior del carpa solar que se determinó con la ayuda de un termo higrómetro, podemos afirmar que desde la implantación del almacigo como en el transcurso de todo el ciclo vegetativo del cultivo de rúcula hasta su respectiva cosecha, la humedad tuvo fluctuaciones variables en cuanto a la humedad máxima promedio por el contrario se observa que desde el mes de mayo la humedad promedio mínima va en ascenso esto debido al crecimiento del follaje lo cual provoca este fenómeno según (Hartman 1996) menciona que las hojas eliminan agua hacia el medio externo como parte de la fotosíntesis y está a la vez incrementa la humedad del aire.

La humedad relativa en términos generales alcanzó una máxima promedio de 84 %, una humedad relativa mínima promedio de 64 % y una humedad relativa media general de 44%. Lo cual no influyó de manera notable en el comportamiento del cultivo.

6.2 Variables agronómicas

6.2.1 Altura de planta

En el análisis de varianza de la tabla 6. muestra la variable altura de planta con respecto a las variedades de rúcula y dosis de abono foliar.

Tabla 6. *Análisis de varianza*

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| BLOQUE | 2.59 | 3 | 0.86 | 1.44 | 0.2939 |
| Variedad | 3.55 | 1 | 3.55 | 5.95 | 0.0374 |
| Niveles de Abono Foliar | 5.13 | 1 | 5.13 | 8.59 | 0.0167 |
| Variedad*Niveles de Abono | 8.85 | 1 | 8.85 | 14.81 | 0.0039 |
| Error | 5.38 | 9 | 0.6 | | |
| Total | 25.5 | 15 | | | |

Como muestra la tabla 6. anterior el análisis de varianza para la variable altura de planta no existen diferencias significativas entre bloques, para el factor variedades de rúcula y dosis de abono foliar, lo que indica que las variedades de rúcula ($Pr < 0.01$) y dosis de abono foliar ($Pr > 0.05$) no influyeron en la variable de estudio demostrando que ambos factores son independientes. Para la interacción de ambos factores de estudio si hubo diferencia significativa lo que indica que la acción conjunta de ambos factores si influyen considerablemente en variable altura de planta.

El coeficiente de variación fue de 2.88 lo cual indica que es menor al 30 % que demuestra un buen manejo de las unidades experimentales y los datos obtenidos son confiables.

Tabla 7. *Prueba Duncan para el factor variedades de rúcula*

| Variedad | Medias | n | E.E. | |
|-----------------|---------------|----------|-------------|---|
| Astrom I | 27.28 | 8 | 0.27 | A |
| Selecta | 26.34 | 8 | 0.27 | B |

En la tabla 7. se observa la prueba Duncan al (5 %) para factor variedades de rúcula para la variable de respuesta altura de planta, muestra que existe diferencias considerables de una variedad a otra obteniendo la variedad Astrom I (27.28 cm) y

selecta con (26.34 cm), indicando que la variedad Astrom I obtuvo mejores resultados en altura de planta.

Se estima que la diferencia en altura de planta se puede atribuir a la genética de las variedades, ya que la variedad Astrom I, tiene una diferencia de 1 cm en promedio con respecto a la variedad selecta, según los datos obtenidos en la presente investigación.

La influencia de las variedades utilizadas en la presente investigación (Astrom I y Selecta), presentan diferencias respecto a las características morfológicas son similares pero muy distintas a la hora de la germinación y emergencia.

En la investigación de variedades de rúcula a diferentes densidades de siembra muestran en su estudio que existieron diferencias altamente significativas entre las alturas de planta para las variedades Astro 1 y Astro 2 dentro las densidades de siembra (0.15 m, 0.20 m y 0.25 m). Para el primer corte, el tratamiento T4 (V2D1), con una altura de 28,85 cm estadísticamente solo fue superior sobre T3 (V1D3), llegando a ser el tratamiento con mayor altura de planta. No existieron diferencias significativas en los tratamientos T5 (V2D2), T1 (V1D1), T2 (V1D2), T6 (V2D3) y T3 (V1D3) con alturas de 27,97 cm, 26,57 cm, 26,00 cm, 25,73 cm y 24,88 cm respectivamente. (Terrazas, 2013).

La variedad Astro 2 presento para el primer corte una altura de planta de 27,52 cm y 26,37 cm para el segundo corte, siendo superior a la altura de planta de la variedad Astro 1 que reporto una altura de planta de 25,82 cm en el primer corte y de 25,02 cm para el segundo corte, (Terrazas, 2013).

De acuerdo al cálculo en promedio, con respecto al factor variedades, para la variable altura de planta, obtuvo para la variedad Astro II un valor de 24.53 cm obtuvo un mayor promedio y con menor altura la variedad Astro I con 23.26 cm, tomando en cuenta que el estudio fue realizado en un sistema hidropónico NFT (Dorado, 2018)

Los promedios reportados, indican que fueron superiores a los reportados por Martínez y Pía (2006), que obtuvieron una longitud de planta de 23,50 cm.

Tabla 8. Prueba Duncan para el factor dosis de abono foliar

| Niveles de Abono Foliar | Medias | n | E.E. | |
|-------------------------|--------|---|------|---|
| 20 ml | 27.37 | 8 | 0.27 | A |
| 10 ml | 26.24 | 8 | 0.27 | B |

Se observa en la anterior tabla 8. la prueba Duncan al (5 %) las dosis de abono foliar para la variable estudio altura de planta, presento diferencias mínimas en daño, con el mejor resultado la aplicación de 20 ml con 27.37 cm, seguido por 10 ml dando resultado en altura de 26.24 cm. Indicando que a mayor dosis de abono foliar Turmivic se obtiene mejor altura de planta.

Tabla 9. Interacción del factor A variedades con respecto a niveles de abono foliar

| Variedad | Niveles de Abono Foliar | Medias | n | E.E. | |
|----------|-------------------------|--------|---|------|---|
| Astrom I | 20 ml | 28.59 | 4 | 0.39 | A |
| Selecta | 10 ml | 26.51 | 4 | 0.39 | B |
| Selecta | 20 ml | 26.16 | 4 | 0.39 | B |
| Astrom I | 10 ml | 25.97 | 4 | 0.39 | B |

En la tabla 9. se observa la interacción del factor A que corresponde a las variedades Astrom I con respecto a los niveles de abono foliar de 20 ml obtuvo 28.58 cm y selecta con 10 ml consiguió 26.51 cm. Explicando que la variedad Astrom I obtuvo mejores resultados a una dosis mayor y la variedad selecta a menor dosis de turmivic.

En la investigación de Terrazas (2013), la interacción de A x B que corresponde como primer factor las variedades de estudio presento diferencias altamente significativas, por lo que se realizó el análisis de varianza de efecto simple En el segundo corte no existieron diferencias significativas, los dos factores son independientes para el crecimiento de rúcula.

6.2.2 Longitud de hoja

La tabla 10. muestra el análisis de varianza para la variable de estudio longitud de hoja con respecto a los factores de estudio variedades de rúcula y niveles de abono foliar.

