



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE NITRÓGENO EN EL
CULTIVO DE HABA (*Vicia faba* L.) VARIEDAD INIAP 442
SULTANA EN LA COMUNIDAD DE PUCULPALA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: MISHHELL ELIZABETH GARCÍA MANOBANDA

DIRECTOR: ING. ARTURO MIGUEL CERÓN MARTÍNEZ, MSc.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Mishell Elizabeth García Manobanda

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Mishell Elizabeth García Manobanda, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 01 de mayo de 2024



Mishell Elizabeth García Manobanda

060458088-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DE LA DOSIS OPTIMA DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE HABA (*Vicia faba L.*) VARIEDAD INIAP 442 SULTANA EN LA COMUNIDAD DE PUCULPALA**”, realizado por la señorita: **MISHELL ELIZABETH GARCÍA MANOBANDA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez, PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-05-01
Ing. Arturo Miguel Cerón Martínez, MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-01
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova, PhD. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-01

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación quiero dedicarle principalmente a mi madre quien a pesar de las dificultades ha logrado apoyarme a lo largo de mi carrera universitaria. Así mismo, deseo dedicar este trabajo al Dr. Víctor Barrera, quien ha sido como un padre y una importante fuente de inspiración y constante apoyo a lo largo de mi carrera universitaria, su guía y apoyo han sido esenciales para mi desarrollo académico y personal.

Mishell

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento, en primer lugar, a mi madre, quien ha sido una fuente inquebrantable de fortaleza y apoyo, desempeñando un papel fundamental en la culminación de mi trabajo de titulación. Asimismo, extendiendo mi gratitud a mi padre por sus valiosos consejos y respaldo. Agradezco de manera especial a cada uno de los docentes que han contribuido significativamente a mi formación académica, así como a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la facultad de Recursos Naturales, carrera de Agronomía, por brindarme la oportunidad de desarrollarme como profesional.

Un reconocimiento especial al Dr. Víctor Barrera e Ing. Luis Escudero por su acogida en el INIAP y por su invaluable contribución a mi formación profesional. También quiero expresar mi agradecimiento a mis amigas Andrea Carguachi, Diana Cando y Sonia Ordoñez, cuya amistad ha sido fundamental y de gran apoyo durante mi trayectoria académica y futura carrera profesional.

De igual manera, agradezco sinceramente a mis amigos José María Urbina y Maicol Mora por ofrecerme su amistad sincera y constante ánimo en la trayectoria de mi carrera. Finalmente, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi pareja, Joao Pérez, por su incondicional apoyo constante que me ha brindado durante todo este proceso. Su cariño y ánimo han sido mi fuerza y mi inspiración en los momentos más difíciles.

Mishell

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY / ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 General.....	2
1.2.2 Específicos.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis.....	3
1.4.1 Nula.....	3
1.4.2 Alternativa.....	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO.....	4
2.1 Nitrógeno.....	4
2.1.1 Nitrógeno orgánico.....	4
2.1.2 Nitrógeno inorgánico.....	4
2.1.3 Nitrógeno en los cultivos.....	5
2.2 Efectos del nitrógeno en el suelo.....	5

2.2.1.	<i>Deficiencia</i>	5
2.2.2.	<i>Exceso</i>	6
2.3	Ciclo del Nitrógeno	6
2.3.1.	<i>Ganancias de nitrógeno (N) por el suelo</i>	7
2.3.2.	<i>Fijación biológica de N atmosférico por microorganismos</i>	7
2.3.3.	<i>Deposiciones de N desde la atmósfera</i>	8
2.3.4.	<i>Transformaciones del nitrógeno (N) en el suelo</i>	8
2.3.5.	<i>Pérdidas de N desde el suelo</i>	9
2.4	Úrea	9
2.5	Cultivo de haba	10
2.5.1	<i>Clasificación taxonómica</i>	10
2.5.2	<i>Descripción botánica</i>	11
2.5.3	<i>Fases de desarrollo</i>	12
2.5.4	<i>Manejo agronómico</i>	15
2.6	Características agronómicas de la variedad INIAP 442 Sultana	16
2.6.1	<i>Adaptación</i>	16
2.6.2	<i>Características Morfológicas y agronómicas</i>	17
2.6.3	<i>Importancia nutricional y económica</i>	17
2.6.4	<i>Enfermedades y plagas</i>	18

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1.	Características del sitio experimental	22
3.2.	Materiales y equipos	23
3.2.1.	<i>Material experimental</i>	23
3.2.2.	<i>Materiales</i>	23
3.3.	Metodología	24
3.3.1.	<i>Factores en estudio</i>	24

3.3.2. <i>Unidad Experimental</i>	24
3.3.3. <i>Tratamientos</i>	24
3.4. Variables y métodos de evaluación	27
3.4.1. <i>Agronómicas</i>	27
3.4.2. <i>Físico químicas</i>	27

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	30
4.1. Resultados	30
4.1.1. <i>Variable agronómica</i>	30
4.1.2. <i>Variables de física y química del suelo</i>	32
4.1.3. <i>Variables Económicas</i>	38
4.2. Discusión de los resultados	40
4.2.1. <i>Agronómicas</i>	40
4.2.2. <i>Física y química del suelo</i>	41
4.2.3. <i>Económicas</i>	43

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1. CONCLUSIONES	45
5.2. RECOMENDACIONES	46

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del haba (<i>Vicia faba</i> L.)	10
Tabla 2-2: Características morfológicas y agronómicas de la variedad INIAP 442 SULTANA17	
Tabla 2-3: Listado de enfermedades reconocidas que afectan al cultivo del haba.....	18
Tabla 2-4: Ingredientes activos y productos comerciales para enfermedades de haba	20
Tabla 3-1: Niveles de Nitrógeno en kg ha ⁻¹ aplicados al cultivo de haba. Comunidad Puculpala, microcuenca de la Quebrada Balcashí, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024. ..	24
Tabla 3-2: Esquema del análisis de varianza. Comunidad Puculpala, microcuenca de la Quebrada Balcashí, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024.....	25
Tabla 4-1: Análisis de varianza para el rendimiento de grano tierno de haba en t ha ⁻¹ . Comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024.....	30
Tabla 4-2: Promedios y prueba de Tukey al 5% para el rendimiento de grano tierno de haba en t ha ⁻¹ . Comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024.	31
Tabla 4-3: Tasa de Retorno Marginal de los tratamientos no dominados en la investigación sobre el manejo de Nitrógeno en el cultivo de haba. Comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024	39

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Relaciones entre el ciclo del nitrógeno y los compartimentos orgánicos y minerales.....	7
Ilustración 3-1: Características del sitio experimental en donde se implementó la investigación sobre el manejo de Nitrógeno en el cultivo de haba. Comunidad Puculpala, microcuenca de la Quebrada Balcashí, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024.	22
Ilustración 4-1: Modelos de N Lineal y N Cuadrático para ajustar el rendimiento en t ha ⁻¹ de grano tierno de haba.....	32
Ilustración 4-2: Respuesta de la Densidad Aparente en g cc ⁻¹ a la aplicación de diferentes dosis de N en el cultivo de haba.....	33
Ilustración 4-3: Respuesta de la Humedad Gravimétrica en % a la aplicación de N en kg ha ⁻¹ en el cultivo de haba.	34
Ilustración 4-4: Respuesta de la Humedad Volumétrica en % a la aplicación de N en kg ha ⁻¹ en el cultivo de haba.	35
Ilustración 4-5: Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de Nitrógeno Total (%) en el suelo con el cultivo de haba.....	36
Ilustración 4-6: Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de Carbono Orgánico (%) en el suelo con el cultivo de haba.	37
Ilustración 4-7: Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de Amonio (ppm) en el suelo con el cultivo de haba.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CROQUIS DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE CON N EN EL CULTIVO DE HABA. COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.
- ANEXO B:** CÁLCULOS DE FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN EL CULTIVO DE HABA. COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.
- ANEXO C:** RENDIMIENTO DE GRANO TIERNO DE HABA ($t\ ha^{-1}$). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.
- ANEXO D:** ANÁLISIS DE DENSIDAD APARENTE ($g\ cc^{-1}$), HUMEDAD GRAVIMÉTRICA (%) Y HUMEDAD VOLUMÉTRICA (%) DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL. COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.
- ANEXO E:** ANÁLISIS DE NITRÓGENO TOTAL (%), AMONIO (ppm) Y CARBONO ORGÁNICO (%) DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL. COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.
- ANEXO F:** ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL (BENEFICIO BRUTO): RENDIMIENTO ($t\ ha^{-1}$) AJUSTADO AL 10%, COSTO DE GRANO DE HABA TIERNA ($USD\ t^{-1}$) Y BENEFICIO BRUTO ($USD\ ha^{-1}$). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.
- ANEXO G:** ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL (COSTO QUE VARÍA): COSTO DEL N ($USD\ ha^{-1}$), COSTO DE LA APLICACIÓN DE N ($USD\ ha^{-1}$), COSTO DE MANO DE OBRA DE COSECHA Y DESGRANE ($USD\ ha^{-1}$) Y COSTO QUE VARÍA ($USD\ ha^{-1}$). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.
- ANEXO H:** ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL (BENEFICIO NETO): BENEFICIO BRUTO ($USD\ ha^{-1}$), COSTO QUE VARÍA ($USD\ t^{-1}$) Y BENEFICIO NETO ($USD\ ha^{-1}$). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.
- ANEXO I:** ANÁLISIS DE DOMINANCIA (TRATAMIENTOS ORDENADOS POR BENEFICIO NETO): BENEFICIO NETO ($USD\ ha^{-1}$) Y COSTO QUE VARÍA ($USD\ ha^{-1}$). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

ANEXO J: ANÁLISIS DE DOMINANCIA (TRATAMIENTOS NO DOMINADOS): BENEFICIO NETO (USD ha⁻¹) Y COSTO QUE VARÍA (USD ha⁻¹). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

ANEXO K: TASA DE RETORNO MARGINAL: BENEFICIO NETO (USD ha⁻¹) Y COSTO QUE VARÍA (USD ha⁻¹). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la dosis óptima de Nitrógeno en el cultivo de haba (*Vicia faba L.*) variedad INIAP 442 SULTANA en la comunidad de Puculpala. Se empleó un diseño de bloques al azar (DBCA) y se trabajó con 15 parcelas siendo las unidades experimentales a evaluar, las cuales fueron dosificadas con urea. Los tratamientos fueron: tratamiento 1 (0 kg N ha⁻¹), tratamiento 2 (15 kg N ha⁻¹), tratamiento 3 (30 kg N ha⁻¹), tratamiento 4 (45 kg N ha⁻¹), tratamiento 5 (60 kg N ha⁻¹). Se registró variables agronómicas como el porcentaje de germinación, porcentaje de encame y el rendimiento en toneladas por hectárea. Además, se determinó variables físico-químicas del suelo. En cuanto al análisis económico se utilizó la metodología de Presupuesto Parcial basado en la Tasa de Retorno Marginal (TMR). El mejor rendimiento fue el tratamiento 4 el cual obtuvo como resultado 11,16 t ha⁻¹ registrando un incremento del 43% en la producción a comparación del tratamiento 1 donde no se aplicó nitrógeno. En las variables físico-químicas del suelo el mejor tratamiento fue el T4 con una respuesta al nitrógeno total de 0,20%; carbono orgánico de 1,81% y un contenido de amonio de 104,74 ppm. En cuanto al análisis de presupuesto parcial basado en la Tasa de Retorno Marginal (TMR) el tratamiento 4 obtuvo una tasa de retorno marginal de 1278% en comparación con el tratamiento 3, siendo la mejor alternativa económica para los usuarios, ya que por cada dólar invertido desde el tratamiento 3 hasta el tratamiento 4, se pudo obtener una ganancia de 12,78 dólares. Se concluye que se obtuvo mejores resultados y mayor rendimiento con el tratamiento 4 (45 kg ha⁻¹ de N).

Palabras clave: < HABA (*Vicia faba L.*) >, <VARIEDAD INIAP 442 SULTANA>, <UREA>, <NITRÓGENO TOTAL>, <CARBONO ORGÁNICO>, <ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL>, <AMONIO>, <VOLUMÉTRICA>, <GRAVIMÉTRICA>, <PUCULPALA (COMUNIDAD)>.

0621-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the optimum dose of nitrogen in the cultivation of broad bean (*Vicia faba* L.) variety INIAP 442 SULTANA in the community of Puculpala. A randomized block design (RBD) was used and 15 plots were used as the experimental units to be evaluated, which were dosed with urea. The treatments were: treatment 1 (0 kg N ha⁻¹), treatment 2 (15 kg N ha⁻¹), treatment 3 (30 kg N ha⁻¹), treatment 4 (45 kg N ha⁻¹), treatment 5 (60 kg N ha⁻¹). Agronomic variables such as germination percentage, lodging percentage and yield in tons per hectare were recorded. In addition, soil physicochemical variables were determined. For the economic analysis, the Partial Budget methodology based on the Marginal Rate of Return (MRR) was used. The best yield was obtained in treatment 4, which resulted in 11.16 t ha⁻¹, registering an increase of 43% in production compared to treatment 1, where nitrogen was not applied. In the soil physicochemical variables, the best treatment was T4 with a response to total nitrogen of 0.20%, organic carbon of 1.81% and an ammonium content of 104.74 ppm. Regarding the partial budget analysis based on the Marginal Rate of Return (MRR), treatment 4 obtained a marginal rate of return of 1278% compared to treatment 3, being the best economic alternative for the users, since for each dollar invested from treatment 3 to treatment 4, a profit of 12.78 dollars could be obtained. It is concluded that better results and higher yields were obtained with treatment 4 (45 kg ha⁻¹ of N).

Key words: < BROAD BEAN (*Vicia faba* L.) >, <VARIETY INIAP 442 SULTANA>, <UREA>, <TOTAL NITROGEN>, <ORGANIC CARBON>, <PARTIAL BUDGET ANALYSIS>, <AMMONIUM>, <VOLUMETRIC>, <GRAVIMETRIC>, <PUCULPALA (COMMUNITY)>.



Lcda. Elsa A. Basantes A.

0621-DBRA-UPT-2024

05-06-2024

C.C: 0603594409

INTRODUCCIÓN

El cultivo de haba (*Vicia faba* L.) se encuentra en el séptimo lugar entre las leguminosas de grano más importantes a nivel mundial. Este tiene un doble propósito, ya que es de consumo tanto para la alimentación humana como para animal, siendo en muchos países la principal fuente de proteína en la dieta humana. En Europa, donde representa el 16% de la producción mundial, su principal aplicación es para la alimentación de ganado. (Humberth Alex & Cajachagua Rosario, 2017, pág. 9)

El haba es cultivada en la región de la Sierra ecuatoriana, tanto de forma independiente como en asociación con otras especies. Es de gran importancia en la alimentación de diversos grupos demográficos. En Ecuador, en el año 2022 se cultivaron 9947 ha de haba, siendo el rendimiento promedio en haba seca de 0,55 t ha⁻¹ y en haba tierna de 3,23 t ha⁻¹ (INEC, 2023). Su cultivo se extiende desde altitudes de 2500 hasta 3200 metros sobre el nivel del mar, con provincias destacadas como Azuay, Pichincha, Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar y Carchi (Yandun, 2015). La demanda creciente por parte de los mercados y consumidores de alta calidad del producto ha impulsado el desarrollo de variedades como INIAP 442 SULTANA cuyo rendimiento promedio en seco es de 2,20 t ha⁻¹ y en tierno 9,76 t ha⁻¹ (FIASA, 2023).

La importancia de investigar el nitrógeno en los sistemas de producción radica en que este elemento es uno de los factores más limitantes en el rendimiento de los cultivos. Además, la importancia del nitrógeno se ha incrementado debido a su impacto ambiental, debido a que el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados puede dar lugar a procesos como la desnitrificación, que contribuye a las emisiones de nitrógeno (GEI, NO_x o N₂). Adicionalmente, la lixiviación de estos compuestos puede provocar la contaminación de acuíferos. (Acebedo, et al., 2011, pág. 326)

Ciertamente, hay diversas técnicas disponibles para el análisis del nitrógeno (N), entre las cuales destaca el método Kjeldahl, el más extendido en laboratorios de suelo de todo el mundo, incluso en redes de inter-laboratorios. Este procedimiento consiste en un análisis químico que posibilita la determinación precisa del contenido de N en una muestra determinada. Así, se logra calcular la cantidad total de nitrógeno presente, englobando tanto el de origen orgánico como el amoniacal, mediante el análisis químico del suelo. (Choque et al., 2017, pág. 3)

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El desafío en la producción de haba surge como consecuencia del manejo inadecuado de nitrógeno en nuestra área de estudio, generando una disminución significativa en el rendimiento de este cultivo. La utilización ineficiente de fertilizantes nitrogenados ha llevado a un desequilibrio en los niveles nutricionales, de ahí los bajos rendimientos y la calidad del producto obtenidos por los agricultores. Este problema se traduce no solo en una reducción de la cosecha, sino también en la pérdida de calidad de los granos, lo que impacta negativamente en la sostenibilidad y rentabilidad de la producción del área de estudio.

Adicionalmente, La falta de prácticas de fertilización de nitrógeno en el cultivo de haba complica aún más el panorama, por lo que se hace urgente obtener alternativas para mejorar el rendimiento y la calidad del producto.

1.2 Objetivos

1.2.1 *General*

Evaluar la dosis óptima de Nitrógeno en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) variedad INIAP 442 SULTANA en la comunidad de Puculpala.

1.2.2 *Específicos*

- Determinar la dosis óptima de Nitrógeno en el rendimiento del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) variedad INIAP 442 SULTANA en la comunidad de Puculpala.
- Evaluar la influencia del Nitrógeno en los micro y macronutrientes antes y después del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) variedad INIAP 442 SULTANA en la comunidad de Puculpala.
- Evaluar la dosis óptima de Nitrógeno en los beneficios económicos del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) variedad INIAP 442 SULTANA en la comunidad de Puculpala.

1.3 Justificación

Debido a los avances hechos por el INIAP en el ámbito de la agricultura de conservación en la Región Andina del país, se ha recopilado información valiosa sobre el manejo del cultivo de haba. Sin embargo, aún queda por investigar cómo optimizar la producción del cultivo de haba, que es el cultivo predominante en los sistemas de producción de la microcuenca de la Quebrada de Balcashí en términos de los nutrientes del suelo. Por lo tanto, el enfoque en la aplicación de diferentes dosis óptimas de nitrógeno se dirigirá hacia la obtención altos rendimientos económicos y una calidad óptima de los cultivos, al mismo tiempo que se busca reducir los riesgos de contaminación de aguas superficiales o subterráneas debido a la lixiviación de nitratos y la emisión de gases derivados de procesos como la desnitrificación y la volatilización, mediante el uso eficiente de este nutriente, contribuirá significativamente a mejorar tanto la calidad de vida de los agricultores como la salud del medio ambiente.

1.4 Hipótesis

1.4.1 *Nula*

La aplicación de Nitrógeno en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) variedad INIAP 442 SULTANA no influye en el rendimiento y mejor beneficio económico.

1.4.2 *Alternativa*

Al menos una dosis de Nitrógeno aplicada al cultivo de haba (*Vicia faba* L.) variedad INIAP 442 SULTANA, influye en el rendimiento y mejor beneficio económico.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1 Nitrógeno

El nitrógeno se halla en la biosfera en diversos grados de oxidación, que abarcan desde -3 (en forma de amoníaco) hasta +5 (en la estructura de nitrato). Entre las formas inorgánicas más relevantes de nitrógeno se encuentran el amoníaco (NH_3), el nitrato (NO_3^-), el nitrito (NO_2^-) y el nitrógeno molecular (N_2). Estas distintas formas están interconectadas en el entorno a través del ciclo del nitrógeno. (Moore, 1980 pág. 229)

Según (GROOT, et al., 1991 pág. 141), durante mucho tiempo, se ha reconocido que el suministro de nitrógeno limita con frecuencia el crecimiento. La investigación agrícola tradicional se ha centrado en garantizar suficiente nitrógeno para rendimientos óptimos, con atención a la eficiencia principalmente para maximizar retornos financieros. Hoy en día, la agricultura enfrenta una creciente demanda para priorizar la prevención de la contaminación. El desafío actual en la investigación agrícola radica en idear métodos de producción que eviten riesgos de pérdidas contaminantes, al mismo tiempo que mantengan niveles de rendimiento económicamente aceptables.

2.1.1 *Nitrógeno orgánico*

(Hattori, 2012 pág 469), menciona que, las formas orgánicas de nitrógeno en los suelos fueron estudiadas después del tratamiento con ácidos calientes. Este tratamiento se desarrolló a partir del método hidrolítico de caracterización, que proporciona estimaciones confiables de las cantidades de N-total, N-amonio, N- α -aminoácido y N-hexosamina liberadas por la hidrólisis ácida. Estas técnicas llevaron al descubrimiento de que la mayoría del nitrógeno orgánico fácilmente mineralizable en el suelo era N de aminoácidos y amino azúcares, y este nitrógeno se acumulaba en la materia orgánica recién inmovilizada (células microbianas, paredes celulares y fracciones coloidales del suelo).

2.1.2 *Nitrógeno inorgánico*

Según (Moore, 1980 pág 231), el amoníaco, el nitrato y el nitrito tienen aplicaciones comerciales y son descargados a las aguas superficiales por industrias usuarias. El del amoníaco es usado

principalmente en la agricultura para la producción de urea, ácido nítrico, sulfato de amonio, nitrato de amonio y mezclas de fertilizantes. También se utilizan en menores cantidades para minería y refinación, producción de pulpa y papel, y la fabricación de aminas y nitrilos.

2.1.3 *Nitrógeno en los cultivos*

El nitrógeno es un componente esencial de las proteínas, por ende, es necesario un suministro adecuado para el desarrollo normal de los cultivos. El nitrógeno es generalmente el primer elemento que se vuelve deficiente en regiones semiáridas y áridas. Esto se debe al hecho de que la materia orgánica del suelo es la principal reserva de nitrógeno en el suelo y la mayoría de los suelos en áreas con baja precipitación son bajos en materia orgánica. (Tucker y Hagin, 1982 pág. 22)

También (Tucker y Hagin, 1982 pág. 22), manifiesta que puede resultar tentador asumir que la fertilización con nitrógeno se basa simplemente en hacer un reemplazo de las cantidades retiradas por los cultivos, no obstante, determinar las tasas adecuadas de fertilización con nitrógeno es mucho más complejo debido a las transformaciones del nitrógeno y la disponibilidad de diversas formas de nitrógeno de este nutriente para las plantas. Se deben tener en cuenta factores como la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo, la absorción por parte del cultivo, el potencial de lixiviación, la formación de compuestos volátiles y las interacciones con otros procesos del suelo.

2.2 **Efectos del nitrógeno en el suelo**

2.2.1. *Deficiencia*

Dado que el nitrógeno desempeña un papel crucial en numerosos procesos vitales, no resulta sorprendente que su escasez tenga un impacto significativo en el desarrollo del cultivo. La carencia de nutrición en nitrógeno se refleja inicialmente en un crecimiento deficiente, donde la planta muestra una vegetación débil, desarrollo limitado y hojas pequeñas con notable rigidez. Además, tiende a presentar clorosis, exhibiendo un color amarillento o verde pálido en las hojas. Esta deficiencia conlleva un bajo contenido de proteínas y un alto contenido de azúcares, ya que el nitrógeno no es suficiente para unirse a todas las cadenas carbonadas destinadas normalmente para la formar proteínas. (Benimeli, et al., 2019 pág.2)

El nitrógeno exhibe una notable movilidad en el interior de la planta y, cuando existe un suministro inadecuado, se moviliza hacia las hojas jóvenes, lo que puede ocasionar clorosis, envejecimiento prematuro y abscisión de las hojas maduras. En muchas ocasiones, estas plantas muestran una disminución de la tasa de desarrollo radicular. La deficiencia de nitrógeno en la vegetación conduce a una maduración precoz de los frutos y una disminución en el rendimiento. (Acebedo, 2011 pág. 326)

2.2.2. Exceso

Según (Gardener, 2018 pág, 20), el uso descontrolado de nitrógeno da como resultado un crecimiento vegetativo exuberante de las plantas; las hojas se tornan de un color verde oscuro, mientras que las células de los tallos se alargan, pero tienden a ser débiles, debido a esto hace que los ápices se inclinen hacia abajo por la presión del viento o las lluvias intensas. La dosificación descontrolada de nitrógeno llega a retrasar la maduración de la planta y elevar su vulnerabilidad ante las enfermedades, especialmente fúngicas, así como a plagas, debido a que los tejidos permanecen verdes y tiernos durante un periodo prolongado.

2.3 Ciclo del Nitrógeno

Según (Whitney, et al., 1981 pág. 263), el ciclo del nitrógeno es más complejo y difícil de estudiar que el de fósforo o carbono. Parte de la dificultad proviene de la falta de un trazador radioactivo útil y de las dificultades tecnológicas asociadas con el uso del isótopo estable, ^{15}N . Una de las características más importantes del ciclo del nitrógeno es que unos pocos grupos de microorganismos llevan a cabo algunas de las transformaciones clave del nitrógeno.

Las plantas y las bacterias pueden transformar el nitrógeno inorgánico en forma orgánica. Aparte de la excreción de amoníaco por invertebrados, la mayoría de la conversión de nitrógeno orgánico a la forma inorgánica es un proceso mediado por microorganismos. Algunas especies de algas verde-azules y bacterias pueden fijar nitrógeno atmosférico; la nitrificación y la desnitrificación son procesos estrictamente bacterianos. (Whitney, et al., 1981 pág.263)

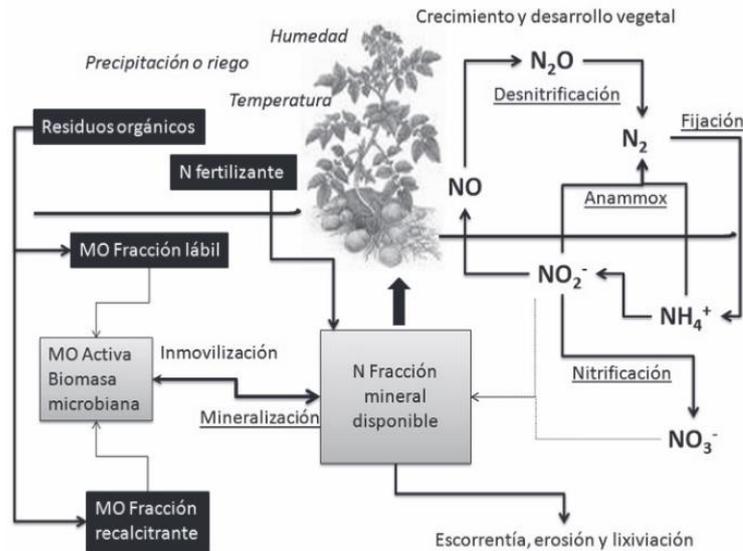


Ilustración 2-1: Relaciones entre el ciclo del nitrógeno y los compartimentos orgánicos y minerales.

Fuente: (Rincón, et al. 2012 pág. 287)

La distribución de estos procesos puede resumirse en la forma siguiente:

2.3.1. Ganancias de nitrógeno (N) por el suelo

Mantener una estructura estable de la comunidad microbiana del suelo es crucial para preservar el potencial de producción del suelo y la salud general del mismo. Varias estrategias de adición de nitrógeno (N) inducen cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo que se correlacionan con alteraciones en la estructura de la comunidad microbiana y la abundancia parcial de microorganismos, mostrando así diferencias en las eficiencias de uso de carbono y nitrógeno. La formación de una estructura de comunidad microbiana adecuada puede mejorar la utilización de fertilizantes de N y resultar en rendimientos aumentados al mismo tiempo que se reduce la fertilización con N. (Jianghua Tang, 2023 pag. 2)

2.3.2. Fijación biológica de N atmosférico por microorganismos.

Los microorganismos benéficos presentes en los fertilizantes microbianos promueven la absorción mineral a través de su propio metabolismo, mejoran la fijación de nitrógeno, mejoran el entorno de vida de los cultivos y reducen su dependencia de los fertilizantes químicos. En cuanto al impacto de los fertilizantes microbianos en la salinidad, muestran un rendimiento notable en tierras agrícolas salinas al reducir la evaporación del agua desde la capa superficial del suelo e inhibir la acumulación de sal en la capa superficial afectada por el flujo de agua. Como

resultado, esto contribuye a la disminución de la salinidad del suelo. El fertilizante microbiano seleccionado en este estudio tiene un contenido de materia orgánica que supera el 60%, lo que mejora la absorción y utilización de nutrientes por parte de los cultivos al tiempo que mejora la estructura del suelo. (Zhao, et al., 2023 pág.2)

2.3.3. Deposiciones de N desde la atmósfera.

La conexión entre la emisión de nitrógeno atmosférico (N) y el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas es significativa para la protección del paisaje en relación con los recursos. La cantidad generalmente desconocida de deposición de nitrógeno atmosférico tiene un gran impacto en los balances de nitrógeno y en la lixiviación de nitrógeno en las aguas subterráneas. El uso agrícola de la tierra y el impacto de la deposición atmosférica de Nitrógeno afectan los balances de Nitrógeno del paisaje y el riesgo de lixiviación de Nitrógeno en las aguas subterráneas. (Meyer, et al., 2008, pag. 2)

2.3.4. Transformaciones del nitrógeno (N) en el suelo

2.3.4.1. Amonificación

Según (Benimeli., et al. 2019 pág. 3), es un proceso de degradación bioquímica de proteínas y otros compuestos nitrogenados complejos, transformándolos en aminoácidos y aminas.

(Nyborg., et al., 2008), indican que el impacto del bajo pH del suelo y la aplicación de cal en la amonificación del nitrógeno no está completamente definido. Algunos estudios sugieren que suelos ácidos liberan menos nitrógeno mineral que los neutros, y la aplicación de cal puede incrementar esta liberación, aunque se ha observado una disminución después de 3 a 5 años. Este aumento inicial puede ser significativo en suelos recién cultivados. En un estudio de incubación de 120 días, se observó un 1.6% de liberación de nitrógeno total sin cal y un 3.5% con cal. Experimentos de campo mostraron un aumento de 15 a 42 kg ha⁻¹ en la absorción de nitrógeno por parte de la avena en el primer año después de aplicar cal, pero los efectos a corto plazo en nitrógeno mineral en suelos con diversas historias de cultivo no están completamente claros. (pág. 1372)

2.3.4.2. Nitrificación

Según (Benimeli., et al. 2019 pág. 3), manifiesta que, es la oxidación bioquímica del amonio a nitrato.

La nitrificación suele ralentizarse cuando el pH del suelo es inferior a aproximadamente 6.0 o 6.5. La tasa de nitrificación en suelos ácidos varía de un suelo a otro, pero generalmente es insignificante cuando el pH del suelo es 4.5 o menos. Un experimento de incubación con enmiendas de cal en 40 suelos ácidos (pH de 4.0 a 5.6) de la Región del Peace River mostró aumentos significativos de la nitrificación en la mayoría de los suelos, pero falta información sobre el efecto de la cal en la nitrificación en el campo. La tasa de nitrificación afecta las proporciones de amonio y nitrato presentes en el suelo, y a su vez, el crecimiento de las plantas cultivadas puede estar influenciado por esas proporciones. (Nyborg, et al., 2008 pág. 1373)

2.3.5. Pérdidas de N desde el suelo

- Denitrificación: proceso de reducción bioquímica de nitratos en condiciones anaeróbicas.
- Volatilización de amoníaco: ocurre principalmente en suelos alcalinos, cálidos y húmedos.
- Lixiviación de nitratos: movimiento de nitratos hacia capas más profundas del suelo.
- Asimilación de nitratos por plantas superiores: extracción de nitratos por cultivos y otras plantas.
- Fijación de amonio por arcillas: retención de amonio por parte de las arcillas presentes en el suelo. (Benimeli, et al. 2019 pág. 5)

2.4 Úrea

(Tucker y Hagin, 1982 pág. 28), manifiesta que, la urea $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ contiene aproximadamente un 45% de nitrógeno, lo que la convierte en el fertilizante sólido de nitrógeno más concentrado. En la última década, ha ganado importancia como fertilizante nitrogenado. Esta ganancia se debe a varias razones, además de su alta concentración de nitrógeno. La urea se comercializa ampliamente en el mercado mundial de fertilizantes. Se puede transportar fácilmente sin las restricciones explosivas asociadas con su competidor más cercano, el nitrato de amonio. Además, la urea no es tan corrosiva como el nitrato de amonio y se mezcla bien con fosfatos y potasa, especialmente en forma granular.

2.5 Cultivo de haba

El haba, siendo una leguminosa, tiene una amplia distribución que abarca países como: Asia Central, el norte de África, la región del Mediterráneo y Europa. No obstante, debido a la extensión de su cultivo, se cree que su origen se encuentra en Asia Central, en la parte de norte de África. (Humberth, y Cajachagua, 2014 pág. 9)

Según (Göl, et al , 2017 pág. 992) el haba (*Vicia faba* L.) fue domesticada en el Levant, donde se encuentran evidencias arqueológicas de su cultivo que datan del décimo milenio a.C. La cultivación de habas se extendió a Anatolia y luego a Europa a través de la costa mediterránea, y a China a través de Mesopotamia.

2.5.1 Clasificación taxonómica

Los expertos en clasificación biológica han categorizado las especies de plantas según su nivel de desarrollo, especialización y complejidad. La denominación científica del haba establece su conexión con la familia *Fabaceae*; los demás aspectos de su clasificación taxonómica se derivan de características como la formación de flores, la estructura de la vaina, y las particularidades de la planta y su semilla.

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del haba (*Vicia faba* L.)

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Tribu:	Fabeae

Género: *Vicia*

Especie: *V. faba*

Fuente: INFOAGRO, (2015)

Realizado por: García, M., 2024

2.5.2 *Descripción botánica*

2.5.2.1 *Sistema radicular*

El cultivo se caracteriza por un sistema de raíces giratorio, que a menudo se desarrolla significativamente. La raíz principal es fuerte, profunda y lignificada, y las raíces secundarias están relativamente desarrolladas y forman un hábitat para las bacterias nitrificantes en los nódulos de las raíces. (Atacusi, 2015 pág. 12)

2.5.2.2 *Tallo*

La planta de haba presenta varios tallos que emergen del cuello de la planta, los cuales tienen una forma cuadrangular y una longitud promedio de 1.50 metros. Estos tallos son huecos, con entrenudos y carecen de vellosidades. Su pigmentación varía desde el verde hasta el verde rojizo, tornándose negro una vez que están secos. El número de tallos está determinado por la variedad de la planta. (Atacusi, 2015 pág. 12)

2.5.2.3 *Hojas*

Las hojas que conforman el cultivo de haba tienen formas ovaladas y anchas, algunas tienen bordes dentados mientras que otras no tienen estos bordes; están estructuradas por tres pares de folíolos, con una textura ligeramente carnosa y de color verde grisáceo. (Paucar, 2014 pág. 10)

2.5.2.4 *Flores*

Las flores del haba son simétricas en ambos lados, con 2 a 12 flores en racimos. Presentan un pétalo más desarrollado, formando una flor bípeda con antera o pistilo, brácteas laterales y pétalos inferiores que conforman la quilla. Los colores son blancos, crema o azul, con manchas en las alas. Los estambres tienen una mancha colorida en la base. El cáliz es tubular, verde, con 5 sépalos y 5 lóbulos. Las anteras tienen 10 estambres, 9 fusionados en un tubo alrededor del pistilo. El ovario es cilíndrico y comprimido lateralmente, con estigma filiforme. (Perugachi, 2017 pág.2)

2.5.2.5 *Fruto*

El fruto del cultivo de haba es una vaina dehiscente, flexible y compacta, que se abre en dos partes (valvas), con dimensiones de 5 a 10 centímetros de largo. Contiene de 8 a 10 semillas, esto depende de la variedad. Presenta una textura aterciopelada, con una coloración que va desde el verde hasta el gris verdoso, y al momento de madurar, las vainas se tornan de color negro. Las semillas de haba tienen un diámetro de 1 a 2 centímetros, son de color blanco verdoso, y una vaina se puede encontrar de 2 a 9 semillas, según la variedad. (Torres, et al. 2015 pág. 3)

2.5.3 *Fases de desarrollo*

2.5.3.1 *Fase V0: germinación*

La aparición comienza cuando las primeras hojas de haba aparecen sobre el suelo. Se considera que la planta está en esta etapa cuando el 50% de la cosecha tiene sus primeras hojas sobre el suelo. Posteriormente aparece otro conjunto de hojas en el tallo principal, el cual comienza a expandirse, comenzando desde la parte más baja del suelo y así sucesivamente, diferentes conjuntos de hojas destacan y se expanden por completo. (Aldana, 2010, pág. 12)

2.5.3.2 *Fase V1: emergencia*

La formación de las primeras hojas se presenta a los pocos días posteriores a la fase de emergencia, dichas hojas realizan el proceso de fotosíntesis para que las plantas realicen otros procesos. En haba las primeras hojas se van formando desde las partes más bajas del suelo. (Aldana, 2010, pág. 13)

2.5.3.3 *Fase V2: formación de primeras hojas*

La formación de tallos en el haba se origina a partir de un corto rizoma denominado "Corona", el cual sostiene varios tallos o cañas que crecen a una altura promedio de un metro, pudiendo alcanzar casi dos metros en algunas variedades y en suelos de alta fertilidad. El número de tallos por planta varía según la variedad de haba sembrada, la fertilidad y la profundidad del suelo, así como el sistema topológico de siembra empleado. (Aldana, 2010, pág. 13)

Las habas, al igual que muchos otros cultivos que producen varios tallos, tienen un tallo principal y varios tallos secundarios, que se conocen como macollos. La estructura del tallo principal y los macollos es idéntica. El tallo principal se origina desde el embrión, mientras que los macollos se

originan en la corona, directamente del tallo principal o de otros macollos. Los tallos de las habas son erectos y tienen una forma cuadrangular. Están compuestos por nudos y entrenudos. Después de la fase de amacollamiento, sigue la etapa de alargamiento de tallos, en la cual los entrenudos se desarrollan y se vuelven más extensos. En los nudos del tallo principal y los macollos es donde se agrupan en racimos las flores, seguidas por las vainas y finalmente los granos de haba. (Juárez, 2018, pág 10)

2.5.3.4 Fase V3: formación de tallos (amacollamiento)

La formación completa de los tallos del haba está influenciada por los procesos que se dan en etapas previas a su desarrollo. Al igual que en otras plantas, los tallos del haba están compuestos por nudos y entrenudos. Los meristemas situados en los nudos son los encargados de la formación de los entrenudos, que en conjunto generan los tallos. El crecimiento de estos tallos depende también de la disponibilidad de nutrientes. (Juárez, 2018, pág 10)

2.5.3.5 Fase V4: elongación de tallos

Las habas desarrollan racimos de flores en los nudos del quinto al doceavo nudo del tallo, surgiendo en las axilas de las hojas con una longitud de 3 a 4 cm. La floración progresa de abajo hacia arriba en los tallos y dura entre 15 y 30 días. La corola, compuesta por sépalos, estandarte, alas y pétalos formando la quilla, favorece la autopolinización y protege contra la polinización cruzada. La viabilidad del polen varía con la temperatura, siendo limitada a temperaturas superiores a 30 °C y aumentando a 15 °C. La fertilización ocurre aproximadamente 24 horas después de la polinización. La competencia de la morfofisiología puede llevar a que muchas flores y vainas no se desarrollen completamente al final del ciclo de siembra. (Juárez, 2018, pág 11)

2.5.3.6 Fase R5: formación de flores

En las habas, los racimos florales se originan en los nudos del quinto al doceavo nudo del tallo, brotando en las axilas de las hojas con dimensiones de 3 a 4 cm. La floración sigue una dirección de abajo hacia arriba en los tallos, con una duración de 15 a 30 días por cada formación de flores. Los estigmas son receptivos desde días previos a la apertura floral hasta que el pétalo estándar pierde turgencia, un proceso de hasta cinco días. (Aldana, 2010, pág. 14)

También (Aldana, 2010, pág. 14) menciona que, la corola, con sépalos, estandarte, alas y pétalos formando la quilla, facilita la autopolinización y protege contra la polinización cruzada. La

viabilidad del polen varía según genotipos y entorno (Morales, et al., 2002, pág.185). A temperaturas superiores a 30 °C, la viabilidad del polen es limitada, mientras que a 15 °C aumenta, pudiendo sobrevivir varios días. La fertilización de las habas se produce aproximadamente 24 horas después de la polinización.