Tabla 10. Análisis de varianza para la variable longitud de hoja

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | |
|---------------------------|-------|----|-------|-------|---------|-----|
| Bloque | 2.27 | 3 | 0.76 | 3.62 | 0.0582 | |
| Variedad | 0.9 | 1 | 0.9 | 4.31 | 0.0677 | N.S |
| Niveles de Abono Foliar | 7.16 | 1 | 7.16 | 34.16 | 0.0002 | ** |
| Variedad*Niveles de Abono | 15.02 | 1 | 15.02 | 71.69 | 0.0001 | ** |
| Error | 1.89 | 9 | 0.21 | | | |
| Total | 27.23 | 15 | | | | |

La tabla 10. anterior nos muestra el análisis de varianza para la variable longitud de hoja no existen diferencias significativas entre bloques y variedades de rúcula, contrariamente a la dosis de abono foliar con valor significativo y la interacción entre los dos factores de estudio que obtuvieron resultados significativos, lo que indica que las variedades de rúcula ($Pr < 0.01$) no influyeron en esta variable, pero si los niveles de abono foliar ($Pr > 0.05$) influyeron en la variable de estudio. En cuanto a la interacción de ambos factores de estudio si hubo diferencia significativa lo que indica que la acción conjunta de ambos factores si influyen considerablemente en la variable longitud de hoja.

Tabla 11. Prueba Duncan para el factor longitud de hoja

| Niveles de Abono Foliar | Medias | n | E.E. | |
|-------------------------|--------|---|------|---|
| 20 ml | 26.01 | 8 | 0.16 | A |
| 10 ml | 24.67 | 8 | 0.16 | B |

La tabla 11. muestra la prueba Duncan al (5 %) con el factor niveles abono foliar para la variable de respuesta altura de planta, muestra que existe influencia de las dosis aplicadas para esta variable, indicando que con una aplicación de 20 ml obtuvo 26.01 cm en longitud de hoja, mayor a la aplicación con 10 ml con 24.67 cm, indicando que a mayor dosis aplicada mejores resultados en cuanto a longitud de hoja.

Para el primer corte, la variedad Astro 1 presento un rendimiento para longitud foliar de 24,63 cm; la variedad Astro 2 alcanzo una longitud foliar de 26,39 cm. En el segundo corte, la variedad Astro 1 reporto una longitud foliar de 22,16 cm y la variedad Astro 2 una longitud de 24,67 cm (Terrazas, 2013).

Con la aplicación de abonos en sustrato se observa que el largo de la hoja es mayor en la aplicación de dosis alta de estiércol de bovino seguido por la dosis alta del estiércol de llama la misma por que influye en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Luque, 2013).

Tabla 12. *Interacción de los factores variedad y niveles de abono foliar*

| Variedad | Niveles de Abono Foliar | Medias | n | E.E. | |
|----------|-------------------------|--------|---|------|---|
| Astrom I | 20 ml | 27.21 | 4 | 0.23 | A |
| Selecta | 10 ml | 25.4 | 4 | 0.23 | B |
| Selecta | 20 ml | 24.8 | 4 | 0.23 | B |
| Astrom I | 10 ml | 23.94 | 4 | 0.23 | C |

En la tabla 12. se observa la interacción del factor A (variedades) que corresponde a Astrom I y selecta con respecto a los niveles de abono foliar de 20 y 10 ml. Explicando que la variedad Astrom I obtuvo mejores resultados a una dosis mayor y la variedad selecta a menor dosis.

6.2.3 Número de hojas

En la siguiente tabla 13. muestra el análisis de varianza para la variable de estudio número de hojas con los factores de estudio variedades de rúcula y niveles de abono foliar.

Tabla 13. *Análisis de varianza para la variable número de hojas*

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | |
|---------------------------|------|----|------|------|---------|------|
| BLOQUE | 0.69 | 3 | 0.23 | 0.45 | 0.7221 | |
| Variedad | 0.06 | 1 | 0.06 | 0.12 | 0.7336 | N.S. |
| Niveles de Abono Foliar | 1.56 | 1 | 1.56 | 3.08 | 0.113 | N.S. |
| Variedad*Niveles de Abono | 3.06 | 1 | 3.06 | 6.04 | 0.0363 | * |
| Error | 4.56 | 9 | 0,51 | | | |
| Total | 9.94 | 15 | | | | |

La tabla 13. anterior muestra el análisis de varianza para la variable número de hojas no existen diferencias significativas entre bloques, variedades de rúcula y niveles de abono foliar, la interacción entre los dos factores de estudio obtuvo resultados

significativos, lo que indica que las variedades de rúcula ($Pr < 0.01$) y niveles de abono foliar ($Pr > 0.05$), no influyeron en la variable de estudio. Con respecto a la interacción de los factores A y B (variedades y niveles de abono foliar), presentaron diferencia significativa lo que indica que la acción conjunta de ambos factores sí influyen considerablemente en la variable número de hojas.

Tabla 14. *Interacción de los factores A y B (variedades y niveles de abono foliar)*

| Variedad | Niveles de Abono Foliar | Medias | n | E.E. | | |
|----------|-------------------------|--------|---|------|---|---|
| Astrom I | 20 ml | 10.25 | 4 | 0.36 | A | |
| Selecta | 10 ml | 9.5 | 4 | 0.36 | A | B |
| Selecta | 20 ml | 9.25 | 4 | 0.36 | A | B |
| Astrom I | 10 ml | 8.75 | 4 | 0.36 | | B |

La tabla 14. muestra la interacción del factor variedades que corresponde a Astrom I y selecta con respecto a los niveles de abono foliar de 20 y 10 ml. Explicando que la variedad Astrom I obtuvo mejores resultados a una dosis mayor y la variedad selecta a menor dosis.

En la comparación de abonos en sustrato se observa que el número de hojas es mayor en la aplicación de dosis alta de estiércol de bovino seguido por la dosis media del estiércol de llama dosis media la misma que influye en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo a comparación del testigo (Luque, 2013).

El número de hojas varía con la dosis de abono y también con el tipo de abono, así se observó que a mayor dosis existe un mayor número de hojas esto es coherente ya que a mayor dosis mayor es el número de hojas en la Rúcula, como ya se observó en los rendimientos (Luque, 2013).

En el estudio de Dorado (2018), indica que la variedad Astro II obtuvo un mayor número de hojas con 10,73 hojas/planta y con una mínima diferencia la variedad Astro I, que obtuvo 10,36 hojas/planta. El mejor tratamiento que obtuvo mayor número de hojas fue el tratamiento 4 (Variedad Astro II con una densidad de plantación de 0,08 m x 0,30 m); seguido por el tratamiento 5 (Variedad Astro II con una densidad de plantación de 0,12 m x 0,30 m). Esto se sospecha a que la variedad Astro II, adquirió un valor en

porcentaje de emergencia mayor a la variedad Astro I, por lo cual se acorto el ciclo del crecimiento vegetativo donde la variedad Astro II, alcanzo un mayor número de hojas, cabe aclarar que el estudio mencionado fue en sistema hidropónico NFT.