2.5.3.7 Fase R6: formación de vainas

La vaina del haba se diferencia por ser compacta y dehiscente, ya que la semilla tiene la capacidad de abrirse en dos valvas, debido a que esta estructuralmente conformada de esta manera. Es de textura flexible y tiene una tonalidad verde, mientras que en su interior es de color blanco, con una estructura aterciopelada que envuelve la semilla. A medida que la semilla madura, esta estructura aterciopelada se endurece. Las semillas que contiene van de 8 a 10, así mismo la longitud que presenta varía de 5 a 20 cm de acuerdo a la variedad y nutrición proporcionada. (Aldana, 2010, pág. 16)

2.5.3.8 Fase R7: formación de granos

Las semillas están formadas principalmente de dos cotiledones de forma alargados, mismos que presentan un peso de 200 a 2000 miligramos cada una al término del proceso de formación. Las semillas presentes en las vainas varían de 2 a 5, esto depende de la variedad, así mismo varía el color, forma y tamaño: al cosechar el haba cuando está en estado fresco, tiene un color verde y presenta una forma aplanada con una superficie lisa. Las variaciones de coloraciones se presentan al cosechar el haba en seco, varía en una coloración blanca, amarilla y morada; mientras que su capacidad germinativa es de hasta 10 años y germinan en un promedio de 10 días después de haberlas sembrado, dependiendo de las condiciones de humedad del terreno. (Juárez, 2018, pág 14)

2.5.3.9 Fase R8: llenado de granos

Este proceso se observa cuando al menos el 50% de la planta presenta estructuras de vainas, que surgen después de la polinización de las flores. Las vainas experimentan un crecimiento activo de los granos en su interior, marcado por el desarrollo de las suturas que unen las valvas y la forma de las semillas mediante abultamientos externos. El máximo desarrollo se alcanza entre 35 y 45 días después de la floración, junto con el peso máximo. Este periodo señala el momento de cosecha para la producción en verde, que los agricultores comercializan, prefiriendo semillas

seleccionadas basadas en el tamaño de las vainas y la aceptación del consumidor. (Juárez, 2018, pág 15)

2.5.3.10 Fase R9: maduración, ennegrecimiento y secado de las vainas

Este proceso marca la última fase del desarrollo de las leguminosas, considerándose la cosecha madura cuando el 50% cambia de color, con vainas volviéndose negras y semillas endureciéndose. Durante la maduración, las vainas adquieren características varietales como color (blanco, amarillo o morado) y atributos específicos. A medida que las vainas ennegrecen, las hojas caen y la planta pierde humedad hasta desaparecer. La cosecha óptima ocurre cuando las semillas retienen un 15% de agua, exhibiendo sus características específicas de color y formación. (Juárez, 2018, pág 16)

2.5.3.11 Fase R10: desenvainado

Este proceso se realiza posterior a la recolección de las vainas secas que se encuentran en el campo, posteriormente se realiza otro secado para eliminar totalmente la humedad de la vaina y se retira las vainas obteniendo solo las semillas, para que posteriormente se almacenen o bien sean comercializadas (Díaz, 2008). Al momento de almacenar las semillas se recomienda verterlo en un contenedor oscuro, para evitar la oxidación proporcionada por la humedad del ambiente. (Juárez, 2018, pág 17)

2.5.4 Manejo agronómico

2.5.4.1 Preparación del suelo

Según (INIAP, 2015, pág. 4), durante la preparación del suelo, se debe realizar una serie de operaciones como el arado, el rastrillado y el surcado, con el propósito de evitar el ciclo biológico de ciertas plagas y aumentar la productividad del cultivo. Se recomienda realizar un análisis completo de suelo para observar alguna deficiencia nutricional. En cuanto al arado debe ser a una profundidad de 25 a 30cm, seguido de uno o dos pasos de rastrillado, según las características y las condiciones del terreno.

Para la separación entre surcos es recomendable una distancia de 80cm, con un espacio de 50-60cm entre plantas. Se aconseja llevar a cabo al menos dos rondas de deshierbe durante el ciclo, la primera a los 30-35 días y la segunda a los 60 días después de la siembra. El aporque, que

implica mover el suelo y acumular tierra en el contorno de la base de los sitios donde se encuentran las plantas, se realiza durante el segundo deshierbe y antes de la floración, cuando las plantas alcanzan una altura de 30-40 cm. (Chambilla, 2011, pág.4)

2.5.4.2 Aporque

El aporque se ejecuta con el propósito de proporcionar soporte a las plantas contra ciertos factores como el viento, para controlar las malezas y de este modo previniendo la pérdida de humedad del suelo, además de favorecer a la aireación de este. Se aconseja realizar el aporque antes de que las plantas entren en la fase de floración, con la finalidad de evitar la caída prematura de las flores. (Yáñez, 2013, pág. 11)

2.5.4.3 Riego

Antes de sembrar, se sugiere que el suelo se encuentre suficientemente humedecido. Durante el periodo de macollamiento, se recomienda aplicar un riego ligero. Durante el periodo de floración y el proceso de formación de las vainas, es necesario proporcionar cantidades significativas de agua, ya que el cultivo requiere de grandes cantidades. Durante el llenado de vainas, el riego debe ser constante debido a la gran necesidad de agua que presenta el cultivo durante esta fase. (Atacusi, 2015, pág.11)

(Peralta, et al., 2010, pág.3), manifiesta que, el cultivo de haba se desarrolla principalmente en condiciones de secano o temporal, además este requiere aproximadamente 800 mm de lluvia distribuida a lo largo del ciclo del cultivo. Sin embargo, al presentarse un exceso de precipitación puede ocasionar asfixia, frenar el crecimiento y generar la pudrición de raíces. Es de gran importancia que los suelos estén bien drenados y que los surcos se tracen curvas de nivel para evitar problemas de encharcamiento. En caso de disponer de agua de riego, se puede utilizar de manera adecuada sin causar mucha acumulación de agua.

2.6 Características agronómicas de la variedad INIAP 442 Sultana

2.6.1 Adaptación

La variedad INAP 442 sultana es recomendable para la siembra en las provincias pertenecientes a la Sierra ecuatoriana, específicamente entre altitudes que van desde los 2600 hasta los 3400 metros. Esta variedad prefiere suelos arcillosos, limosos y francos que presenten un buen drenaje.

Es importante destacar que, durante el ciclo del cultivo, se encuentre con precipitaciones de al menos 700 mm. Asimismo, las temperaturas ideales para el cultivo oscilan entre los 11 y 16 °C. (FIASA, 2023, pág. 2)

2.6.2 *Características Morfológicas y agronómicas*

Las características morfológicas y agronómicas se describen en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Características morfológicas y agronómicas de la variedad INIAP 442 SULTANA

Características	Descripción
Color de hilum en el grano	Blanco
Altura promedio de planta	121 cm
Longitud promedio de vaina tierna	13.0 cm
Longitud promedio del grano tierno	3.01 cm
Ancho promedio del grano tierno	2.13 cm
Nº de vainas por planta	15 a 40
Nº de granos por vaina	3
Rendimiento promedio de vaina verde	21.14 t ha ⁻¹
Rendimiento promedio de grano tierno	9.76 t ha ⁻¹
Rendimiento promedio de grano seco	2.20 t ha ⁻¹
Peso de 100 granos tiernos	468.13 g
Peso de 100 granos secos	213.91 g
Días promedio a la floración	74
Días promedio a cosecha en tierno	175
Días promedio a cosecha en seco	220

Fuente: FIASA, (2023, pág. 2)

Realizado por: García, M., 2024

2.6.3 *Importancia nutricional y económica*

El cultivo de haba es una leguminosa de gran importancia en los sistemas productivos de pequeños y medianos agricultores de la Sierra ecuatoriana. Esta se destaca por su alto contenido proteico, que se encuentra entre el 9% y 11% en estado tierno, y entre 23% y el 25% en estado seco. Este cultivo desempeña un papel crucial en la alimentación de diversas comunidades tanto rurales como urbanas. Alrededor del 70% de la producción se destina al consumo en estado verde o

tierno, mientras que el resto se utiliza en forma de grano seco, principalmente para la elaboración de harinas y productos confitados. (FIASA, 2023, pág.2)

2.6.4 Enfermedades y plagas

2.6.4.1 Enfermedades del cultivo de haba y su control

El cultivo de haba, en general, es resistente, pero se encuentra vulnerable a algunos patógenos que tienen el potencial de causar daños económicos significativos. Entre los más relevantes se encuentran la Mancha Chocolateada (*Botrytis fabae*), Roya (*Uromyces fabae*) y Oidio (*Erysiphe polygoni*). (Acuña, 2008, pág. 50)

En la tabla 2-3 se describen las diferentes enfermedades reconocidas que atacan al cultivo de haba.

Tabla 2-3: Listado de enfermedades reconocidas que afectan al cultivo del haba

AGENTE CAUSAL	SÍNTOMAS
Mancha de ascochita (<i>Ascochyta fabae</i> , <i>Ascochyta pisi</i>)	Aparecen manchas de forma circular en hojas, tallos y vainas, con un tono café, un área central más clara y un margen oscuro. Estas lesiones muestran una ligera depresión y se caracterizan por la presencia de pequeñas estructuras esféricas conocidas como picnidios.
Tizón (<i>Botrytis cinérea</i>)	Lesiones foliares de tono gris plomizo, extensas y sin límites definidos, también se encuentran presentes en hojas, tallos y vainas. Además, se observa oscurecimiento, marchitez y fallecimiento de la porción superior del tallo.
Mancha chocolateada (<i>Botrytis fabae</i>)	Manchas circulares, café chocolate o café rojizo, cuyas dimensiones son de 1 a 3 mm, levemente hundidas y con bordes delimitados, en hojas y vainas. Manchas similares alargadas en tallos. Tizón en las flores.
Cercosporiosis (<i>Cercospora zonata</i> sin. <i>Cercospora viciae</i>)	Manchas foliares necróticas, café a grisáceas, anilladas, dimensiones de hasta 13 mm, con centro de tono gris claro. Clorosis, necrosis del follaje y defoliación. Tallos con manchas elongadas, deprimidas, con centro gris y bordes café grisáceo, igualmente en pecíolos.
Antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>)	Manchas foliares café, necróticas. Necrosis de venas. Manchas rojizas, deprimidas, con borde oscuro en las vainas. Manchas cafés y alargadas en tallos.

Oidio (<i>Erysiphe polygoni</i> sin. <i>Erysiphe pisi</i> , anam. <i>Oidium</i> sp.)	Se presenta en forma de un micelio de aspecto polvoriento y blanco en la parte superior de las hojas, ocasionalmente en brotes y vainas. Este fenómeno se asocia con la necrosis de las hojas y la pérdida temprana de las mismas.
Caída, pudrición radicular (<i>Fusarium</i> spp. <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium oxysporum</i>)	Las plantas muestran síntomas de clorosis, marchitez, amarillamiento prematuro y secado de las hojas. Se observa pudrición seca y necrosis en la región del cuello y las raíces. Además, hay una pérdida de plántulas tanto en la fase previa como posterior a la emergencia.
Tizón, mancha foliar (<i>Phoma medicaginis</i> var. <i>Pinodella</i>)	Hojas con pequeñas manchas circulares, de color café oscuro a negro, con bordes definidos, a veces en tallos.
Pudrición del tallo (<i>Pseudomonas marginalis</i> pv. <i>Marginalis</i>)	Amarillez y menor desarrollo de plantas, con pudrición acuosa de la base de tallos y necrosis posterior.
Pudrición negra de la raíz (<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Rizoctoniasis</i>)	Plantas con clorosis y necrosis del follaje asociada a pudrición necrótica y lesiones de color café oscuro en parte basal del tallo y raíces
Caída de plántulas (<i>Phialophora</i> sp. <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Rhizopus</i> sp.)	Las plántulas experimentan pérdida tanto antes como después de la emergencia. Se observa clorosis y necrosis en las hojas de las plántulas, con lesiones de color café oscuro en la parte basal del tallo y en las raíces. Además, se nota un ennegrecimiento de las raíces.
Esclerotiniosis (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)	Las plantas muestran síntomas de marchitez y secado, vinculados a la pudrición en la base del tallo y las raíces. Se observa el crecimiento de micelio blanco y la formación de esclerocios negros, duros y de forma irregular.
Roya (<i>Uromyces fabae</i> sin. <i>Uromyces viciae-fabae</i>)	Aparecen pústulas (uredosoros) de tono café rojizo en hojas, tallos y vainas. Se observan pústulas negras en plantas ya maduras (teleutosoros).
Alfalfa mosaic virus (AMV) Bean common mosaic virus (BCMV) Mosaico común del frejol Bean yellow mosaic virus (BYMV) Mosaico amarillo del frejol Cucumber mosaic virus (CMV) Virus del mosaico del pepino	Las plantas muestran un patrón de mosaico y moteado con tonos amarillos y verdes en las hojas. Se observa clorosis entre las venas y un encarrujamiento de la lámina foliar. También se evidencia un acortamiento de los entrenudos y una distorsión o encarrujamiento generalizado de las hojas.

Fuente: (Acuña, 2008, pág 50)

Realizado por: García, M., 2024

2.6.4.2 Control de enfermedades del haba

Tabla 2-4: Ingredientes activos y productos comerciales para enfermedades de haba

ENFERMEDAD	PATÓGENO	INGREDIENTE ACTIVO
Esclerotiniosis	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Azoxistrobina
		Benomilo
		Iprodiona
Fusariosis	<i>Fusarium spp.</i>	Benomilo
		Fludioxonil/Mefenoxam
Mancha de chocolate	<i>Botrytis fabae</i>	Azoxistrobina/Clorotalonio
		Mancozeb
Mancha de ascochita	<i>Ascochyta fabae</i>	Azoxistrobina
		Azoxistrobina/Clorotalonio
		Benomilo
		Difeconazol
		Mancozeb
		Tebuconazol
Oidio	<i>Eryphe polygoni</i>	Azoxistrobina
		Benomilo
		Difeconazol
		Tebuconazol
		Triadimefon
Putridion de raíces	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Benomilo

Fuente: (SAG, 2022)

Realizado por: García, M., 2024

2.6.4.3 Plagas del cultivo de haba y su control

- **Mosca minadora** (*Liriomiza sp.*)

El daño es ocasionado por el estado larval de este insecto, comportándose como una plaga clave, produce defoliación, perjudicando grandemente los rendimientos, y en casos extremos llega a destruir semilleros, los problemas suelen surgir cuando no se realizan los controles pertinentes y oportunos. (INIA, 2013, pág. 2). Aplicar Dimetoato en dosis de 300 cc por hectárea. (FIASA, 2023, pág.1)

- **Trips sp** (*Frankliniella occidentalis*)

Los insectos pequeños que se encuentran dentro de la flor y se alimentan del ovario fecundado pueden provocar la caída de las flores. (INIA, 2013, pág. 2). Para controlar esta plaga, se recomienda aplicar Spinosad en una dosis de 150 cc por hectárea o Imidacloprid en una dosis de 600 cc por hectárea. (FIASA, 2023, pág 1)

- **Sitona** (*Sitona lineatus L.*)

Es un escarabajo que causa daño al momento de roer los bordes de las hojas, dejándolas con un aspecto ondulado. En esta etapa, el insecto es considerado de gran importancia para los productores, debido a que los daños son visibles a simple vista. Por otro lado, las larvas de este escarabajo habitan en el suelo, donde pueden dañar los nódulos de las raíces y disminuir su capacidad para fijar nitrógeno, lo que tiene consecuencias en el desarrollo de la planta. (Juárez, 2018, pág. 35)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Características del sitio experimental

La investigación se llevó a cabo en la localidad de Puculpala ubicada en el cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo, la información detallada sobre la investigación se presenta en los siguientes apartados.

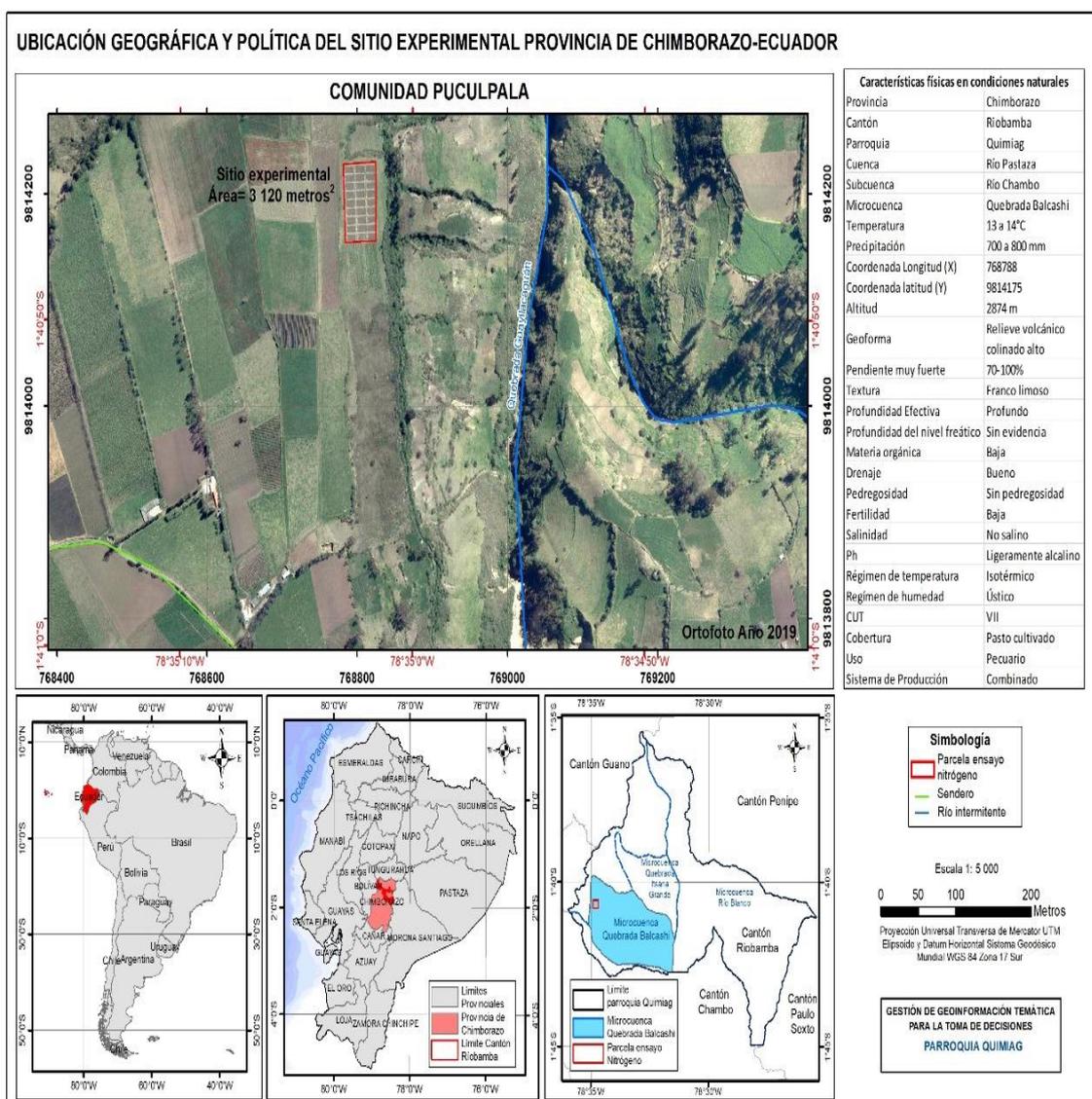


Ilustración 3-1: Características del sitio experimental en donde se implementó la investigación sobre el manejo de Nitrógeno en el cultivo de haba. Comunidad Puculpala, microcuenca de la Quebrada Balcashí, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024.

Realizado por: García, M., 2024.

El sitio experimental está ubicado en la provincia de Chimborazo, específicamente en el cantón Riobamba, parroquia Quimiag, en la comunidad Puculpala, a una altitud de 2874 msnm, sus coordenadas de longitud son 768788 O y de latitud 9814175 S.

La clasificación de la taxonomía de suelos del sitio experimental tienen que ver con el orden de Andisoles, suborden Udands, gran grupo Haplustands y subgrupo ThapticHaplustands.

Las características agroclimáticas del sitio experimental corresponden a una zona climática Mesotérmino semihúmedo, con una temperatura de 13 a 14 °C, precipitación de 700 a 800 mm, humedad relativa de 50 a 70% y una pendiente de 50%.

De acuerdo con lo manifestado por (Cañadas, 1983, pág.52), el sitio experimental está ubicado en la categoría ecológica conocida como Montano bajo.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. *Material experimental*

Haba (*Vicia faba* L.) variedad INIAP 442 SULTANA.

Dosis de Nitrógeno (0, 15, 30, 45 y 60 kg ha⁻¹)

3.2.2. *Materiales*

3.2.2.1. *Materiales de campo*

Azadón, estacas, piola, combo, botas, fungicidas, insecticida, bomba de mochila, fundas, tanques, manguera de riego, aspersores, balanza, guantes.

3.2.2.2. *Materiales de oficina*

Computadora, cámara fotográfica, GPS, esfero gráfico, papel, calculadora.

3.3. Metodología

3.3.1. Factores en estudio

Los factores en estudio del ensayo fueron las dosis de nitrógeno que se aplicaron a cada una de las parcelas acorde a sus tratamientos.

3.3.2. Unidad Experimental

La unidad experimental se detalla en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Especificaciones de las unidades experimentales

Especificaciones	Observaciones
Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	15
Área total de la parcela	72 m ² (12 m x 6 m)
Área total del ensayo	1295 m ² (35 m x 37 m)

Realizado por: García, M., 2024

3.3.3. Tratamientos

Tabla 3-1: Niveles de Nitrógeno en kg ha⁻¹ aplicados al cultivo de haba. Comunidad Puculpala, microcuenca de la Quebrada Balcashí, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024.

Tratamientos	kg ha⁻¹ de N
T ₁	0
T ₂	15
T ₃	30
T ₄	45
T ₅	60

Realizado por: García, M., 2024

3.3.3.1. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres repeticiones por cada tratamiento evaluado en el estudio.

3.3.3.2. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) para examinar la significancia estadística de los resultados obtenidos en estudio. (Tabla 3-6).

Tabla 3-2: Esquema del análisis de varianza. Comunidad Puculpala, microcuenca de la Quebrada Balcashí, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total (r x t - 1)	14
Bloques (r - 1)	2
Tratamientos (t - 1)	(4)
Polinomio N Lineal	1
Polinomio N Cuadrático	1
Polinomio N Cúbico	1
Polinomio N Cuártico	1
Error experimental (r - 1) (t - 1)	8

Realizado por: García, M., 2024

3.3.3.3. Análisis funcional

Después de identificar las diferencias significativas en el análisis estadístico entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al nivel de significancia del 5%. El propósito de esta prueba fue comparar los promedios de los tratamientos entre sí.

3.3.3.4. Análisis económico

En este análisis se utilizó la metodología del Análisis Económico de Presupuesto Parcial propuesto por el (CIMMYT, 1988, pág. 93), que establece tres pasos a seguir: 1) Análisis de Presupuesto Parcial, 2) Análisis de Dominancia, y, 3) Tasa de Retorno Marginal.

Para el Análisis de Presupuesto Parcial, se tomó en consideración el Rendimiento Neto del haba medido por hectárea en el campo, menos las pérdidas por cosecha, y se expresó en $t\ ha^{-1}$. El Beneficio Bruto fue el producto del Rendimiento Neto del haba tierna ($t\ ha^{-1}$) multiplicado por el precio del haba tierna que fue de $400\ USD\ t^{-1}$. El Costo que Varía fue la suma de los costos de las dosis de fertilización de N de acuerdo con los tratamientos en estudio, así como del uso de la mano de obra utilizada para aplicar las dosis de N, y se expresó en $USD\ ha^{-1}$. En el Análisis de Presupuesto Parcial el Costo que Varía se refiere únicamente a las dosis de fertilización de N y a la mano de obra utilizada para su aplicación, mismas que fueron seleccionadas para el estudio. El Beneficio Neto se obtuvo de la diferencia entre el Beneficio Bruto menos el Costo que Varía, y se expresó en $USD\ ha^{-1}$.

El Rendimiento Neto de haba obtenido por cada tratamiento en estudio, relacionado con las dosis de fertilización de N de tratamientos en estudio, durante el período de análisis, así como el Beneficio Bruto y Neto y el Costo que Varía, fueron sometidos a un Análisis de Dominancia (CIMMYT, 1988, pág. 93). Este análisis consistió en evaluar el Beneficio Neto y el Costo que Varía de cada tratamiento para clasificarlos como tratamientos dominados y no dominados, siendo los últimos fueron los que presentaron los mayores beneficios a costos menores. Esta selección de los diferentes tratamientos es el que produce el mayor Beneficio Neto a una Tasa de Retorno Marginal mínima aceptable (100%), considerando el costo de oportunidad del dinero y la aversión al riesgo (Flores, et al, 1999). Se dice que una alternativa domina a otra cuando la primera tiene Beneficio Neto más alto e igual o más bajo Costo que Varía que la segunda alternativa en comparación.

Para obtener la Tasa de Retorno Marginal se estimó el Incremento Marginal en Beneficio Neto y el Incremento Marginal en el Costo que Varía, que representaron la diferencia de Beneficio Neto entre dos tratamientos no dominados y la diferencia del Costo que Varía entre dos tratamientos no dominados. Finalmente, la Tasa de Retorno Marginal se estableció al dividir el Beneficio Marginal Neto entre el Costo Marginal que Varía (calculado solamente para alternativas no dominadas), y se expresó en porcentaje (%).

3.4. Variables y métodos de evaluación

3.4.1. Agronómicas

3.4.1.1. Porcentaje de germinación

Para la determinación del porcentaje de germinación, se contabilizó los sitios dentro de cada bloque donde germinaron las plantas de haba. Una vez contados los sitios en cada bloque, se realizó una regla de tres considerando el total de 225 sitios donde se sembraron las semillas de haba, con este dato se puede realizar el cálculo del porcentaje de germinación

3.4.1.2. Porcentaje de encame

Para la determinar esta variable, se realizó el conteo de los sitios donde observó el fenómeno de encame, lo cual se conoce como la caída de la planta al suelo, total o parcial. Estos sitios están conformados por un solo sistema radicular y varios tallos basales. Para facilitar el proceso, se consideró la densidad de siembra, que proporciona un total de 225 sitios por metro cuadrado. Una vez obtenido el número total de plantas encamadas por metro cuadrado, se procedió a calcular el porcentaje de encame por parcela.

3.4.1.3. Rendimiento

Para determinar el rendimiento se procedió a cosechar las vainas de todas las plantas de cada una de los bloques del ensayo identificando cada una de las repeticiones y tratamientos, una vez cosechadas las vainas se pesan, una vez pesado se desgranar las vainas de haba y finalmente se pesa el grano en fresco de cada tratamiento así determinando la parcela neta en kg.

3.4.2. Físico químicas

3.4.2.1. Densidad aparente

Se realizó la toma de muestras de suelo al inicio del experimento como una línea de base y al final del ciclo de cultivo en cada parcela neta. Las muestras se tomaron utilizando un barreno de densidad aparente, que consiste en un anillo de un volumen conocido, a una profundidad comprendida hasta 0.20 m. El suelo contenido en el anillo se transfirió a una caja numerada para poder ser transportada al laboratorio. En el laboratorio, todas las muestras contenidas en las cajas

fueron pesadas y colocadas en la estufa a 105 °C durante 24 horas para determinar el peso seco; los datos se expresaron en unidades de Mg m⁻³. (Alvarado, et al., 2000: págs. 5-58).

$$DA = \frac{Ms}{Vt}$$

En donde:

Da= Densidad aparente (Mg m⁻³).

Ms= Masa de suelo seco (Mg).

Vt= Volumen total (m³).

3.4.2.2. Nitrógeno total

El análisis de las muestras de suelo se realizará mediante el método Semi micro Kjeldal. Este proceso implica la digestión de la muestra con Ácido Sulfúrico y catalizadores como Sulfato de Cobre, Dióxido de Selenio y sulfato de Potasio. Durante este proceso, se generará Anhídrido Carbónico, agua, Sulfato de Amonio y Anhídrido Sulfuroso. El Sulfato de Amonio resultante será destilado y recolectado en una solución de Ácido Bórico. Posteriormente, se valorará utilizando Ácido Sulfúrico y Sulfato de Amonio, utilizando el ácido Sulfurico como reactivo de extracción. Finalmente, el sulfato de Amonio se destilará nuevamente y se recogerá en una solución de Ácido Bórico para ser valorado con Ácido Sulfúrico, empleando una mezcla de indicadores como verde bromocresol y rojo metilo. (Alvarado, et al, 2000, págs.5-58; Gilabert, et al., 1990, págs.12-16).

3.4.2.3. Carbón orgánico total

En el análisis de las muestras de suelo, se empleó el método de Walkley y Black para determinar el contenido de materia orgánica que se puede oxidar fácilmente en el suelo, expresada como un porcentaje. Tras obtener la concentración de carbono orgánico, se realizó el cálculo de la relación Carbóno-Nitrógeno para evaluar la evolución y formación del suelo, así como la disponibilidad de nitrógeno para las planta y los microorganismos. La presencia de carbono orgánico también desempeña un papel crucial en la estabilidad estructural del suelo, su capacidad de intercambio iónico y el desarrollo de microorganismos, entre otros procesos relacionados con la materia orgánica.

Se realizó la determinación utilizando una técnica de oxidación incompleta en frío del carbono, empleando una cantidad adicional de Dicromato de Potasio en medio Sulfúrico. Posteriormente, midió el exceso de Dicromato de Potasio con la sal de Morh. El reactivo utilizado consistió en

una solución de Dicromato de Potasio 1N. (Alvarado, et al, 2000, págs.5-58; Gilabert, et al., 1990, págs.12-16).

3.4.2.4. *Nitrato*

Para realizar el análisis de concentración de NO_3^- en el suelo, se llevará cabo una extracción del compuesto del suelo utilizando 40 g de suelo, al que se le añadirán 100 ml de solución de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con una concentración de 0.025F. Posteriormente, se procederá a agitar la mezcla de manera constantemente durante 30 minutos y luego se filtrará. Del filtrado resultante se tomarán dos alícuotas: una de 50 ml destinada a la determinación mediante Electrodo de Ion Selectivo (EIS) y otra de 1 ml, que será diluida hasta alcanzar los 50ml, para su posterior análisis mediante colorimetría utilizando brucina ácida. (Baker,1969, pág.802).

3.4.2.5. *Amonio*

Para la cuanificación de NH_4^+ , se procederá con el siguiente procedimiento: se tomará 10 g de suelo y se mezclarán con 100 ml de solución de una solución de cloruro de potasio (KCl) 0.1 N. Tras agitar la mezcla de forma constante durante 10 minutos, se procederá a filtrarla. Se obtendrán alícuotas de filtrado: una de 50 ml, que se empleará para la determinación mediante Electrodo de Ion Selectivo (EIS) y otra de 2 ml, que se utilizará para la determinación mediante el método colorimétrico utilizando azul de indofenol, de acuerdo a (Kempers 1974, págs.201-206).

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Variable agronómica

4.1.1.1. Rendimiento de grano tierno de haba en t ha⁻¹

En la Tabla 11-4 se observa el análisis de varianza de la variable rendimiento de grano tierno de haba en t ha⁻¹ (Anexo C). Las respuestas estadísticas altamente significativas (Pr≤0.01), se reportaron en las fuentes de variación relacionadas con los tratamientos en estudio y el polinomio ortogonal N Lineal. Diferencias estadísticas significativas (Pr≤0.05), se encontraron para los polinomios ortogonales N Cuadrático y N Cúbico, y ninguna diferencia estadística significativa (Pr≥0.05), para el polinomio ortogonal N Cuártico. Lo mencionado previamente, evidencia que el rendimiento de grano tierno de haba en t ha⁻¹, fue influenciado por los niveles de N evaluados en esta investigación.

Tabla 4-1: Análisis de varianza para el rendimiento de grano tierno de haba en t ha⁻¹.
Comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Probabilidad
Total	14		
Repeticiones	2	0.915	0.1318 ns
Tratamientos	(4)	5.164	0.0009 **
N Lineal	1	14.939	0.0000 **
N Cuadrático	1	2.907	0.0200 *
N Cúbico	1	2.634	0.0250 *
N Cuártico	1	0.174	ns
Error Experimental	8	0.347	
CV (%)		6.21	
Promedio t ha⁻¹		9.48	

** Estadísticamente: altamente significativo (P≤0.01); * significativo (P≤0.05); ns no significativo (P≥0.05).

Realizado por: García M., 2024.

El coeficiente de variación para la variable rendimiento de grano tierno de haba en t ha⁻¹ de 6.21%, demuestra que el experimento estuvo manejado acorde con lo establecido en la metodología utilizada para cada tratamiento en estudio; lo que significa que, el error experimental obtenido en

el análisis de varianza es propio de los promedios de los tratamientos con respecto al promedio general y de otros factores que se desconocen, como los procesos que se producen en el suelo, especialmente en los suelos de la Región Andina del Ecuador, en donde está inserta la comunidad de Puculpala.

Los promedios y la prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano tierno de haba en $t\ ha^{-1}$ se pueden observar en la Tabla 12-4. Tres rangos de significación, **a**, **b** y **c**, se reportaron para los tratamientos en estudio, encontrándose en el rango **a** el tratamiento T₄ (45 kg ha⁻¹ de N), en el rango **ab** los tratamientos T₃ (30 kg ha⁻¹ de N) y T₅ (60 kg ha⁻¹ de N), en el rango **bc** el tratamiento T₂ (15 kg ha⁻¹ de N) y en el rango **c** el tratamiento T₁ (0 kg ha⁻¹ de N). Los resultados señalan que el rendimiento de grano tierno de haba en $t\ ha^{-1}$, se incrementó en 43%, al pasar del tratamiento T₁ (0 kg ha⁻¹ de N) al tratamiento T₄ (45 kg ha⁻¹ de N), quien presentó el mejor rendimiento en $t\ ha^{-1}$; es decir que, al incrementar la dosis de fertilización desde 0 hasta 45 kg ha⁻¹ de N, se obtienen mejores rendimientos de grano tierno de haba.

Tabla 4-2: Promedios y prueba de Tukey al 5% para el rendimiento de grano tierno de haba en $t\ ha^{-1}$. Comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024.

Tratamientos en estudio	Rendimiento de grano tierno de haba ($t\ ha^{-1}$)
T ₁ = 0 kg ha ⁻¹ de Nitrógeno	7.81 c
T ₂ = 15 kg ha ⁻¹ de Nitrógeno	8.56 bc
T ₃ = 30 kg ha ⁻¹ de Nitrógeno	9.84 ab
T ₄ = 45 kg ha ⁻¹ de Nitrógeno	11.16 a
T ₅ = 60 kg ha ⁻¹ de Nitrógeno	10.04 ab

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($Pr \leq 0.05$)

Realizado por: García M., 2024.

Las respuestas de N Lineal y N Cuadrático del rendimiento de grano tierno de haba en $t\ ha^{-1}$ respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹ se pueden apreciar en la Ilustración 4-4. Con la función de N Cuadrático se reporta la mejor respuesta de las dosis de fertilización con N, en donde, el ajuste de los datos a ese modelo fue de $R^2 = 0.6798$, que fue mejor al valor obtenido con el modelo de N Lineal, en donde, el $R^2 = 0.5417$. El modelo de N Cuadrático muestra que la mejor respuesta del rendimiento de grano tierno de haba se consigue con la dosis de 45 kg ha⁻¹ de N, con un valor de 11.16 $t\ ha^{-1}$, llegando a 10.04 $t\ ha^{-1}$ con una dosis de 60 kg ha⁻¹. Los resultados obtenidos indican que la aplicación de N hasta 45 kg ha⁻¹ es la mejor respuesta en

términos de rendimiento de grano tierno de haba, dosis superiores a ésta presenta rendimientos decrecientes, por lo que se recomienda no seguir aplicando mayor cantidad de N, ya que los que hagan uso de esta tecnología harán egresos innecesarios para obtener mejores rendimientos de grano tierno de haba.