6.2.4 Rendimiento por unidad experimental

La tabla 15. muestra el análisis de varianza para la variable de estudio rendimiento por unidad experimental para los factores de estudio variedades de rúcula y niveles de abono foliar.

Tabla 15. *Análisis de varianza para la variable de estudio rendimiento por unidad experimental*

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|----|
| BLOQUE | 0.02 | 3 | 0.01 | 1.86 | 0.2072 | |
| Variedad | 0.2 | 1 | 0.2 | 53.02 | 0.0001 | ** |
| Niveles de Abono Foliar | 1.52 | 1 | 1.52 | 393.35 | 0.0001 | ** |
| Variedad*Niveles de Abono | 15.43 | 1 | 15.43 | 3994.31 | 0.0001 | ** |
| Error | 0.03 | 9 | 0.0039 | | | |
| Total | 17.21 | 15 | | | | |

Como se observa la tabla 15. el análisis de varianza de rendimiento por unidad experimental no presenta diferencias significativas entre bloques, para el factor variedades de rúcula (Astrom I y selecta) y dosis de abono foliar (20 y 10 ml) muestran valores altamente significativos, para el factor variedades de rúcula ($Pr < 0.01$) y dosis de abono foliar ($Pr > 0.05$) si influyeron en la variable de estudio demostrando que ambos factores influyen en el rendimiento. Para la interacción de ambos factores de estudio presenta diferencia significativa lo que indica que la acción conjunta de ambos factores si influyen considerablemente en variable rendimiento de por unidad experimental.

Tabla 16. *Prueba duncan para el factor variedades de rúcula en la variable rendimiento*

| Variedad | Medias | n | E.E. | |
|-----------------|---------------|----------|-------------|---|
| Selecta | 2.08 | 8 | 0.02 | A |
| Astrom I | 1.85 | 8 | 0.02 | B |

La tabla 16. muestra la prueba Duncan al (5 %) con el factor variedades de rúcula para la variable de respuesta rendimiento por unidad experimental, muestra que existe influencia de las variedades para la variable rendimiento, indicando que la variedad selecta obtuvo 2.08 kg y con menor rendimiento 1.85 kg para Astrom I, esto indicaría que la primera variedad mencionada obtuvo mejor producción en rendimiento.

La diferencia en altura de planta se puede atribuir a la genética de las variedades, ya que la variedad selecta, tiene una diferencia de 1 cm en promedio con respecto a la variedad Astrom I, según los datos obtenidos en la presente investigación.

Se estima que pudo haber influenciado las variedades utilizadas en la presente investigación (Selecta y Astrom I), porque las características morfológicas son similares pero muy distintas a la hora de la germinación y emergencia.

En la investigación de Terrazas (2013), en el primer corte la variedad Astro 1 presento un rendimiento de 1,55 kg/UE, para la variedad Astro 2 el rendimiento fue de 1,79 kg/UE. En el segundo corte el rendimiento que reporto la variedad Astro 1 fue 1,3 kg/UE y para la variedad Astro 2 fue de 1,65 kg/UE.

En la evaluación de tipos de estiércol como abono para producción de rúcula se observa que el largo de la hoja es mayor en la aplicación de dosis alta de estiércol de bovino seguido por la dosis alta del estiércol de llama la misma por que influye en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Luque, 2013).

En la investigación de Dorado (2018) muestra la comparación de medias de los tratamientos, donde el tratamiento con mayor rendimiento de peso fresco fue el tratamiento 4 (Variedad Astro II con densidad de 0,08 m x 0,30 m) con 4,11 kg/m² ; seguido por el tratamiento 1 (Variedad Astro I con densidad de 0,08 m x 0,30 m) y el tratamiento con menor rendimiento de peso fresco es el tratamiento 3 (Variedad Astro I) con 3,29 kg/m², la evaluación fue realizada en sistema hidropónico NFT.

Tabla 17. Prueba duncan para niveles de abono foliar en la variable rendimiento

| Niveles de Abono Foliar | Medias | n | E.E. | |
|-------------------------|--------|---|------|---|
| 20 ml | 2.27 | 8 | 0.02 | A |
| 10 ml | 1.66 | 8 | 0.02 | B |

En la tabla 17. anterior muestra la prueba Duncan al (5 %) para el factor niveles de abono foliar Turmivic para la variable de respuesta rendimiento por unidad experimental, muestra que aplicando mayor dosis de abono foliar se obtuvieron mejores resultados en cuanto a rendimiento de rúcula.

El cultivo de Rúcula presenta algunas ventajas tales como, la adaptabilidad de la planta, que puede desarrollarse casi sobre cualquier tipo de suelo, y la posibilidad de realizar varias cosechas en poco tiempo, debido a sus rápidos ciclos de producción. Generalmente, la primera cosecha se realiza, luego de 20-27 días de haber realizado la siembra, cortando las hojas desde la base del peciolo (Luque, 2013).

Tabla 18. *Interacción de factores variedades y niveles de abono foliar en la variable rendimiento*

| Variedad | Niveles de Abono Foliar | Medias | n | E.E. | | |
|----------|-------------------------|--------|---|------|---|---|
| Astrom I | 20 ml | 3.14 | 4 | 0.03 | A | |
| Selecta | 10 ml | 2.75 | 4 | 0.03 | | B |
| Selecta | 20 ml | 1.4 | 4 | 0.03 | | C |
| Astrom I | 10 ml | 0.56 | 4 | 0.03 | | D |

En la tabla 18. se observa la interacción del factor variedades que corresponde a (Astrom I y selecta) con respecto a los niveles de abono foliar de 20 y 10 ml. Explicando que la variedad Astrom I obtuvo mejores resultados a una dosis mayor y la variedad selecta a menor dosis. Esto puede deberse a la morfología y fisiología de esta variedad.

En el estudio de Dorado (2018), se observa interacciones de promedio, donde la variedad Astro II, obtuvo mayor promedio en comparación a la variedad Astro I, obtuvieron 3,75 kg/m² y 3,63 kg/m².

6.3 Análisis económico

Con los resultados obtenidos durante el proceso experimental y el respectivo análisis estadístico, es esencial, realizar el análisis económico de los resultados, para posteriormente recomendar los tratamientos más adecuadas, combinados los aspectos agronómicos y económicos más favorables de la investigación.

El análisis económico nos permite proporcionar parámetros claros para determinar la rentabilidad o no de un tratamiento y realizar un cambio tecnológico en nuestro sistema de producción, en este caso del cultivo de rúcula producido.

6.3.1 Rendimiento ajustado

El rendimiento ajustado para cada variedad es el beneficio medio reducido en un cierto porcentaje, con el fin de mostrar la diferencia entre unidades experimentales de acuerdo a las variedades de rúcula (Astrom I y selecta) y niveles de fertilizante foliar (Turvimic), en una producción a pequeña escala como se observa en la tabla 19.