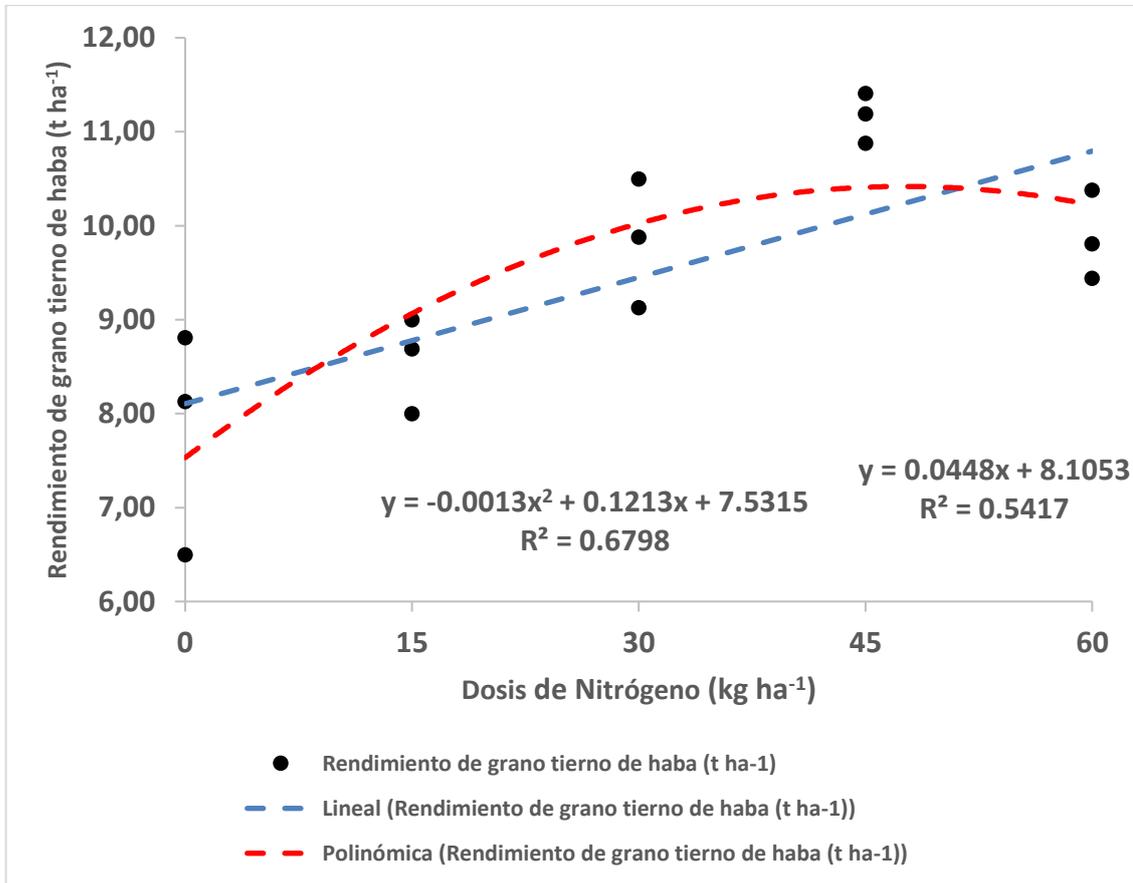


Ilustración 4-1: Modelos de N Lineal y N Cuadrático para ajustar el rendimiento en t ha⁻¹ de grano tierno de haba.

Realizado por: García M., 2024.

4.1.2. Variables de física y química del suelo

4.1.2.1. Densidad Aparente en g cc⁻¹

La respuesta nula de la densidad aparente en g cc⁻¹ (Anexo D) respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹ se muestra en la ilustración 5-4. Lo señalado, implica que la aplicación de N, desde 0 hasta 60 kg ha⁻¹, no tiene ninguna influencia sobre la densidad aparente del suelo, misma que solo presenta cambios al ser afectada por acciones físicas y mecánicas, como el arado del suelo o la labranza convencional. Con la dosis de 60 kg ha⁻¹ de N, se puede observar un ligero incremento en la densidad aparente de 0.06 g cc⁻¹ en comparación con la dosis de 15 kg

ha⁻¹ de N, y un incremento de 0.03 g cc⁻¹ en referencia al resto de dosis: 0, 30 y 45 kg ha⁻¹ de N, incrementos que no fueron influenciados por las dosis de N.

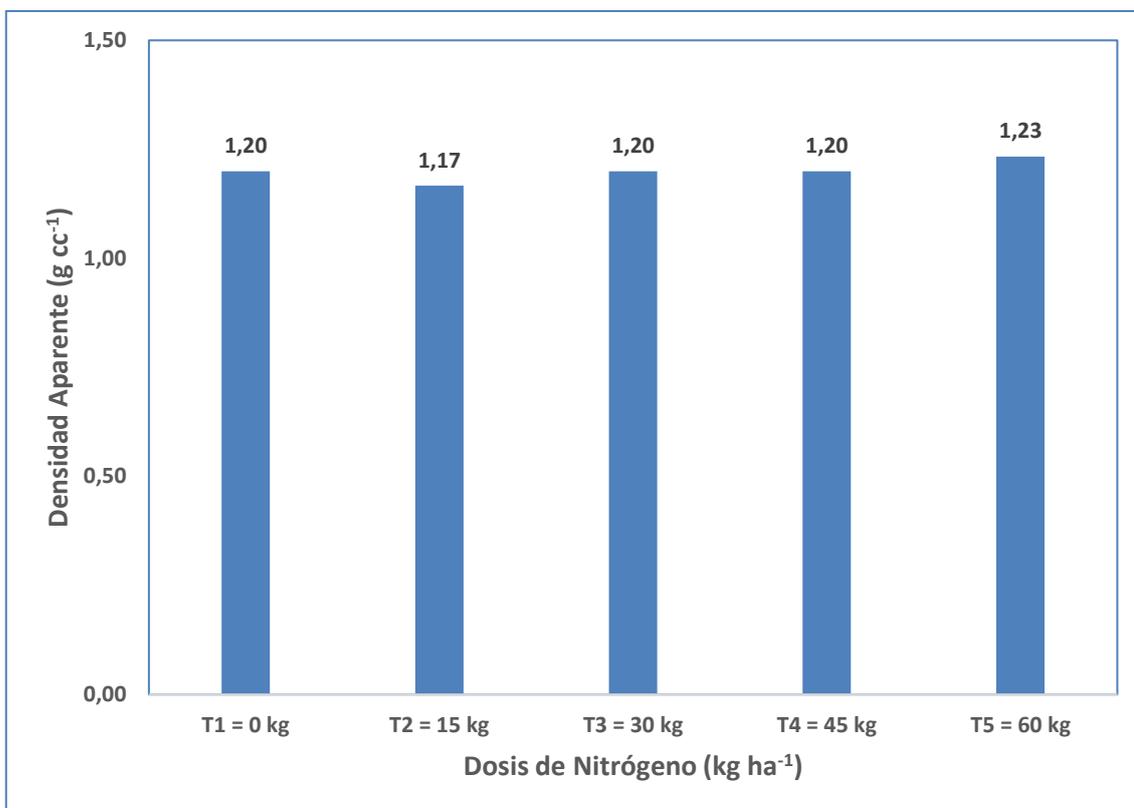


Ilustración 4-2: Respuesta de la Densidad Aparente en g cc⁻¹ a la aplicación de diferentes dosis de N en el cultivo de haba.

Realizado por: García M., 2024.

4.1.2.2. Humedad Gravimétrica en %

En la ilustración 6-4 se puede observar la respuesta de la humedad gravimétrica en % (Anexo D) con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. Ahí se evidencia una diferencia de 1.06% de humedad gravimétrica entre el tratamiento de mayor humedad gravimétrica (26.83%), conseguida con la aplicación de N de 60 kg ha⁻¹ y el tratamiento de menor humedad gravimétrica (25.77%), obtenida con la aplicación de 45 kg ha⁻¹ de N. Lo anteriormente señalado muestra que no existe relación entre la aplicación de las dosis de N y la humedad gravimétrica en %, ya que bien es sabido que la humedad gravimétrica es una propiedad física del suelo que puede ser modificada por acciones extrínsecas.

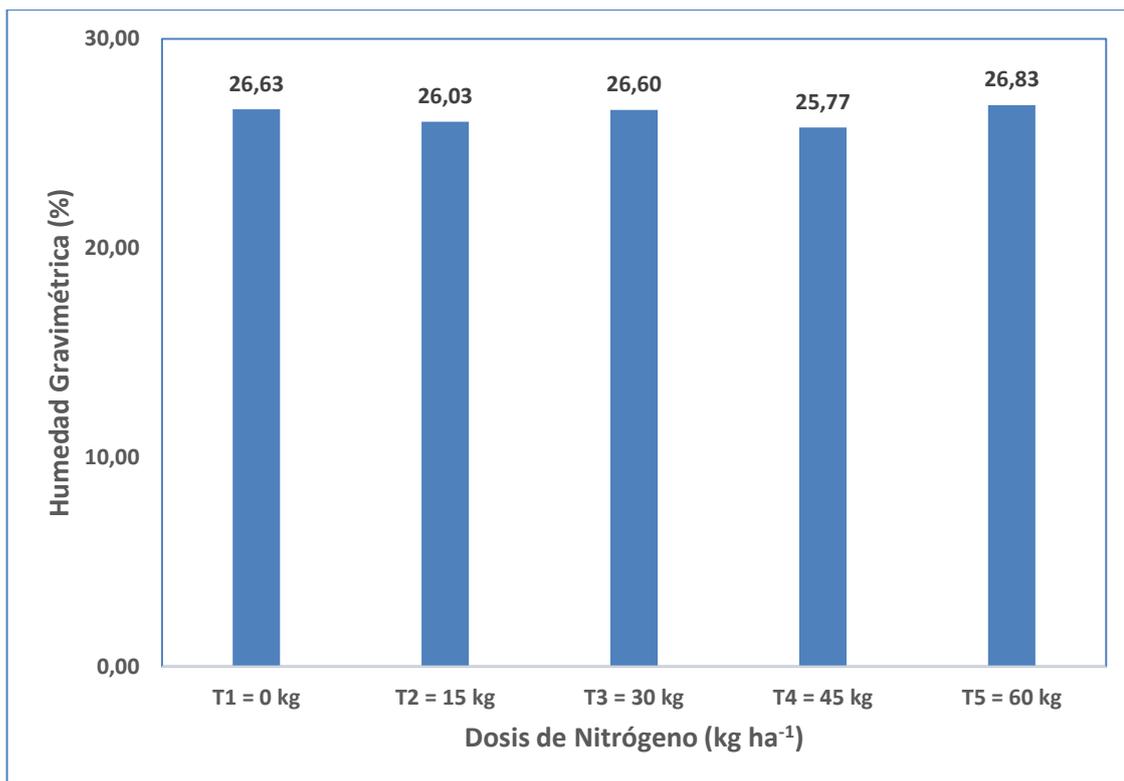


Ilustración 4-3: Respuesta de la Humedad Gravimétrica en % a la aplicación de N en kg ha⁻¹ en el cultivo de haba.

Realizado por: García M., 2024.

4.1.2.3. Humedad Volumétrica en %

Se puede apreciar la respuesta de la humedad volumétrica en % (Anexo D) respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹ en la ilustración 7-4. Ahí se evidencia una diferencia de 2.07% de humedad volumétrica entre el tratamiento de mayor humedad volumétrica (32.67%), conseguida con la aplicación de N de 60 kg ha⁻¹ y el tratamiento de menor humedad volumétrica (30.60%), obtenida con la aplicación de 45 kg ha⁻¹ de N. Lo mencionado anteriormente significa que no existe una relación directa entre la aplicación de las dosis de N en kg ha⁻¹ y la humedad volumétrica en %, ya que se conoce que la humedad volumétrica en % es una propiedad física que puede ser modificada por acciones extrínsecas.

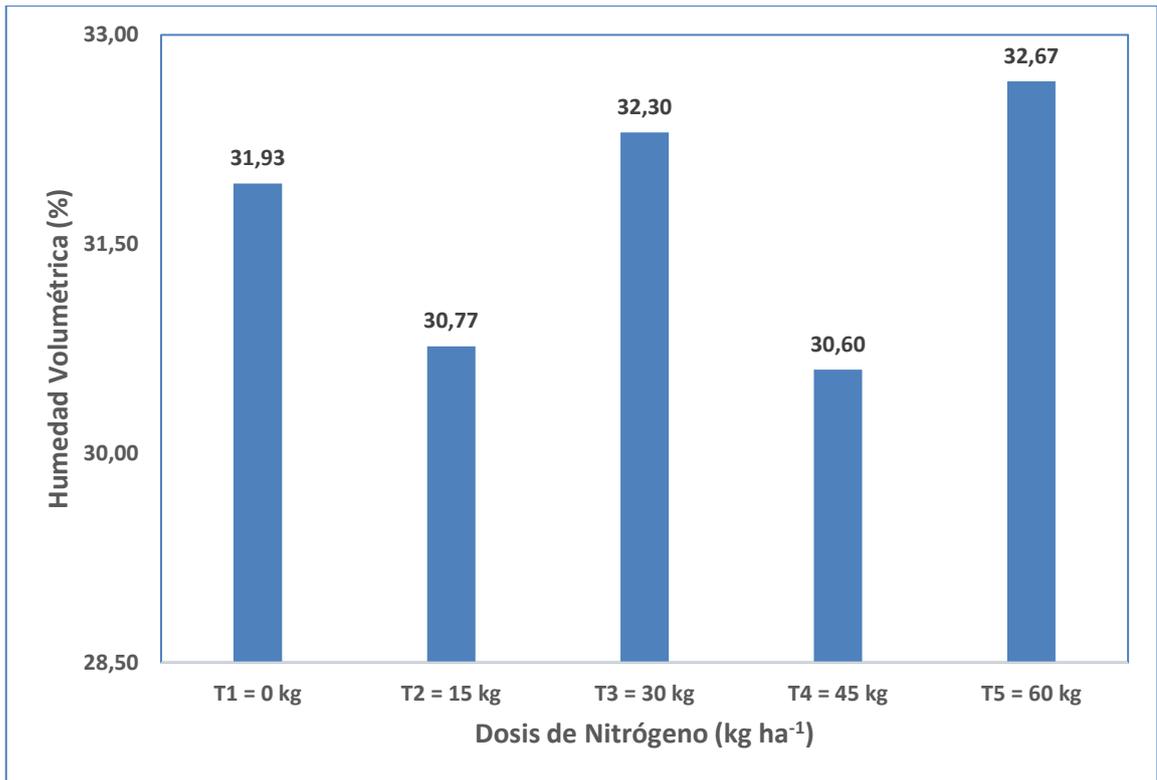


Ilustración 4-4: Respuesta de la Humedad Volumétrica en % a la aplicación de N en kg ha⁻¹ en el cultivo de haba.

Realizado por: García M., 2024.

4.1.2.4. Nitrógeno Total en %

En la ilustración 8-4 se puede apreciar el modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de Nitrógeno Total (%) (Anexo E) en el suelo respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. El ajuste de los datos a ese modelo fue de $R^2 = 0.9316$. El modelo de N Cuadrático permite apreciar que la mejor respuesta de Nitrógeno Total (%) presente en el suelo se consigue con la dosis de 45 kg ha⁻¹ de N, con un valor de 0.20%, llegando a 0.18% con una dosis de 60 kg ha⁻¹. Lo que significa que la aplicación de N hasta 45 kg ha⁻¹ es la mejor respuesta en términos químicos del suelo, dosis superiores a ésta presenta cantidades decrecientes e iguales de Nitrógeno Total (%) presentes en el suelo, por lo que se sugiere no aplicar mayor cantidad de N ya que solo generará egresos innecesarios para los usuarios de esta tecnología.

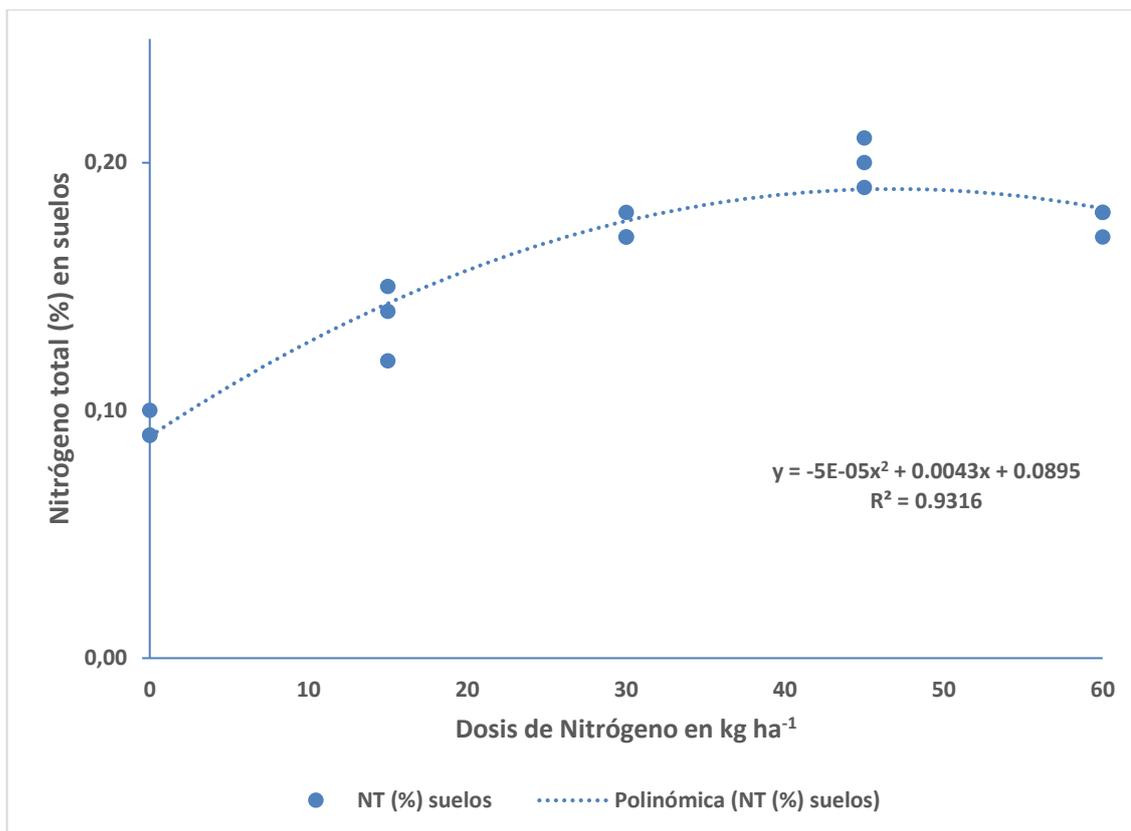


Ilustración 4-5: Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de Nitrógeno Total (%) en el suelo con el cultivo de haba.

Realizado por: García M., 2024.

4.1.2.5. Carbono Orgánico Total en %

En la ilustración 9-4 se puede apreciar el modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de Carbono Orgánico (%) (Anexo E) en el suelo respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. El ajuste de los datos a ese modelo fue de $R^2 = 0.701$. El modelo N Cuadrático permite apreciar que la mejor respuesta de carbono presente en el suelo se consigue con la dosis de 45 kg ha⁻¹ de N, con un valor de 1.81%, llegando a 1.71% con una dosis de 60 kg ha⁻¹. Estos resultados muestran que la aplicación de N hasta 45 kg ha⁻¹ es la mejor respuesta en términos químicos del suelo, dosis superiores a ésta presenta cantidades decrecientes de Carbono Orgánico (%) presentes en el suelo, por lo que se sugiere no seguir aplicando mayor cantidad de N, ya que solo generará egresos innecesarios para los usuarios de esta tecnología.