Tabla 19. Rendimiento en kilogramos por metro cuadrado

| Rendimiento | Tratamientos | | | |
|---|-------------------|-------|------------------|-------|
| | Variedad Astrom I | | Variedad Selecta | |
| | 10 ml | 20 ml | 10 ml | 20 ml |
| Rendimiento promedio (kg/m ²) | 2.75 | 1.04 | 0.56 | 3.14 |
| Rendimiento ajustado (-10%) | 2.48 | 0.9 | 0.5 | 23.54 |

Para el análisis económico se tomó en cuenta la recomendación del manual de Evaluación Económica del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), que se establece una diferencia de 10% del rendimiento entre condiciones experimentales y de producción comercial normal, Este descuento se justifica desde el punto de vista que durante la realización del experimento se tuvo una especial atención y cuidado con las parcelas experimentales, lo que no ocurre normalmente en una producción a gran escala o nivel comercial.

6.3.2 Número de ciclos por año

Se debe tomar en cuenta que uno de los factores más importante es el ciclo de desarrollo del cultivo de rúcula, desde el almacigo hasta finalizar la cosecha, la evaluación de la investigación no fue realizada por cortes como normalmente es con este cultivo convencional (sustrato preparado). La producción fue comercializada colocando la planta entera en la bolsa, esto ayuda en la conservación del producto y sea vendido fresco.

En el presente estudio la variedad Astrom I desarrollo hojas verdaderas dos días antes que la variedad selecta, teniendo un ciclo de duración del cultivo de 48 días sin almacigo, con tres días de diferencia con la variedad selecta desde la siembra hasta la cosecha.

6.3.3 Beneficio bruto

El cálculo del beneficio bruto se calcula multiplicando el rendimiento ajustado por el precio promedio de kilogramo de rúcula. Para el cálculo de beneficio bruto anual se multiplicó el beneficio bruto de una campaña, por el número de campañas al año y por el área del experimento.

Tabla 19. Beneficio bruto

| Rendimiento | Tratamientos | | | |
|--|-------------------|-------|------------------|-------|
| | Variedad Astrom I | | Variedad Selecta | |
| | 10 ml | 20 ml | 10 ml | 20 ml |
| Rendimiento promedio (Kg/m ²) | 2.75 | 1.04 | 0.56 | 3.14 |
| Rendimiento ajustado (-10%) | 2.48 | 0.9 | 0.5 | 23.54 |
| Numero de bolsas | 5 | 2 | 1 | 6 |
| Precio bolsa de 50 g | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Beneficio bruto/ciclo (Bs/m ²) | 15 | 6 | 3 | 18 |
| Numero de ciclos/año | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Beneficio bruto/ciclo (Bs/m ²) | 150 | 60 | 30 | 180 |
| Beneficio bruto/anual 10 m ² | 1500 | 600 | 300 | 1800 |

Según se puede observar en la tabla 20, los tratamientos que presentaron mejores ingresos brutos por año con los factores diferentes variedades y niveles de abono foliar (Turmivic), la variedad Astrom I con una la dosis de 10 ml obtuvo un ingreso bruto de Bs 1500/año y con 20 ml obtuvo 600/año, seguido de por variedad selecta con 20 ml obtuvo 1800/año y finalmente con menor rendimiento 300/año con la aplicación de 10 ml.

Las variedades de estudio presentan diferencias en el beneficio bruto debido a sus características morfológicas, genéticas entre variedades y aplicación de niveles de abono foliar.

6.3.4 Costos variables

Los costos variables son los costos relacionados con los insumos comprados, la mano de obra utilizada para las actividades productivas que varían con los tratamientos de una variedad a otra.

Tabla 20. Costos variables

| Rendimiento | Tratamientos | | | |
|-------------------------------|-------------------|-------|------------------|-------|
| | Variedad Astrom I | | Variedad Selecta | |
| | 10 ml | 20 ml | 10 ml | 20 ml |
| Semilla (Bs/oz) | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Mano de obra | 80 | 80 | 80 | 80 |
| abono foliar Turmivic | 20 | 30 | 20 | 30 |
| Complementos (Bs) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Sub total costos fijos | 125 | 135 | 125 | 135 |
| Numero de ciclos/año | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Total costos variables Bs/año | 1250 | 1350 | 1250 | 1350 |

En tabla 21. anterior se muestra los costos variables para ambos factores de estudio variedades (Astrom I y selecta) y niveles de abono foliar (10 y 20 ml) referente a los costos de semilla, mano de obra y abono foliar el cual incrementa los costos de producción.

6.3.5 Costos fijos

Los cálculos de costos fijos son aquellos que se mantienen para cada campaña de producción y que no están relacionados con la producción final. Para este trabajo se han tomado en cuenta los costos del alquiler de la instalación, herramientas para la preparación del terreno, armado de la platabanda y otros gastos.

Tabla 21. Costos fijos

| Rendimiento | Tratamientos | | | |
|-----------------------------|-------------------|-------|------------------|-------|
| | Variedad Astrom I | | Variedad Selecta | |
| | 10 ml | 20 ml | 10 ml | 20 ml |
| Alquiler de carpa solar | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Herramientas (Bs) | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Otros gastos (Bs) | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Total costos fijos (Bs/año) | 95 | 95 | 95 | 95 |

En el análisis económico de costos fijos se consideró el cálculo de la depreciación de los diferentes recursos utilizados en la presente investigación. Las dos variedades utilizadas en el presente estudio obtuvieron costos similares.

6.3.6 Costo total anual

El costo total anual es la suma de los costos de producción o variables y los costos fijos. En la tabla 23. se puede observar los cálculos siguientes:

Tabla 22. Costo total anual

| Rendimiento | Tratamientos | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------|------------------|-------|
| | Variedad Astrom I | | Variedad Selecta | |
| | 10 ml | 20 ml | 10 ml | 20 ml |
| Total costos variables (Bs/año) | 1250 | 1350 | 1250 | 1350 |
| Total costos fijos (Bs/año) | 95 | 95 | 95 | 95 |
| Costo total (Bs/año) | 1345 | 1445 | 1345 | 1445 |

En la tabla 23. se observa claramente que los costos de los tratamientos con las variedades (Astrom I y selecta) y niveles de aplicación de abono foliar (10 y 20 ml).

6.3.7 Beneficio neto

El beneficio neto nos refleja ingresos obtenidos luego de restar los costos totales. En la tabla 24. se detallan los beneficios netos anuales.