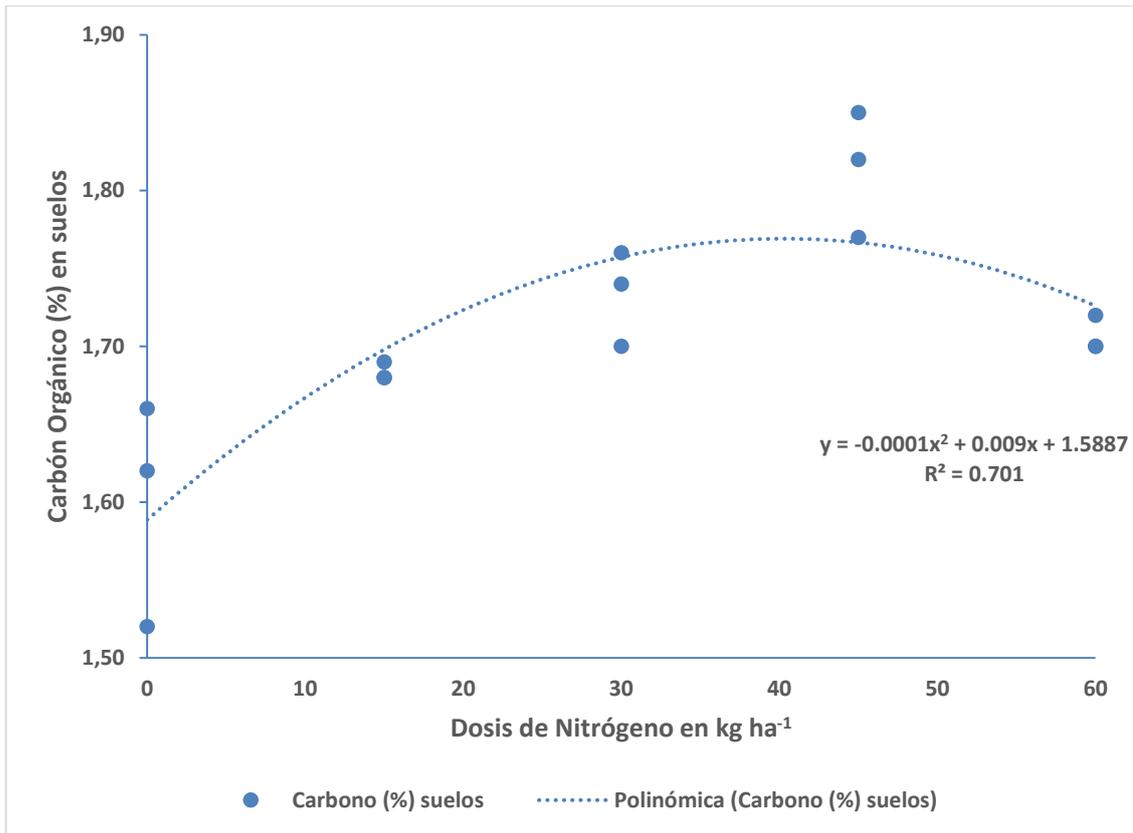


Ilustración 4-6: Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de Carbono Orgánico (%) en el suelo con el cultivo de haba.

Realizado por: García M., 2024.

4.1.2.6. Amonio (ppm)

En la ilustración 10-4 se puede apreciar el modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de Amonio (ppm) (Anexo E) en el suelo respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. El ajuste de los datos a ese modelo fue de $R^2 = 0.7558$. El modelo de N Cuadrático permite apreciar que la mejor respuesta de Amonio (mg kg⁻¹) presente en el suelo se consigue con la dosis de 45 kg ha⁻¹ de N, con un valor de 104.74 ppm, llegando a 86.49 ppm con una dosis de 60 kg ha⁻¹. Estos resultados muestran que la aplicación de N hasta 45 kg ha⁻¹ es la mejor respuesta en términos químicos del suelo, dosis superiores a ésta presenta cantidades decrecientes de Amonio (ppm) presentes en el suelo, por lo que se sugiere no seguir aplicando mayor cantidad de N, ya que solo generará egresos innecesarios para los usuarios de esta tecnología.

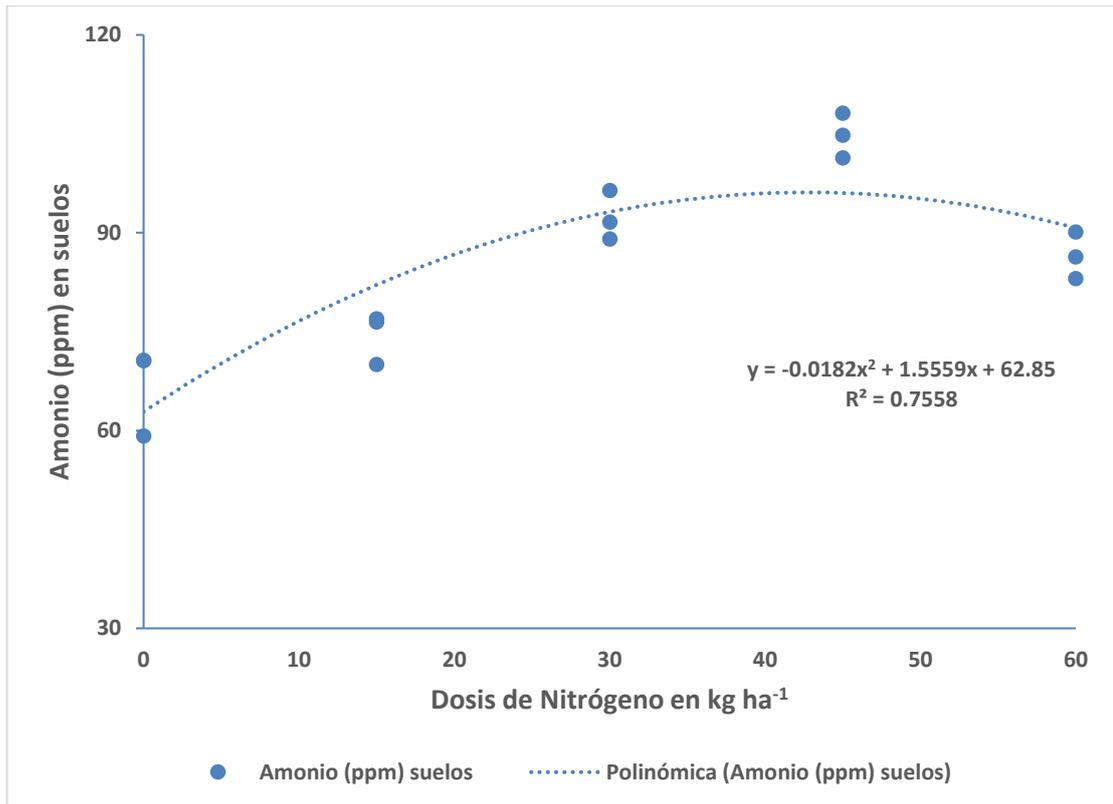


Ilustración 4-7: Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de Amonio (ppm) en el suelo con el cultivo de haba.

Realizado por: García M., 2024.

4.1.3. Variables Económicas

El análisis económico de presupuesto parcial de las variables económicas se llevó a cabo con los valores promedios ajustados del rendimiento de grano tierno de haba (Anexo F), beneficios brutos recibidos (Anexo F) y costos que varían (Anexo G), según cada tratamiento en estudio a través de todo el ciclo del cultivo de haba. El beneficio neto (Anexo H) constituyó, por lo tanto, la diferencia entre el beneficio bruto total y el costo que varía total. El análisis de dominancia (Anexo I) se basó en la técnica de presupuesto parcial, por lo que para obtener el costo que varía únicamente se incluyeron aquellos valores que variaron entre tratamientos, es decir, el fertilizante nitrogenado, la mano de obra para aplicar el fertilizante y la mano de obra para la cosecha y desgrane del haba tierna. La tasa de retorno marginal (Anexo K) se calculó con base en el coeficiente obtenido de la diferencia del beneficio neto y el costo que varía entre tratamientos de un beneficio neto inferior a otro mayor. La tasa de retorno marginal, en esta investigación, señala el valor que el productor podría esperar ganar con su inversión, cuando decida cambiar la práctica de fertilización nitrogenada convencional con otra alternativa.

De acuerdo al análisis de dominancia para los 5 tratamientos investigados en la comunidad de Puculpala, provincia de Chimborazo (Anexos I, J), los tratamientos T₁ (0 kg ha⁻¹ de N), T₂ (15 kg ha⁻¹), T₃ (30 kg ha⁻¹ de N) y T₄ (45 kg ha⁻¹ de N), mostraron dominancia en relación al T₅ (60 kg ha⁻¹ de N), mismo que tuvo un menor beneficio neto total y mayor costo que varía total en relación al T₄ (45 kg ha⁻¹ de N).

Al realizar el análisis de la tasa de retorno marginal (Tabla 13-4), se encontró que al pasar del tratamiento T₃ (30 kg ha⁻¹ de N) al tratamiento T₄ (45 kg ha⁻¹ de N), se obtuvo una tasa de retorno marginal de 1278%, lo que equivale a decir que por cada dólar que se invirtió en adquirir y aplicar el N utilizado en el tratamiento T₃ (30 kg ha⁻¹ de N) para pasar al tratamiento T₄ (45 kg ha⁻¹ de N), se puede esperar recobrar el USD 1 dólar invertido y obtener un retorno marginal de USD 12.78 dólares adicionales; también representa un buen retorno marginal el pasar del tratamiento T₂ (15 kg ha⁻¹ de N) al tratamiento T₃ (30 kg ha⁻¹ de N), ya que se obtuvo una tasa de retorno marginal de 663%, lo que equivale a decir que por cada dólar que se invirtió en adquirir y aplicar el N utilizado en tratamiento T₂ (15 kg ha⁻¹ de N) para pasar al tratamiento T₃ (30 kg ha⁻¹ de N), se puede esperar recobrar el USD 1 dólar invertido y obtener un retorno marginal de USD 6.63 dólares. Estos valores obtenidos son aceptables y justificarían el empleo de dosis de N para incrementar los rendimientos de grano de haba tierna de la variedad INIAP 442 Sultana.

Tabla 4-3: Tasa de Retorno Marginal de los tratamientos no dominados en la investigación sobre el manejo de Nitrógeno en el cultivo de haba. Comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2024

Tratamiento	Beneficio Netos (USD ha ⁻¹)	Costo que Varía (USD ha ⁻¹)	Incremento (USD ha ⁻¹)		Tasa de retorno marginal (%)
			Beneficio Neto	Costo que Varía	
T4= 45 kg ha ⁻¹ de N	8040	1401	1035	81	1278 *
T3= 30 kg ha ⁻¹ de N	7005	1320	941	142	663 *
T2= 15 kg ha ⁻¹ de N	6064	1178	267	368	73 *
T1= 0 kg ha ⁻¹ de N	5797	810	0	0	0

Realizado por: García M., 2024.

En esta investigación el análisis de presupuesto parcial se basó en los costos de las dosis de N y su aplicación, así como en la mano de obra utilizada para la cosecha y desgrane ya que el rendimiento fue bastante diferenciado según el tratamiento en estudio; un kg de N costó USD 1.52 dólares y la mano de obra de cada jornal para aplicar el N y realizar la cosecha y el desgrane

costó USD 15 dólares. El precio referencial promedio de un kilogramo de haba tierna fue de USD 0.94 dólares, tomando en cuenta el precio al cual venden los productores de la comunidad de Puculpala a los intermediarios de los mercados de la provincia de Chimborazo.

Hay que recordar que el punto de partida de esta investigación fue considerar dosis de fertilización nitrogenada relativamente pequeñas, que proponer cambios en gran escala. Se trataba de responder la pregunta de cuáles modificaciones se pueden efectuar en el sistema actual de producción y comparar el cambio en beneficios con el cambio en costos. Debido a que lo importante era conocer las diferencias entre los tratamientos T₂ (15 kg ha⁻¹ de N) a T₅ (60 kg ha⁻¹) versus el T₁ (0 kg ha⁻¹ de N), más que sus valores absolutos, los costos que no varían entre tratamientos no afectarán el cálculo de la tasa de retorno marginal.

El precio del kg del grano de haba tierna fue el que el productor en realidad obtiene cuando realiza la venta, y no los que se reportan de parte de las instituciones ecuatorianas encargadas de brindar los precios de los productos a nivel de mercados en el periódico de la investigación. En este caso en particular, el precio promedio de venta del grano de haba tierna, se obtuvo de los valores reportados por productores de la comunidad Puculpala de la provincia de Chimborazo. Este precio podrá variar considerablemente durante el año, o de un año a otro; además, tanto el precio del producto como los de los insumos pueden ser afectados por la inflación y las políticas gubernamentales.

4.2. Discusión de los resultados

4.2.1. Agronómicas

4.2.1.1. Rendimiento de grano de haba tierna en t ha⁻¹

Los resultados obtenidos para la variable de rendimiento de grano tierno de haba en t ha⁻¹, indican que el incrementar la dosis de fertilización nitrogenada hasta 45 kg ha⁻¹, representa la opción más beneficiosa para mejorar el rendimiento del grano tierno de haba. La fertilización nitrogenada a partir de 45 kg ha⁻¹ hasta 60 kg ha⁻¹ de N, se observa una reducción en los rendimientos, por lo que indica que no amerita continuar aplicando N, ya que no se generará un aumento significativo en el rendimiento, así como también en los beneficios económicos. En el cultivo de habas, un exceso de fertilización nitrogenada puede ocasionar un crecimiento vegetativo excesivo, resultando en una baja producción de vainas y granos, así como una maduración tardía del cultivo, lo cual concuerda con lo que menciona (INIAP, 2023), que el exceso de nitrógeno provoca un

retraso en la floración y fructificación, incluso después de que el ciclo vegetativo ya ha terminado, las plantas continúan mostrando un color verde intenso. Se incrementó el rendimiento del grano tierno de haba en 43%, al pasar del tratamiento T₁ (0 kg ha⁻¹ de N) al tratamiento T₄ (45 kg ha⁻¹ de N), que fue el de mayor rendimiento de grano tierno de haba, en comparación a las dosis utilizadas de 0, 15, 30 y 60 kg ha⁻¹. Es importante mencionar que según (INIAP, 2023), utilizando 34 kg ha⁻¹ de N, obtuvieron un rendimiento de 9.76 t ha⁻¹, en cambio, en esta investigación se demostró que con 30 kg ha⁻¹ de N se obtuvo un rendimiento de 9.84 t ha⁻¹ de grano tierno de haba y fue inferior al que se obtuvo con 45 kg ha⁻¹ de N que fue de 11.16 t ha⁻¹ de grano tierno de haba. Si bien algunos investigadores sugieren que no se aplique fertilizante nitrogenado al suelo (Baca, et al., 2000, pág. 45), en el caso del cultivo de haba es importante proporcionar un aporte óptimo biológico y económico para lograr potenciar el rendimiento de este cultivo, lo que se evidencia en la investigación al aportar 45 kg ha⁻¹ de N, con resultados muy favorables para mejorar el rendimiento en un 43%, en relación a la no aplicación del N.

4.2.2. Física y química del suelo

4.2.2.1. Densidad Aparente en g cc⁻¹

Los datos recopilados que se obtuvieron en la variable densidad aparente en el suelo del cultivo de haba indican que no se registraron alteraciones notables al dosificar nitrógeno desde 0 hasta 60 kg ha⁻¹, por lo que no tiene influencia sobre esta propiedad física. Según (Keller, 2010, pág.398) la densidad aparente se define como un indicador de compactación del suelo en donde se determina la pérdida estructural del mismo, (Farfán, 2020, pág. 20) menciona que la densidad es influenciada por las partículas sólidas, por el espacio poroso del suelo y por la materia orgánica. Esta condiciona el flujo de los nutrientes hacia las raíces a través de los poros del suelo y afecta el crecimiento de las raíces, es fundamental comprender que la densidad aparente del suelo no se ve influenciada por la aplicación de nitrógeno (N).

4.2.2.2. Humedad Gravimétrica en %

Los resultados que se obtuvieron en la variable humedad gravimétrica indicaron que al aplicar dosis de nitrógeno desde 0 hasta 60 kg ha⁻¹, no se ve influenciado sobre esta propiedad, no hubo un efecto significativo al aplicar dosis crecientes de N en rangos de 15 kg ha⁻¹. Según (FAGRO, 2017) el contenido de humedad del suelo es altamente variable y dinámico, moviéndose constantemente de un lugar a otro en respuesta a diversas fuerzas, entre las que se incluyen la percolación, evaporación, irrigación, precipitación, temperatura y la actividad biológica de las

plantas, una vez entendido esto, se podría inferir que la aplicación de nitrógeno (N) no tiene un efecto significativo en la humedad gravimétrica del suelo.

4.2.2.3. Humedad Volumétrica en %

Los resultados obtenidos para la variable humedad volumétrica indican que la aplicación dosis de N en el rango de 0 a 60 kg ha⁻¹, no se ve influenciado sobre esta propiedad, y no hubo un efecto significativo al aplicar dosis crecientes de N en rangos de 15 kg ha⁻¹. Según (López, 2005, pág. 112) el contenido volumétrico de humedad en el suelo promedia alrededor del 25% del volumen del suelo, sin embargo, su rango de variación puede extenderse desde menos del 5% hasta más del 45%.

4.2.2.4. Nitrógeno Total en %

Los hallazgos revelan que el modelo N Cuadrático ofrece una buena respuesta de los resultados obtenidos en esta investigación. Se determinó que la mayor cantidad de nitrógeno Total (%) presente en el suelo se alcanza con el tratamiento T₄ (N 45 kg ha⁻¹). Sin embargo, al aplicar de dosis de fertilización nitrogenada superiores a los 45 kg ha⁻¹, no resulta en un aumento de los contenidos de Nitrógeno Total (%) en el suelo, ya que los resultados muestran concentraciones iguales e incluso más bajas. El ajuste de determinación para el ajuste de los datos a este modelo fue de $R^2 = 0.9316$.

Según (Alvarado, 2000, pág. 5-58), el contenido del Nitrógeno Total (%) se refiere a la cantidad de nitrógeno en sus diversas formas, que pueden incluir proteínas, urea, aminos entre otras formas químicas; esto hallazgos concuerdan con los resultados obtenidos, ya que se evidencia que existe un aumento de Nitrógeno Total (%) al aumentar la dosis de nitrógeno progresivamente en cada tratamiento. Es importante señalar que un exceso de urea al cultivo no contribuye al aumento del Nitrógeno Total (%) del suelo, ya que el exceso no es aprovechado por el cultivo y el nitrógeno puede perderse por diversas vías, como la lixiviación o la volatilización.

4.2.2.5. Carbón Orgánico Total en %

Los resultados indican que la variable Carbón Orgánico (%) al aplicar dosis de nitrógeno desde 0 hasta 60 kg ha⁻¹, no tiene ningún efecto sobre este elemento, no se observa una tendencia al aumentar las dosis de nitrógeno en rangos de 15 kg ha⁻¹. (Martínez, 2008, pág. 68) el valor del Carbón Orgánico (%) del suelo, se puede incrementar por la incorporación de los residuos de las cosechas anteriores, lo que no es el caso de esta investigación, en donde no se utilizó residuos de

cosechas. En este contexto, se concluye que la aplicación de diversas dosis de nitrógeno no tiene impacto en el contenido de Carbón Orgánico (%) durante el ciclo de cultivo de haba.