Tabla 23. Beneficio neto

| Rendimiento | Tratamientos | | | |
|---|-------------------|-------|------------------|-------|
| | Variedad Astrom I | | Variedad Selecta | |
| | 10 ml | 20 ml | 10 ml | 20 ml |
| Beneficio bruto anual 10 m ² | 1500 | 600 | 300 | 1800 |
| Costo total (Bs/año) | 1345 | 1445 | 1345 | 1445 |
| Beneficio neto (Bs/año) | 155 | -845 | -1045 | 355 |

Realizando un análisis entre los tratamientos en estudio podemos indicar los siguientes resultados. La variedad selecta a una dosis de 20 ml obtuvo el mayor beneficio neto con Bs 355/año; seguido por 10 ml un valor negativo de Bs 1045/año seguida por la

variedad Astrom I a 10 ml de Bs 155/año como último y con menor beneficio neto está el tratamiento 3 que obtuvo Bs 845/año en pérdida. Esto quiere decir es mejor utilizar la variedad selecta con una dosis de 20 ml.

6.3.8 Relación beneficio costo

Para la relación que existe entre los beneficios brutos sobre los costos de producción, que muestra la tabla se detallan la relación beneficio costo anuales.

Tabla 24. Beneficio neto

| Rendimiento | Tratamientos | | | |
|---|-------------------|-------|------------------|-------|
| | Variedad Astrom I | | Variedad Selecta | |
| | 10 ml | 20 ml | 10 ml | 20 ml |
| Beneficio bruto anual 10 m ² | 1500 | 600 | 300 | 1800 |
| Costo total (Bs/año) | 1345 | 1445 | 1345 | 1445 |
| Relación beneficio costo | 1.11 | 0.41 | 0.22 | 1.24 |

El análisis de relación de beneficio/costo como se observa en la tabla 25. en base al beneficio neto y los costos totales de producción por año y para 4 tratamientos de estudio. El análisis demuestra que; la relación Beneficio/costo es mayor para la variedad selecta ($B/C > 1$), por consecuente son económicamente rentables; sin embargo se pudo evidenciar que los mejores resultados obtenidos con la variedad selecta.

Con relación al factor niveles aplicados de abono foliar (Turmivic), a una dosis de 20 ml con un valor de 1.24 y 10 ml obtuvo 0.22 Bs esto nos determina que por cada boliviano invertido se ganara Bs 0.24 y 0.22 bs de pérdida respectivamente, la variedad Astrom I obtuvo un comportamiento con menores valores de 1.11 y 0.41 Bs respectivamente, y ganancias de Bs 0.11 y 0,41 de pérdida con una dosis de 10 ml.

Según Murillo (2010), menciona que el cultivo de rúcula producido en un sistema hidropónico NFT, resulta ser rentable pues la relación B/C es mayor a 1, pero se hace notar que para efectivizar el sistema en toda su capacidad se debe ampliar e implementar en un área más grande.

7 CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos específicos, los resultados obtenidos de las variables de respuesta en la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones.

Para la variable temperatura del ambiente controlado, presento una máxima de 29 °C y una mínima de 4 °C. Por lo cual se concluye que la temperatura se mantuvo dentro de un rango aceptable dando a entender que hubo un buen manejo de las instalaciones.

En cuanto a la humedad relativa alcanzo una máxima de 84 %, mínima 64 % y una media promedio de 44 %, se concluye que hubo un manejo y control adecuado de la humedad dentro de la carpa.

El efecto de las variedades y niveles de aplicación de abono foliar a la altura de planta, se encontró la mayor altura promedio con la variedad Astrom I con 27.28 cm y para la variedad selecta obtuvo 26.34 cm, para los niveles de abono foliar 20 ml fue el mejor tratamiento aplicado, podemos concluir que es mejor utilizar la variedad Astrom I sin dejar de lado la variedad selecta por los datos obtenidos.

Con relación a la longitud de hoja, se obtuvo mejor resultado con la aplicación de 20 ml las plantas presentaron mejor desarrollo, como también la variedad que mejor comportamiento obtuvo fue Astrom I en la presente investigación.

En cuanto al número de hojas por efecto de variedades y niveles de abono foliar aplicados al cultivo muestra que la variedad selecta presento mayor número de hojas, en cuanto a la aplicación de turmivic fue con 20 ml determinando que se puede obtener mayor número de hojas a una aplicación mayor.

Con respecto al rendimiento por unidad experimental, la variedad selecta obtuvo 2.08 kg/m², seguido por la segunda variedad Astrom I con 1.85 kg/m².

La relación beneficio costo que mejores resultados obtuvo la variedad selecta de 1.24 bs y a menor dosis perdiendo 0.22 bs seguido por la variedad Astrom I ganando 1.11 Bs y a mayor dosis con pérdidas de 0.41 Bs. Lo que indica que obtuvo mejores rendimientos la variedad selecta a mayor dosis y Astrom I con menor aplicación.

8 RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos; en el presente trabajo de investigación se hacen las siguientes recomendaciones:

El resultado obtenido del presente trabajo sugiere la investigación con otras variedades de rúcula, porque cada variedad presenta diferente comportamiento.

Con los resultados obtenidos se sugiere evaluaran niveles de abono foliar (Turmivic) a dosificaciones mayores que las propuestas en la presente investigación.

La investigación fue realizada en ambiente atemperado (carpa solar), es por eso que se recomienda una investigación a campo abierto para realizar una comparación del comportamiento agronómico, fisiológico y morfológico del cultivo.

Para la post cosecha es recomendable trabajar con presentaciones como empaques o bolsas, para una buena presentación del producto.

Se recomienda cultivar con marcos de plantación más densos para incrementar los rendimientos por metro cuadrado y obtener mayor beneficio costo.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, F. (2002). *Flora Basica de la Región de Murcia*. Barcelona, España: Mercid. Obtenido de www.uib.es/catedra_iberamericana/publicaciones/seae/mesa1/silvestres.
- Alcaraz, F.; (2002). *Flora Basica de la Region de Murcia*. Barcelona, España. Obtenido de ww.uib.es/catedra_iberamericana/publicaciones/seae/mesa1/silvestres.
- Arcila, J. (2008). *Densidad de Siembra y Productividad de los Cafetales*. Colombia. Obtenido de www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo6.pdf
- Artal, B. (2020). *Información técnica. Acidos húmicos y fúlvicos, sus funciones en las plantas*. Smart agriculture.
- Bedri, A. (2001). *Evaluacion de rúcula en produccion Hidroponica*. Lima, Peru. Obtenido de <http://www.iberica2000.org/es/Articulo.asp?id=4386>.
- Bedri, E. (2010). *Libreta de apunte de hortalizas*. Tijuana, Mexico. Obtenido de [www:bedri.es/Libreta_de_apuentes/R/RA/Hortalizas.htm](http://www.bedri.es/Libreta_de_apuentes/R/RA/Hortalizas.htm).
- Birrueta, V. (1994). *Manejo agronomico de Hortalizas en Ambiente controlado*. Mexico. Obtenido de <http://cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccion>
- Blanco, E., Cerizo, M., & Rojas, E. (1999). *Hortalizas de campo. Manejo, coservacion y cosecha*.
- Brandt, (. (s.f.). *Los 7 Ssecretos de la nutricion foliar. En fertilizantes foliares de cuarta generacion*. Rio Claro, Medellin : Tecnologia en Agricultura.
- Caceres, G. (1980). *Manual del buen agricultor. Manejo de Hortalizas en Inveernaderos*. Santo Domingo, Colombia.
- Chilon, E. (1997). *Fertilidad de Suelos y Nutricion de Plantas. Centro de Investigacion y Difusión de Alternativas Tecnologicas para el Desarrollo (CIDAT)*. La Paz, Bolivia.