4.2.2.6. *Amonio en ppm*

Los resultados obtenidos demuestran que el modelo N Cuadrático proporciona una buena apreciación de los resultados; se observó que la mayor cantidad de amonio presente en el suelo se alcanzó con el tratamiento T₄ (N 45 kg ha⁻¹) con 104.74 ppm, esto se debe a la aplicación de nitrógeno (urea), que se hidroliza fácilmente mediante la acción de la enzima ureasa, generando Amonio y Amoniaco, de este modo la urea se puede perder en forma de Amoniaco por volatilización, especialmente en condiciones de baja humedad y exposición directa; en el experimento se incorporó al suelo a capacidad de campo y posterior a eso se cubrió con suelo para reducir la pérdida por volatilización. Además, la urea también puede ser adsorbida por las arcillas y la materia orgánica, posteriormente la urea es nitrificador pero también puede ser absorbida directamente por la planta según (Cangahuamin, 2021, pág 7). En ese sentido, el nitrógeno que contiene la urea fue absorbido por el cultivo, por las arcillas y parte de la materia orgánica, y esto es reflejado en los incrementos de Amonio (ppm), al aumentar la dosis de 0 hasta 45 kg ha⁻¹ de N. Aplicar una dosis de 60 kg ha⁻¹ de N no es favorable ya que este exceso de nitrógeno puede ser fácilmente desnitrificado o lixiviado (Jaramillo, 2002, pág 186). Es importante tener en cuenta que la incorporación de dosis de fertilización nitrogenada superiores a los 45 kg ha⁻¹, no contribuyen a aumentar los contenidos de Amonio (ppm) en el suelo, como lo evidencian los resultados que muestran concentraciones iguales e incluso inferiores.

4.2.3. *Económicas*

Los resultados obtenidos en el análisis económico de las dosis de N utilizadas para el cultivo de haba permiten señalar dos aspectos importantes con respecto al análisis de las tasas de retorno marginal obtenidas en esta investigación. En primer lugar, la recomendación final que se pueda proporcionar a los productores de haba, no se basa necesariamente en la tasa de retorno marginal más elevada, que en este caso representa la tasa de retorno marginal del T₄ (45 kg ha⁻¹ de N), con un valor de 1278%, al pasar desde el tratamiento T₃ (30 kg ha⁻¹ de N). Para el productor que no utiliza N o utiliza en cantidades mínimas, una inversión en el tratamiento T₂ (15 kg ha⁻¹ de N) produce una tasa de retorno marginal relativamente alta (73%) respecto del tratamiento T₁ (0 kg ha⁻¹ de N), pero si se limitara a ese nivel de inversión, desaprovecharía la oportunidad de obtener mayores ganancias a una tasa de retorno marginal más atractiva, al invertir en 15 kg adicionales de N, como es el caso de las tasas de retorno marginal de los tratamientos T₃ (30 kg ha⁻¹ de N) y

T₄ (45 kg ha⁻¹ de N) . El productor seguirá invirtiendo siempre y cuando las ganancias sobre cada unidad adicional invertida, sean mayores que el costo de la unidad adicional invertida.

Las tasas de retorno marginal obtenidas en esta investigación demuestran que si se invierte en aplicar dosis de N desde 15 kg ha⁻¹ hasta 45 kg ha⁻¹, los productores podrán obtener excelentes beneficios económicos con una inversión relativamente baja, ya que el valor del precio del fertilizante nitrogenado se estima en USD 1.52 por kilogramo de N y los costos asociados a su aplicación de la mano de obra están entre USD 30 y USD 52 dólares, dependiendo de la dosis que utilicen. Esto evidencia que los productores podrían adaptar y utilizar esta tecnología basada solamente en el manejo del N, mismo que ya está probado a través de esta investigación que los retornos marginales de la inversión son excelentes.

Las tasas de retorno marginales obtenidas en esta investigación, son aceptables para este tipo de investigaciones, ya que los valores obtenidos: 1278%, 663% y 73%, reflejan que su estimación a través del presupuesto parcial, en donde se calcula el beneficio bruto, costo que varía y beneficio neto, son los que un productor de haba esperaría tener y que se vea reflejado en el incremento de sus ingresos y en el mejoramiento de su calidad de vida. No se reportan tasas de retorno marginal relacionadas con esta investigación, en el ámbito nacional y mundial, sin embargo, en estudios realizados por (Barrera *et al.* 1988) y Clavijo *et al.* (2016) en el ámbito de cultivos y ganadería, reportan tasas de retorno marginal desde 231% hasta de 1580%, que señalan que las obtenidas en esta investigación son consideradas como aceptables.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La investigación sobre la “Evaluación de la dosis óptima de Nitrógeno en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) variedad INIAP-442-Sultana en la comunidad de Puculpala”, probó la hipótesis que la fertilización nitrogenada muestra un beneficio positivo en el rendimiento en t ha⁻¹ del cultivo de haba y la tasa de retorno marginal en %. Es evidente que el uso de 45 kg ha⁻¹ de N, es la mejor dosis de fertilización para mejorar el rendimiento y la tasa de retorno marginal, que se ven reflejados en el incremento del rendimiento del cultivo de haba en al menos 43%, al pasar del no uso de N hasta el nivel de 45 kg ha⁻¹ de N.
- Se evaluó la influencia del Nitrógeno en las variables de física de suelos como Densidad Aparente (g cc⁻¹), Humedad Gravimétrica (%) y Humedad Volumétrica (%), después del cultivo de haba, en donde se probó que no existe influencia del N en estas variables ya que la parte física del suelo fluctúa por acciones físicas y mecánicas.
- Se evaluó la influencia del Nitrógeno en las variables de química de suelos como Nitrógeno Total (%), Carbono Orgánico Total (%) y Amonio (ppm), después del cultivo de haba, en donde se probó que existe influencia positiva de estas variables a la aplicación de las dosis de N hasta una dosis de 45 kg ha⁻¹ de N; dosis superiores a esta, muestran respuestas decrecientes en las variables de química de suelos analizadas.
- El análisis económico de los tratamientos en estudio, basado en el análisis de presupuesto parcial, mostró que el tratamiento T₄ (45 kg ha⁻¹ de N) con una tasa de retorno marginal de 1278% en comparación con el tratamiento T₃ (30 kg ha⁻¹ de N), es la mejor alternativa económica para los usuarios de esta tecnología, ya que por cada dólar que se invierta desde el tratamiento T₃ (30 kg ha⁻¹ de N) hasta el T₄ (45 kg ha⁻¹ de N), podrán obtener una ganancia de USD 12.78 dólares a más del dólar invertido.
- Aunque los agricultores son conscientes del impacto ambiental de las prácticas de manejo del N, las consideraciones económicas son los principales motores para adoptar estas prácticas o no; por lo que, la tasa de retorno marginal del tratamiento T₄ (45 kg ha⁻¹ de N), puede ser motivador para su adopción.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer uso de la dosis de 45 kg ha⁻¹ de N para mejorar en un 43% la productividad y en un 1278% la tasa de retorno marginal con el cultivo de haba, en la localidad de Puculpala y en las zonas aledañas con características agro-socio-económicas y ambientales similares.
- Será relevante mantener las investigaciones en campo de productores de haba en donde se trabaje coordinadamente entre los investigadores y productores, capaz que se siga proporcionando información de los beneficios del uso del N, para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola de la comunidad y de otras zonas de la Región Andina del Ecuador.
- Será importante probar otros fertilizantes nitrogenados que sean diferentes a la urea, para comparar su eficiencia y su impacto en el suelo y en el ambiente, así como también realizar aplicaciones nitrogenadas de origen orgánico y sintético, con el fin de no salinizar los suelos y mantener un equilibrio del ecosistema del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACEBEDO, Cristobal., et al.** “Concentración de nitrógeno en suelo por efecto de manejo orgánico y convencional”. *Terra Latinoamericana*, vol. 29, n° 3 (2011), (México). pág. 325-332
2. **ACUÑA, Rina.** “Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile”. *Unidad de Asuntos Públicos Corporativos, SAG*. [en línea], 2008, vol 1 (1), págs.3-119. (Chile) [Consulta: 18 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://biblioteca.sag.gob.cl/DataFiles/25-2.pdf>
3. **ALDANA, Luis.** Manual Técnico Agrícola. Producción comercial y de semilla de haba (Vicia faba L.). Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola. [en línea], 2010. (Guatemala). pág. 1-49 [Consulta: 18 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Haba/Produccion%20comercial%20y%20de%20semilla%20de%20haba,%202010.pdf>
4. **ALVARADO, S.; et al.** *Metodologías de análisis físico químico de suelo, aguas y foliares.* (Quito-Ecuador) Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 2000 págs. 5-58.
5. **ALVARADO, S., J. Córdova, & M. López.** *Metodologías de análisis físico químico de suelo, aguas y foliares. Quito. (EC).* Quito : Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 2000. págs. 5-58.
6. **ALWANG, Jeffrey; et al.** “Conservation agriculture in the Andean highlands: Promise and Andean Mountain cropping systems of Ecuador”. *Soil science*, vol. 15(3) (2014), (United State of America) págs. 130-140.
7. **ARCOS, F.** *Texto básico, Fertilización.* Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, 2013, págs. 67-79.
8. **ATACUSI, Daysi.** “Efecto de las distancias de siembra en tres variedades del cultivo de haba (Vicia faba L.) bajo un sistema de agricultura limpia”. [En línea] (Trabajo de titulación). Univerddad Técnica de Ambato. 2015. págs. 1-110. [Consulta: 2023-20-11]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/20314>

9. **BACA, Beatriz; et al.** “Fijación biológica de nitrógeno”. Ciencia y cultura elementos [En línea], 2000, (México). vol.7(38), págs.43-49. [Consulta: 10 enero 2024]. ISSN 0187-9073 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/294/29403808.pdf>8418
10. **BARRERA, V.; et al.** “Conservation Agriculture Increases Yields and Economic Returns of Potato, Forage, and Grain Systems of the Andes”. *American Society Of Agronomy* [En línea], 2019, (Ecuador). 111(6), págs. 2747-2753. [Consulta: 12 diciembre 2023]. ISSN 2334-2501 Disponible en: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2019.04.0280>
11. **BARRERA, V.; et al.** “Integrated management of natural resources in the Ecuador Highlands”, *Agricultural Sciences*, vol. 3, nº 5 (2012), (United State of America) págs. 768-779.
12. **BARRERA, V.; TAPIA, C. Y MONTEROS, A.** (Eds.). 2004. *Raíces y tubérculos andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)*. No. 4. INIAP-CIP-COSUDE. Quito, Ecuador-Lima, Perú. 176 pp.
13. **BENIMELI, María., et al.** “EL NITRÓGENO DEL SUELO”. *Universidad Nacional de Tucumán* [en línea], 2019, (Argentina) págs. 1-11. [Consulta: 18 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-sedes-sapientiae/suelos/el-nitrogeno-del-suelo-2019/12751686>
14. **CANGAHUAMIN, P.** “Evaluación de dos polímeros adherentes y dos recubrimientos órgano - minerales en urea, Sangolquí, Rumiñahui, Pichincha”. [En línea], (*Trabajo de titulación*). (Maestría) Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2021. págs. 6- 9. [Cosulta: 10 de febrero 2024.] Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8076/1/PC-002100.pdf>.
15. **CAÑADAS, Luis.** *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Quito-Ecuador: Banco Central del Ecuador, 1983, pp. 52-60.
16. **CHAFLA, María José.** “Evaluación de la fijación de nitrógeno de cepas de rizobios en campo, para arveja (*Pisum sativum*) L., CHOCHO (*Lupinus mutabilis*) Sweet., FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris*) L., HABA (*Vicia faba*) L. Y VICIA (*Vicia sativa*) L”. Otavalo-Imbabura. [En línea] (*Trabajo de titulación*). (Maestría) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2015. pp. 6- 10. [Consulta: 2022-08-15]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6760/3/T-UCE-0004-12.pdf>

17. **QUISPE, Manuel.** “Manual de manejo y control integrado de plagas y enfermedades en haba”. *Agencia agraria yunguyo*. [En línea], 2011, (Perú), págs. 1-24. [Consulta: 18 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/manual-de-manejo-y-control-integrado-de-plagas-y-enfermedades-en-haba/267024436>
18. **CHOQUE, Marco A. , LOPEZ, Miguel A. & TICONA Elizabeth Y.** “Evaluación de los parámetros de calidad para la determinación de nitrógeno total en suelos”. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. [En línea], 2017, (Bolivia) vol. 10 (1), págs. 36-45. [Consulta: 18 de noviembre de 2023]. ISSN 2528-7807. Disponible en: <https://doi.org/10.53287/tuov3244ge80j>
19. **CLAVIJO, F.; BARRERA, V.; RODRÍGUEZ, L.; MOSQUERA, J.; YÁNEZ, I.; GODOY, A.; GRIJALVA, J.** 2016. *Evaluación del paico Chenopodium ambrosioides y chocho Lupinus mutabilis Sweet como antiparasitarios gastrointestinales en bovinos jóvenes*. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. DOI:10.17163/1gr.n24.2016.08.
20. **CIMMYT.** “La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica”. México: CIMMYT, (1988), (México D.F.) pág. 93.
22. **ESCUADERO, Luis, et al.** “A new nitrogen index for assessment of nitrogen management of Andean Mountain cropping systems of Ecuador”, *Soil science*, vol. 179, n° 3, (2014), (United State of America) págs. 130-140.
23. **FAGRO.** Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo. *btenido de Portal Frutícola*. [Blog] 2017. [Consulta: 18 de noviembre 2023] Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/11/30/metodologia-para-determinar-los->
24. **FARFÁN, Fernando.** Sistemas de producción: Conceptos y definiciones. *En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), Manejo Agronómico de los Sistemas de Producción de Café*. [En línea] 2020. págs. 14-33. [Consulta: 10 de febero 2024] Disponible en: https://doi.org/10.38141/10791/0002_1.parametros-hidricos-de-un-suelo/.
25. **FIASA.** “Variedad mejorada de haba (*Vicia faba* L.) de grano grande para consumo en tierno”. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. [en línea] 2023, págs. 1-2 (Quito) págs. 1-2 Disponible en: repositorio.iniap.gob.ec

26. **GARDENER, Vallis.** “Entradas de nitrógeno en los sistemas agrícolas”. *La Biología y Agronomía de stylosanthes*. (2018), (Lima) , págs. 20-23.
27. **GROOT, J.J.R., WILLIGE P. & VERBERNE E.LJ .** “NITROGEN TURNOVER IN THE SOIL-CROP SYSTEM”. *SPINGER* [en línea], 1991. Vol. 27 (1), págs. 240. (The Netherlands) [Consulta: 18 de noviembre 2023.] ISBN 9789401134347. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-3434-7>
28. **GÖL, Surhan., DOGANLAR, Sami & FRARY, Anne.** “Relationship between geographical origin, seed size and genetic diversity in faba bean (*Vicia faba* L.) as revealed by SSR markers”. *SPRINGER*. [En línea], 2017. (Turkey), vol. 292, págs 991–999 [Citado el: 19 de noviembre 2023.] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00438-017-1326-0>.
29. **HATTORI, Tomoo & YONEBAYASHI, Koyo.** “Improvements in the method for fractional determination of soil organic nitrogen”. *Taylor & Francis*. (Tyoto-Japón) [en línea], 2012., vol. 26 (4), págs. 469-481. [Consulta: 20 de noviembre de 2023.] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00380768.1980.10431235>.
30. **HUMBERTH, Alex & CAJACHAGUA, Rosario.** *Adaptacion de variedades mejoradas de habas (Vicia faba) en condiciones agroecológicas del centro poblado de huaylasjirca distrito de Yanahuanca*. [En línea]. (trabajo de titulación) Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion. (Yanahuanca-Perú). 2017, págs. 1-101 [Consulta: 2023-11-20]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/664>
31. **INEC.** “Rendimiento promedio de haba seca y de haba tierna en Ecuador 2023”. *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. [En línea]. [Consulta: 15 de noviembre 2023] Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
32. **INIA.** “Manejo del cultivo de haba”. *Estación Experimental Agraria Santa Ana*. [En línea], 2013, (Perú), Hoja Divulgativa: n. 1, págs. 2. [Consulta: 15 de noviembre 2023] Disponible en: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/96>
33. **INIAP.** “Guía para el cultivo de haba”. *Instituto Nacional de Investigaciones agropecuarias*. n° 240. (2015) (Ecuador). págs. 1-18.
34. **JARAMILLO, D.** *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2002, pág. 186.

- 35. JUAREZ, JESUS MEZA.** *Evaluacion de Insecticidas Orgánicos y Químicos para el Control del pulgon negro (Aphis fabae S.) en el cultivo de haba (Vicia faba L.) en San Mateo Atenco, edo. de México.* [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Autónoma del Estado de México. Santa Ana-Mexico. 2018. págs. 1-108. [Consulta: 15 de noviembre 2023] Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/95398>
- 36. KELLER, Thomas & HÅKANSSON, Inge.** “Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content”. *Geoderma* [En línea], 2010. Vol. 154 (3-4). págs.398-406. [Consulta: 15 de noviembre 2023] ISSN 0016-7061. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.11.013>
- 37. KEMPERS, A.** *Determination of sub –microquantities of ammonium and nitrates in soils with fenol, sodium nitroprusside and hypochlorite.* 12^a ed. United State of America: Geoderma, págs.201-206.
- 38. LÓPEZ, Antonio.** “Manual de edafología. Obtenido de Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química”. *Agrícola de la Universidad de Sevilla.* págs. 1-143 [En línea] 2005. [Consulta: 10 de febrero 2024] Disponible en: <http://biblioteca.utsem-morelos.edu.mx/files/asp/topografia/manual%20De%20Edafologia-Jordan.pdf>.
- 39. MARTÍNEZ, Eduardo., et al.** “Carbono orgánico y propiedades del suelo”. *Ciencia del suelo y nutrición vegetal*. [En línea] 2008. vol.8 (1), págs.68-96 [Consulta: 10 de febrero 2024] ISSN 0718-2791 Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000100006&script=sci_arttext8418. pp68-96.
- 40. MEYER, Burghard C., et al.** “Measurement and regionalization of nitrogen deposition for the risk assessment of nitrogen leaching in agricultural landscapes”. *Taylor & Francis.* [En línea], 2008 (Germany), Vol. 54 (1), págs. 1-17 [Consulta: 15 de noviembre 2023.]. ISSN 1476-3567 Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03650340701765577>.
- 41. MOORE, James W.** “Genetic engineering of symbiotic nitrogen fixation and conservation of fixed nitrogen”. *Springer.* [En línea], 1980, (United State of America), págs. 229-240 [Consulta: 18 de noviembre 2023.]. ISSN 0172-6161. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3004-5>

- 42. MORALES, Edgar., et al.** Evaluación de cinco genotipos de haba (*Vicia faba* L.) con seis niveles de fósforo en Tecamac, México. *Ciencia ergo sum*. [En línea], 2002 (México), vol. 9(2), págs. 184-189 [Consulta: 18 de noviembre 2023.] ISSN 1405-0269. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/104/10402408.pdf>
- 43. NYBORG, M., Penney, D.C & Hoyt P.B.** “Ammonification and nitrification of N in acid soils at 26 field sites one year after liming”. *Taylor & Francis*. [En línea], 2008, (England), vol. 19 (7-12), págs.1371–1379. [Consulta: 13 de noviembre 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00103628809368019>.
- 44. PAUCAR, Pablo.** Evaluación de tres niveles de fertilización química en dos variedades de habas (*Vicia faba* L.), en la zona El Ángel, provincia del Carchi. [En línea]. (Trabajo de titulación), Universidad Técnica de Babahoyo. Carchi-Ecuador. 2014. págs. 1-58. [Consulta: 15 de noviembre 2023.] Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/692>
- 45. PERUGACHI, Mayra.** Análisis de la sustitución de proteína animal por concentrado proteínico de haba (*Vicia faba* L.) en salchichas tipos vienesa. [En línea]. (Trabajo de titulación), [En línea]. (Trabajo de titulación), Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2017. Págs. 1-78. [Consulta: 15 de noviembre 2023.] Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17044>
- 46. PERALTA, Eduardo., et al.** “Fertilización orgánica. Guía para el cultivo de haba”. *Estación Experimental Agrícola. Santa Catalina*. [En línea], 2010. (Ecuador), pág. 1-18. [Consulta: 14 de noviembre 2023] Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/9/6/iniapscbd240.pdf>
- 47. RINCÓN, Cerón., et al.** “Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos”. *Revista Colombiana de Biotecnología*. [En línea], 2012, (Colombia), vol. 12 (1), pág. 285-295. [Consulta: 14 de noviembre 2023] ISSN:0123-3475. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77624081026>
- 48. SAG.** Lista de plaguicidas con autorización vigente al 11 de octubre 2022. *Servicio Agrícola y Ganadero*. [En línea], 2022 (Chile). [Consulta: 20 de noviembre 2023] Disponible en: www.sag.cl
- 49. SUQUILANDA, Manuel.** *Manejo agroecológico de suelo*. Quito-Ecuador: Medios Públicos EP, 2017, pág. 31.