- Correa, M., & Carrasco, G. (2001). *Agrometeorología. Energía y agua en la agricultura*. Universidad Naciol Agraria la Molina. Lima, Peru: E. Martell.
- Corridoni, L. (1989). *Nociones Prácticas de Agronomía*. (Agroguías, Ed.) Madrid, España: Mundi - Prensa.
- Diaz, F. (1993). *Defenza contra heladas en los Invernaderos. Memoria de Construccion y Manejo de Invernaderos*. La paz, Bolivia.
- Diaz, F. (2010). *La Rúcula*. Jalisco, Mexico: Agricola. Obtenido de www.sectorproductivo.com.py/agricola/.../5514-la-rúcula.
- Dorado Martinez , M. (2018). *Evaluacion de dos variedades de rúcula (Eruca sativa L.) en tres densidades bajo la tecnica hidroponica NFT en el centro experimental de Cota cota*. Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Agronomia. La Paz, Bolivia .
- Fitoplus - Mo. (2018). *Insumos Acuicolas y Agricolas. Fertilizantes controlados*. Ecuador . Obtenido de <https://direcuadorsa.com/pdf/FITOPLUS-MO-FICHA-TECNICA.pdf>
- Flores, J. (1996). *Manual de Carpas Solares. Centro de Desarrollo y Fomento a la Auto Ayuda*. Huellas Srl. La Paz, Bolivia.
- Flores, P. (2006). *invernaderos Construccion y Manejo*. Lima, Peru: Ripalma.
- Flores, P. (2006). *Invernaderos Construccion y Manejo*. Lima , Peru: Ripalme.
- Garcia, T. (2002). *Variedades de rúcula*. Jalisco, Mexico.
- Guzman , A. (2000). *Comportamiento agronomico de tres variedades de cebolla (Allum cepa L.) con la aplicacion de cuatro aonos organicos en la zona de Cota cota*. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Agronomia. La Paz, Bolivia.
- Haeff, D. (1997). *Horticultura* (Segunda edición ed.). Idalgo, México: Trillas.
- Hartmann, F. (1990). *Invrnaderos y ambientes atemperados. Fundación para el desarrollo (FADES)*. La Paz, Bolivia: Offet Boliviana Ltda.

- Horturba , R. (2011). *Cultivo de Rúcula*. Obtenido de <http://www.horturba.com/castellano/cultivar/fichacultivo>. (Accedido 8 de agosto de 2021)
- Iberica, P. (2000). *El cultivo de rúcula*. Tijuana, Mexico . Obtenido de <http://www.iberica2000.org/es/Articulo.asp?Id=4386>.
- IGM (Instituto Geografico Militar). (2010). *Base caartografica de Bolivia*. La Paz, Bolivia. Obtenido de <http://www.igmbolivia.gob.bo/>
- Johnston , R. (2016). *Johnny´s Selected Seeds, Catalog. Nacional Award Winners*. United State.
- Leskovar , D. (2018). *Produccion y Ecofisiologia de trasplnte hortícola*. Cordoba: Venezuela.
- Lira, F. (1994). *Asocioacion de hortucultores Jalisco*. Jalisco, México.
- Lorente, B. (1993). *Biblioteca de la Agricultura*. Barcelona, España: Emengs.
- Luque Torrez , C. (2013). *Efecto de diferentes abonos orgánicos en el comportamiento agronomico de la rúcula (Eruca sativa) en ambiente protegido en Cota cota*. Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Agronomia. La Paz, Bolivia.
- Luque Torrez , C. (2013). *Produccion de rúcula (Eruca sativa), con tres fertilizantes organicos en ambiente controlado en el Centro Experimental Cota cota*. Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Agronomia. La Paz, Bolivia.
- Maroto Borrego, J. (2002). *Horticultura herbácea especial (Vol. 5)*. Madrid, España: Paraninfo S.A. Obtenido de <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484760429/horticultura-herbacea-especial>.
- Martinez, G., & Pia, H. (2006). *Evaluacion de la Producción y Calidad de Rúcula (Eruca sativa Mill)*. Cultivada con sustrato de Sistema Flotante. Universidad Talca. Talca, Chile. Obtenido de [www. Scientificcommons.org/5593321](http://www.Scientificcommons.org/5593321).

- Marzocca, A. (1985). *Nociones Básicas de Taxonomía Vegetal*. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura IICA (Primera Edición ed.). San José, Costa Rica.
- Mendoza, A. (2012). *Horticultura Urbana y Periurbana*. INIAF. Sucre, Bolivia.
- Mittidieri, F., & Corbino, R. (2011). *Condiciones Edafoclimáticas para Hortalizas*. Lima, Peru.
- Molina, E., & Melendez, G. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Laboratorio de suelos y foliares*. Universidad Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas. Costa Rica.
- Montesinos Huallpa, S., Chaucaçca Huaman, E., & Huahuasonco Quecaño, M. (2020). *Producción y Comercialización de Arugula Orgánica (Eruca vesicaria)*. Urubamba, Venezuela: INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCACION PUBLICO "LA SALLE" URUBAMBA.
- ONI. (2001). *Principales cultivos*. Tamaholipas, México.
- Pedregal, N. (2011). *Descripción del Cultivo de Rúcula. Producción de Hortalizas de Hoja*. (Faringata, Ed.) Barcelona, España: Tunes.
- Pimpini, F. (2011). *Principitecnicoagronomici de la fertirrigazione o del fourisuolo*. Veneto: Agriculture.
- Pino, M. (2012). *Curso de Horticultura y Floricultura*. Plata, Argentina .
- Purquerio, F. (2012). *Rúcula- Globo Rural*. Obtenido de www.Revistagloborural.globo.com.
- Romero, S. (2020). *Beneficios de comer rúcula- Propiedades de la rúcula*. Babahoyo, Venezuela.
- Ruiz, M. (1993). *Densidades de siembra en Hortalizas de Inverdadero*. Medellín, Colombia.

- Rzedowski, C. (Flora fanerogama del Vale de Mexico. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). Michoacán, Mexico. Obtenido de www.conabio.gob.mx/.../brassicaceae/.../ficha.htm.
- Rzedowski, G. (2001). *Flora fanerogámica del Vale de Mexico. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad*. Michoacán, Mexico.
- Saravia, A. (2011). *Manual de Horticultura*. Cochabamba , Bolivia.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). (2021). La Paz , Bolivia. Obtenido de www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_247_Curso%20Hidropon%C3%A1
- Suquilanda, M. (1995). *Plantas Medicinales y Hierbas Aromaticas. Manual pa la Produccion Orgánica*. Quito, Ecuador: Funda Agro.
- Terranova. (1995). *Descripcion Fisiologica del cultivo de rúcula*. Jalisco: Mexico.
- Terrazas Burgoa , J. (2013). *Evaluacion Agronomica de Variedades de Rúcula (Eruca sativa Mill.) Diferentes densidades de siembra en carpa solar*. Univerisidad Mayor de San Andres. Faultad de Agronomia. La Paz, Bolivia .
- Toni. (2002). *Agronotips*. Obtenido de huertita: <http://www.portalfrutícola.com>
- Turchi, A. (1997). *Horticultura Práctica*. Buenos Aires, Argentina: Edacricole.
- Valadez , H. (1993). *Evaluacion de la produccion de Rúcula en montevideo*. Jamaica, México.
- Valenzuela , O., Gallardo, C., Carponi, M., Arangueren , M., Tabares , H., & Barrera, M. (s.f.).
- Veldez, A. (s.f.). *Construccionny mnatenimiento de carpas solares*. Cochabamba, Bolivia.
- Vigliola , G. (1992). *Hortalizas de campo*. Saragoza, España: Prisma.

Villatoro , M., Dirigido, P., Celestino, D., & Font, R. (2011). *Tesis Doctoral Caracterizacion Nutricional y agronomica, Analisis de la Actividad Biologica Y Seleccion de Cruciferas para el uso alimentario*. Cordova .

Yacio, V. (2020). *Rcula: carbohidratos y valor nutricional*. Cordova, Colombia. Obtenido de <https://www.yazio.com/es/alimentos/rúcula.html>

Yuste, P. (1997). *Biblioteca de la agricultura, Suelos abonos y Materia organica. Los frutales* (Vol. I). Barcelona, España.

Zaragoza, A. (1999). *Requerimeintos de hortalizas de invernadero. Tomate, perejil, acelga, apio, arugula, cilantro y espinaca*. España: Zeruta.

10 ANEXOS

Anexo 1. Costos de producción

| DESCRIPCIÓN | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (Bs) | Tratamiento | | | | | |
|--|--------|----------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | a1b1 | a1b2 | a1b2 | a2b1 | a2b2 | a2b3 |
| A. Preparación del suelo | | | | | | | | | |
| Remoción | Jornal | 30 | 50 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 |
| abonado | Jornal | 5 | 50 | 0 | 250 | 250 | 0 | 250 | 250 |
| Rastrado y Nivelado | Jornal | 12 | 50 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| B. Plantación | | | | | | | | | |
| Siembra | Jornal | 20 | 60 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 |
| C. Colocado de paja de proteccion | | | | | | | | | |
| paja | Jornal | 20 | 30 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| D. Sistema de Riego | | | | | | | | | |
| Instalación de Cintas | Jornal | 15 | 60 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 |
| E. Labores Culturales | | | | | | | | | |
| Riego | Jornal | 15 | 20 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Control de malezas | Jornal | 4 | 60 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| F. Comercialización | | | | | | | | | |
| Cosecha | Jornal | 40 | 80 | 3200 | 3200 | 3200 | 3200 | 3200 | 3200 |
| Selección y empaque | Jornal | 20 | 60 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 |
| | | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | 9700 | 9950 | 9950 | 9700 | 9950 | 9950 |

Anexo 2. Abonamiento del sustrato

| DESCRIPCIÓN | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (Bs) | Tratamiento | | | | | |
|----------------------------------|--------|----------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | a1b1 | a1b2 | a1b2 | a2b1 | a2b2 | a2b3 |
| A. Control de Temperatura | | | | | | | | | |
| Termómetro máximas y mínimas | Pieza | 3 | 56 | 168 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 |
| B. Sistema de Riego | | | | | | | | | |
| Materiales | Global | 1 | 6200 | 6200 | 1500 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| C. Abonos Orgánicos | | | | | | | | | |
| Estiescol de llama dosis media | TN | 6.81 | 500 | 0 | 3405 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estiescol de llama dosis alta | TN | 8.81 | 500 | 0 | 0 | 4405 | 0 | 0 | 0 |
| Estiercol de bovino dosis media | TN | 5.25 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3150 | 0 |
| Estiercol de bovino dosis alta | TN | 7.25 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4350 |
| F. Herramientas | | | | | | | | | |
| Picota | Pieza | 15 | 45 | 675 | 675 | 675 | 675 | 675 | 675 |
| Rastrillo | Pieza | 10 | 25 | 675 | 675 | 675 | 675 | 675 | 675 |
| Mochila Aspensor 20 litros | Pieza | 5 | 450 | 675 | 675 | 675 | 675 | 675 | 675 |
| Herramientas de jardinería | Pieza | 20 | 15 | 675 | 675 | 675 | 675 | 675 | 675 |
| TOTAL | | | | 9068 | 9068 | 9068 | 9068 | 9068 | 9068 |

Anexo 3. Análisis de materia orgánica en el sustrato

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 44/11

Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO EN MUESTRA ORGÁNICA MO 44/11

| | |
|-----------------------------------|--|
| Cliente: | FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMSA |
| Solicitante: | Urv. Cecilia Luque Torrez |
| Dirección del cliente: | Tembleras, C/5 de Agosto # 719, Las Nieves |
| Procedencia de la muestra: | Choquevaca |
| | Provincia: Ingavi |
| | Departamento: La Paz |
| Punto de muestreo: | No especificado por el cliente |
| Responsable del muestreo: | Urv. Cecilia Luque Torrez |
| Fecha de muestreo: | 21 de septiembre de 2011 |
| Hora de muestreo: | 17:00 |
| Fecha de recepción de la muestra: | 06 de octubre de 2011 |
| Fecha de ejecución del ensayo: | Del 06 al 17 de octubre, 2011 |
| Caracterización de la muestra: | Abono de Llama |
| Tipo de muestra: | Simple |
| Envase: | Bolsa plástica |
| Código LCA: | 44-1 |
| Código original: | CLT |

Resultado de Análisis

| Parámetro | Método | Unidad | Límite de determinación | CLT |
|------------------|-------------------------------------|--------|-------------------------|-----|
| Nitrógeno total | ASPT-88 | % | 0,00 | 1,7 |
| Fósforo total | Método colorimétrico/ASPT 81 | mg/kg | 0,40 | 276 |
| Potasio total | Microwave Reaction System/EPA 258.1 | % | 0,0010 | 2,5 |
| Materia orgánica | Calcinación | % | 5,00 | 76 |
| Cenizas | Calcinación | % | 0,50 | 24 |

Método de ensayo: Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Equipo: Espectrofotómetro de Absorción Atómica- Homo de Grafo: de Perkin Elmer - Aanalyst 700

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, octubre 27 de 2011



cc: Arch.
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Anexo 4. Análisis físico químico de suelos



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

IBTEN

INTERESADO : CECILIA LUQUE TORREZ
PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ, Provincia MURILLO,
ESTACION EXPERIMENTAL DE COTA COTA - UMSA
N° SOLICITUD : 022 / 2012
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / Enero / 2012
FECHA DE ENTREGA : 17 / Febrero / 2012
N° Factura : 5036 / 2012

| N° LAB | CODIGO | ARENA | | ARCILLA | | LIMO | | CLASE TEXTURAL | GRAVA | CAMBIO NITROS | pH en agua | pH en KOH | C.E. en m | CATIONES DE CAMBIO (meq / 100 gr suelo) | | | | | SAT. Materia orgánica | | Fracción Aniónica | |
|--------|--------|-------|----|---------|----|--------|--------|----------------|-------|---------------|------------|-----------|-----------|---|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|-------------------|--------|
| | | % | % | % | % | LIBRES | LIBRES | | | | | | | LIBRES | LIBRES | LIBRES | LIBRES | LIBRES | LIBRES | LIBRES | | LIBRES |
| 047 | 2012 | M 2 | 30 | 33 | 37 | PY | 10.9 | P | 6.03 | 5.73 | 0.460 | 0.07 | 12.32 | 4.34 | 0.64 | 1.056 | 18.39 | 18.46 | 96.8 | 5.30 | 0.15 | 37.58 |
| 048 | 2012 | M 3 | 39 | 34 | 37 | PY | 26.0 | P | 6.20 | 5.35 | 0.766 | 0.07 | 14.79 | 5.47 | 1.00 | 0.848 | 22.14 | 22.21 | 96.7 | 8.02 | 0.26 | 27.57 |
| 049 | 2012 | M 4 | 29 | 33 | 38 | PY | 15.4 | P | 5.81 | 5.05 | 1.378 | 0.10 | 10.37 | 6.00 | 1.47 | 0.511 | 24.35 | 24.45 | 96.6 | 6.92 | 0.27 | 20.06 |
| 050 | 2012 | M 5 | 34 | 31 | 35 | PY | 12.7 | P | 6.27 | 5.52 | 0.759 | 0.06 | 15.38 | 4.95 | 0.64 | 1.19 | 22.17 | 22.25 | 96.6 | 7.12 | 0.29 | 22.01 |
| 051 | 2012 | M 6 | 33 | 32 | 35 | PY | 11.3 | P | 6.47 | 5.67 | 1.071 | 0.07 | 15.81 | 5.32 | 1.59 | 1.36 | 23.79 | 23.86 | 96.7 | 8.21 | 0.26 | 48.74 |

OBSERVACIONES, -
Cationes de Cambio extraídas con acetato de amonio 1N.
C.E. Conductividad eléctrica en decisiemens por metro.
C.I.C. Capacidad de intercambio Cationico.
T.B.L. Total de Bases de Intercambio.

CARBONATOS LIBRES
A Ausente
P Presente en gran cantidad
CLASE TEXTURAL
Y : Arcilloso
YA : Arcilloso Arenoso
L : Limoso
A : Arenoso
FY : Franco Arcilloso Arenoso

FA : Franco Arenoso
AF : Arenoso Franco
FY : Franco Arcilloso
YL : Arcilloso Limoso
FYL : Franco Arcilloso Limoso
FL : Franco Limoso



[Signature]
RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA

Of. Av. 6 de Agosto 2505 - Tel.: 3433441 - 3433329 - 3433877 - 3118383 Fax: (591) 2-3433303 - La Paz - Bolivia/Castilla 4821 - Tel.: 3800055 DM-Vecchia - E-mail: ibten@infotelmil.bo

Anexo 5. Análisis físico químico de suelos



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : **CECILIA LUQUE TORREZ**
 PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ, Prov. MURILLO,*

NO SOLICITUD: **022A / 2012**
 FECHA DE RECEPCIÓN : **27 / Enero / 2012**
 FECHA DE ENTREGA : **17 / Febrero / 2012**
 N° Factura : **5036 / 2012**

ESTACION EXPERIMENTAL DE COTA COTA - UMSA

DESCRIPCIÓN : *Muestra de suelo M 2*

| N° Lab. | PARAMETRO | Resultado | Unidades | Método |
|--------------|-------------------------------------|-----------|----------|-------------------------------|
| 047-01 /2012 | T ARENA | 30 | % | Hidrómetro de Bouyoucos |
| 047-02 /2012 | E ARCILLA | 33 | % | Hidrómetro de Bouyoucos |
| 047-03 /2012 | F LIMO | 37 | % | Hidrómetro de Bouyoucos |
| 047-04 /2012 | U CLASE TEXTURAL | FV | - | Hidrómetro de Bouyoucos |
| 047-05 /2012 | A GRAVA | 10,0 | % | Gravimetría |
| 047-06 /2012 | CARBONATOS LIBRES | P | - | Reacción ácida |
| 047-07 /2012 | ph en agua 1:5 | 6,53 | - | Potenciometría |
| 047-08 /2012 | ph en KCl 1N 1:5 | 5,73 | - | Potenciometría |
| 047-09 /2012 | Conductividad eléctrica en agua 1:5 | 0,480 | dS/m | Potenciometría |
| 047-10 /2012 | Cambio de cambio (N+H) | 0,07 | mg/100 g | Volumetría |
| 047-11 /2012 | Calcio | 8,43 | mg/100 g | Absorción atómica |
| 047-12 /2012 | Magnesio | 4,01 | mg/100 g | Absorción atómica |
| 047-13 /2012 | Sodio | 0,64 | mg/100 g | Emisión atómica |
| 047-14 /2012 | Potasio | 1,08 | mg/100 g | Emisión atómica |
| 047-15 /2012 | Total de bases | 14,17 | mg/100 g | Suma de base |
| 047-16 /2012 | C. I. C. | 14,24 | mg/100 g | Volumetría |
| 047-17 /2012 | SATURACION BÁSICA | 99,51 | % | Cálculo matemático |
| 047-18 /2012 | Materia Orgánica | 5,30 | % | Walkley Black |
| 047-19 /2012 | Nitrógeno total | 0,15 | % | Kjeldahl |
| 047-20 /2012 | Fósforo asimilable | 37,96 | ppm | Espectrofotometría UV-Visible |

OBSERVACIONES.- * Cationes de Cambio extraídas con: Ácido 1N (Ca, Mg, K) y AcNH_4 1 N (Na).
 C.I.C.: Capacidad de Intercambio Cationica.
 CARBONATOS LIBRES: A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL

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



[Handwritten Signature]
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE ORLANDO E.

Anexo 6. Almacigo de rúcula



Anexo 7. Desarrollo del cultivo de rúcula



Anexo 8. Cultivo de rúcula días de la cosecha



Anexo 9. Selección de plantas para el marbeteo



Anexo 10. Desarrollo del cultivo en el área experimental



Anexo 11. Marbeteado de las plantas seleccionadas



Anexo 12. Variedad Astrom I y selecta



Anexo 13. Pesado de plantas de rúcula