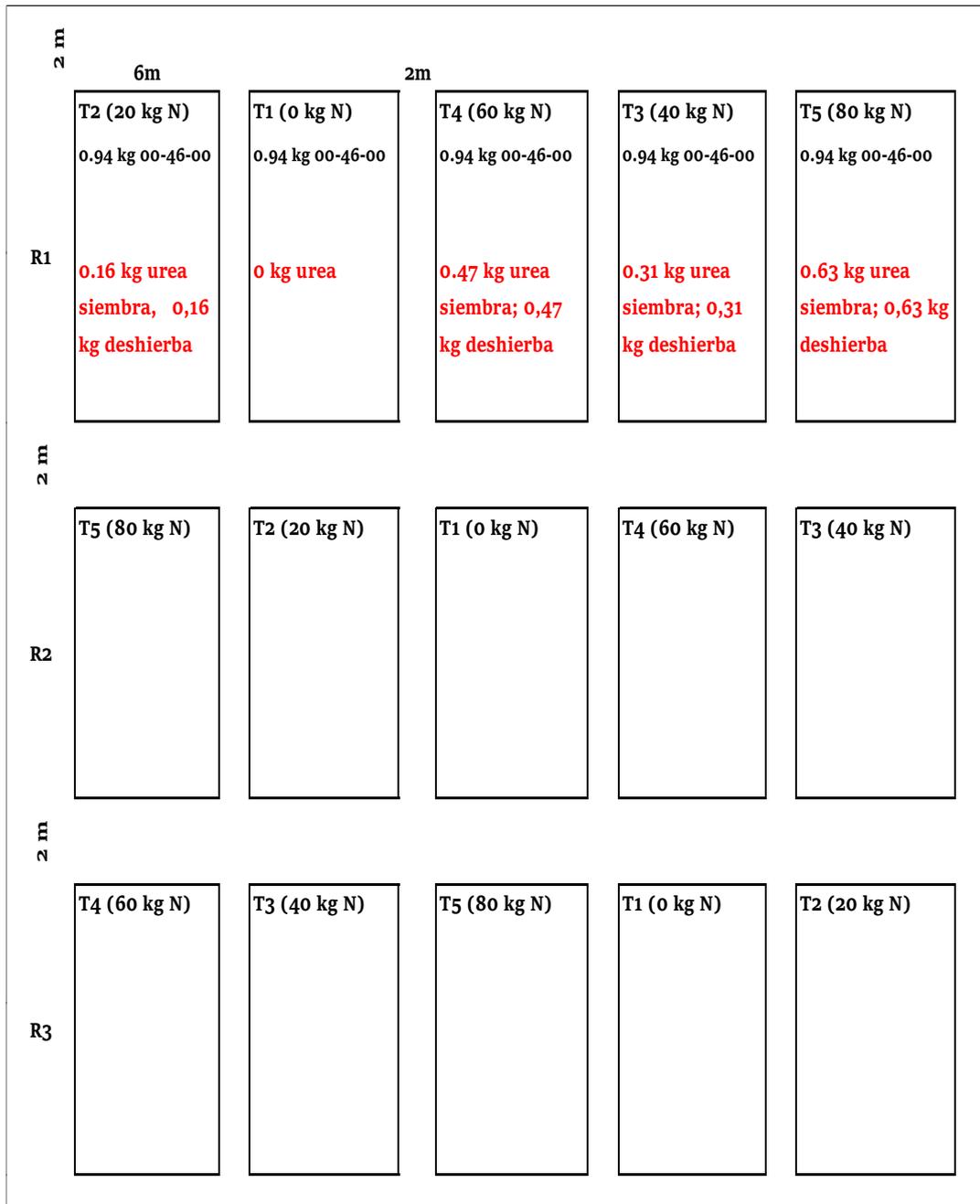
- 50. Schlesinger, W, H.** *Sobre el destino de lo antropogénico*. EE.UU. : Proc. Nacional. Acad. Ciencia. EE.UU., 2008.
- 51. TANG, Jianghua., et al.** “Moderate Nitrogen Reduction Increases Nitrogen Use”. *Researchgate*. [En línea], 2023 (China), vol. 13(4), págs. 1-24. [Consulta: 15 de noviembre 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture13040796>.
- 52. TORRES, Francisco., et al.** “Guía del cultivo de habas. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera”. *Alcalá del Río. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera*. [En línea], 2015 (España), págs. 1-27. [Consulta: 15 de noviembre 2023.] Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/9a7c3d25-ce0e-4b14-8c98-4355cb72123e/download>
- 53. TUCKER, Billy & HAGIN, Josef.** “Fertilization of Dryland and Irrigated Soils”. *SPINGER*. [En línea], 1982, (Berlín-Alemania), vol.12 (1), pág. 22-69. [Consulta: 18 de noviembre 2023.] ISSN 0172-4207 Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-68327-5>.
- 54. VALVERDE, F.** *Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador*. Quito-Ecuador: INIAP, 2001, págs. 12-13
- 55. WHITNEY, DM., et al.** “The Cycles of Nitrogen and Phosphorus”. *Springer*. [En línea], 1981, (United State of America), vol. 38 (1), págs. 163-178. [Consulta: 19 de noviembre de 2023.] ISBN-13: 9781461258957. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5893-3_8.
- 56. YANDUN, W. P.** *Eficacia de tres herbicidas post-emergentes en El control de malezas en dos variedades de haba (Vicia faba L.) en la zona de santa martha de cuba, provincia del carchi*. Carchi : Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- 57. YÁNEZ, Gabriel.** “Evaluacion del deshije y distancias de siembra en el cultivo de haba (Vicia faba)”. *Universidad Técnica de Ambato*. [En línea], 2013 (Ecuador), págs. 1-72. [Consulta: 20 de noviembre 2023] Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/4332>

58. ZHAO, Haogeng., et al. "Effect of Nitrogen Application and Microbial Fertilizer on Nitrogen Conversion Processes in Saline Farmland". *Researchgate*. [En línea], 2023 (China), vol. 15(15), págs.1-13. [Consulta: 20 de noviembre 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w15152748>.



ANEXOS

ANEXO A: CROQUIS DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE CON N EN EL CULTIVO DE HABA. COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.



Realizado por: García M., 2024.

ANEXO B: CÁLCULOS DE FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN EL CULTIVO DE HABA. COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

CÓDIGO	Nitrógeno/ha	Fósforo/ha	Potasio/ha	Azufre/ha	Urea total	(Urea/ha) 50% siembra	(Urea/ha) 50% deshierba	Superfosfato triple (kg/ha)	(Urea/72 m2) 50% siembra	(Urea/72 m2) 50% deshierba	Superfosfato triple (en 72m2)
R1T1	0	60	0	0	-	-	-	130,43	-	-	0,94
R1T2	20	60	0	0	43,48	21,74	21,74	130,43	0,16	0,16	0,94
R1T3	40	60	0	0	86,96	43,48	43,48	130,43	0,31	0,31	0,94
R1T4	60	60	0	0	130,43	65,22	65,22	130,43	0,47	0,47	0,94
R1T5	80	60	0	0	173,91	86,96	86,96	130,43	0,63	0,63	0,94
R2T1	0	60	0	0	-	-	-	130,43	-	-	0,94
R2T2	20	60	0	0	43,48	21,74	21,74	130,43	0,16	0,16	0,94
R2T3	40	60	0	0	86,96	43,48	43,48	130,43	0,31	0,31	0,94
R2T4	60	60	0	0	130,43	65,22	65,22	130,43	0,47	0,47	0,94
R2T5	80	60	0	0	173,91	86,96	86,96	130,43	0,63	0,63	0,94
R3T1	0	60	0	0	-	-	-	130,43	-	-	0,94
R3T2	20	60	0	0	43,48	21,74	21,74	130,43	0,16	0,16	0,94
R3T3	40	60	0	0	86,96	43,48	43,48	130,43	0,31	0,31	0,94
R3T4	60	60	0	0	130,43	65,22	65,22	130,43	0,47	0,47	0,94
R3T5	80	60	0	0	173,91	86,96	86,96	130,43	0,63	0,63	0,94

Realizado por: García M., 2024.

ANEXO C: RENDIMIENTO DE GRANO TIERNO DE HABA (t ha⁻¹). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

Tratamiento en estudio	Rendimiento de haba (t ha⁻¹)
R ₁ T ₁ (0 kg ha ⁻¹ de N)	6.50
R ₂ T ₁ (0 kg ha ⁻¹ de N)	8.13
R ₃ T ₁ (0 kg ha ⁻¹ de N)	8.81
R ₁ T ₂ (15 kg ha ⁻¹ de N)	8.69
R ₂ T ₂ (15 kg ha ⁻¹ de N)	11.19
R ₃ T ₂ (15 kg ha ⁻¹ de N)	8.00
R ₁ T ₃ (30 kg ha ⁻¹ de N)	10.88
R ₂ T ₃ (30 kg ha ⁻¹ de N)	9.00
R ₃ T ₃ (30 kg ha ⁻¹ de N)	10.50
R ₁ T ₄ (45 kg ha ⁻¹ de N)	9.13
R ₂ T ₄ (45 kg ha ⁻¹ de N)	9.88
R ₃ T ₄ (45 kg ha ⁻¹ de N)	11.41
R ₁ T ₅ (60 kg ha ⁻¹ de N)	9.81
R ₂ T ₅ (60 kg ha ⁻¹ de N)	9.94
R ₃ T ₅ (60 kg ha ⁻¹ de N)	10.38

Fuente: Datos de campo INIAP, 2024.

Realizado por: García M., 2024.

ANEXO D: ANÁLISIS DE DENSIDAD APARENTE (g cc^{-1}), HUMEDAD GRAVIMÉTRICA (%) Y HUMEDAD VOLUMÉTRICA (%) DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL. COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

Tratamiento en estudio	Densidad Aparente (g cc^{-1})	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)
R ₁ T ₁ (0 kg ha ⁻¹ de N)	1.30	26.40	34.80
R ₂ T ₁ (0 kg ha ⁻¹ de N)	1.10	25.20	28.50
R ₃ T ₁ (0 kg ha ⁻¹ de N)	1.20	28.30	32.50
R ₁ T ₂ (15 kg ha ⁻¹ de N)	1.20	26.20	31.60
R ₂ T ₂ (15 kg ha ⁻¹ de N)	1.10	24.60	28.10
R ₃ T ₂ (15 kg ha ⁻¹ de N)	1.20	27.30	32.60
R ₁ T ₃ (30 kg ha ⁻¹ de N)	1.30	26.40	33.90
R ₂ T ₃ (30 kg ha ⁻¹ de N)	1.20	28.70	35.10
R ₃ T ₃ (30 kg ha ⁻¹ de N)	1.10	24.70	27.90
R ₁ T ₄ (45 kg ha ⁻¹ de N)	1.20	25.50	29.50
R ₂ T ₄ (45 kg ha ⁻¹ de N)	1.10	25.90	28.80
R ₃ T ₄ (45 kg ha ⁻¹ de N)	1.30	25.90	33.50
R ₁ T ₅ (60 kg ha ⁻¹ de N)	1.30	27.10	33.90
R ₂ T ₅ (60 kg ha ⁻¹ de N)	1.10	27.10	31.10
R ₃ T ₅ (60 kg ha ⁻¹ de N)	1.30	26.30	33.00

Fuente: Laboratorio INIAP, 2024.

Realizado por: García M., 2024.

ANEXO E: ANÁLISIS DE NITRÓGENO TOTAL (%), AMONIO (ppm) Y CARBONO ORGÁNICO (%) DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL. COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

Tratamiento en estudio	Nitrógeno Total (%)	Amonio (ppm)	Carbono Orgánico (%)
R ₁ T ₁ (0 kg ha ⁻¹ de N)	0.09	70.59	1.52
R ₂ T ₁ (0 kg ha ⁻¹ de N)	0.09	59.17	1.66
R ₃ T ₁ (0 kg ha ⁻¹ de N)	0.10	70.64	1.62
R ₁ T ₂ (15 kg ha ⁻¹ de N)	0.15	76.94	1.69
R ₂ T ₂ (15 kg ha ⁻¹ de N)	0.12	76.43	1.68
R ₃ T ₂ (15 kg ha ⁻¹ de N)	0.14	70.03	1.68
R ₁ T ₃ (30 kg ha ⁻¹ de N)	0.17	91.58	1.70
R ₂ T ₃ (30 kg ha ⁻¹ de N)	0.18	96.39	1.74
R ₃ T ₃ (30 kg ha ⁻¹ de N)	0.17	89.04	1.76
R ₁ T ₄ (45 kg ha ⁻¹ de N)	0.19	104.75	1.77
R ₂ T ₄ (45 kg ha ⁻¹ de N)	0.20	101.34	1.85
R ₃ T ₄ (45 kg ha ⁻¹ de N)	0.21	108.13	1.82
R ₁ T ₅ (60 kg ha ⁻¹ de N)	0.17	83.04	1.70
R ₂ T ₅ (60 kg ha ⁻¹ de N)	0.18	90.09	1.72
R ₃ T ₅ (60 kg ha ⁻¹ de N)	0.18	86.33	1.70

Fuente: Laboratorio INIAP, 2024.

Realizado por: García M., 2024.

ANEXO F: ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL (BENEFICIO BRUTO):
RENDIMIENTO (t ha⁻¹) AJUSTADO AL 10%, COSTO DE GRANO DE HABA
TIERNA (USD t⁻¹) Y BENEFICIO BRUTO (USD ha⁻¹). COMUNIDAD DE
PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

Tratamientos en estudio	Rendimiento de grano tierno de haba (t ha⁻¹)	Rendimiento ajustado de grano tierno de haba (t ha⁻¹)	Precio del grano tierno de haba (USD t⁻¹)	Beneficio bruto (USD ha⁻¹)
T ₁ = 0 kg ha ⁻¹ de N	7.81	7.03	940	6607
T ₂ = 15 kg ha ⁻¹ de N	8.56	7.70	940	7242
T ₃ = 0 kg ha ⁻¹ de N	9.84	8.86	940	8325
T ₄ = 15 kg ha ⁻¹ de N	11.16	10.04	940	9441
T ₅ = 60 kg ha ⁻¹ de N	10.04	9.04	940	8494

Realizado por: García M., 2024.

ANEXO G: ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL (COSTO QUE VARÍA): COSTO DEL
N (USD ha⁻¹), COSTO DE LA APLICACIÓN DE N (USD ha⁻¹), COSTO DE
MANO DE OBRA DE COSECHA Y DESGRANE (USD ha⁻¹) Y COSTO QUE
VARÍA (USD ha⁻¹). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE
CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

Tratamientos en estudio	Costo del N (USD ha⁻¹)	No. Aplicación (No. ha⁻¹)	Costo mano de obra aplicación (USD)	Total aplicación (USD ha⁻¹)	Costo mano de obra de cosecha y desgrane (USD ha⁻¹)	Costo que varía (USD ha⁻¹)
T ₁ = 0 kg ha ⁻¹ de N	0	0	0	0	810	810
T ₂ = 15 kg ha ⁻¹ de N	23	2	30	60	888	971
T ₃ = 0 kg ha ⁻¹ de N	46	2	45	90	1021	1156
T ₄ = 15 kg ha ⁻¹ de N	68	2	52	104	1158	1330
T ₅ = 60 kg ha ⁻¹ de N	91	2	52	104	1042	1237

Realizado por: García M., 2024.

ANEXO H: ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL (BENEFICIO NETO): BENEFICIO BRUTO (USD ha⁻¹), COSTO QUE VARÍA (USD t⁻¹) Y BENEFICIO NETO (USD ha⁻¹). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

Tratamientos en estudio	Beneficio Bruto (USD ha⁻¹)	Costo que varía (USD ha⁻¹)	Beneficio Neto (USD ha⁻¹)
T ₁ = 0 kg ha ⁻¹ de N	6607	810	5797
T ₂ = 15 kg ha ⁻¹ de N	7242	971	6271
T ₃ = 0 kg ha ⁻¹ de N	8325	1156	7168
T ₄ = 15 kg ha ⁻¹ de N	9441	1330	8111
T ₅ = 60 kg ha ⁻¹ de N	8494	1237	7257

Realizado por: García M., 2024.

ANEXO I: ANÁLISIS DE DOMINANCIA (TRATAMIENTOS ORDENADOS POR BENEFICIO NETO): BENEFICIO NETO (USD ha⁻¹) Y COSTO QUE VARÍA (USD ha⁻¹). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

Tratamientos en estudio	Beneficio Neto (USD ha⁻¹)	Costo que varía (USD ha⁻¹)
T ₄ = 45 kg ha ⁻¹ de N	8111	1330
T ₅ = 60 kg ha ⁻¹ de N	7257	1237
T ₃ = 30 kg ha ⁻¹ de N	7168	1156
T ₂ = 15 kg ha ⁻¹ de N	6271	971
T ₁ = 0 kg ha ⁻¹ de N	5797	810

Realizado por: García M., 2024.

ANEXO J: ANÁLISIS DE DOMINANCIA (TRATAMIENTOS NO DOMINADOS): BENEFICIO NETO (USD ha⁻¹) Y COSTO QUE VARÍA (USD ha⁻¹). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

Tratamientos en estudio	Beneficio Neto (USD ha⁻¹)	Costo que varía (USD ha⁻¹)
T ₄ = 45 kg ha ⁻¹ de N	8111	1330
T ₅ = 60 kg ha ⁻¹ de N	7257	1237
T ₃ = 30 kg ha ⁻¹ de N	7168	1156
T ₂ = 15 kg ha ⁻¹ de N	6271	971
T ₁ = 0 kg ha ⁻¹ de N	5797	810

Realizado por: García M., 2024.

ANEXO K: TASA DE RETORNO MARGINAL: BENEFICIO NETO (USD ha⁻¹) Y COSTO QUE VARÍA (USD ha⁻¹). COMUNIDAD DE PUCULPALA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO-ECUADOR, 2024.

Tratamientos en estudio	Beneficio Neto (USD ha⁻¹)	Costo que varía (USD ha⁻¹)	Incremento (USD ha⁻¹)		Tasa de Retorno Marginal (%)
			Beneficio Neto	Costo que varía	
T ₄ = 45 kg ha ⁻¹ de N	8111	1330	854	93	918
T ₅ = 60 kg ha ⁻¹ de N	7257	1237	89	81	110
T ₃ = 30 kg ha ⁻¹ de N	7168	1156	897	185	485
T ₂ = 15 kg ha ⁻¹ de N	6271	971	474	161	294
T ₁ = 0 kg ha ⁻¹ de N	5797	810	0	0	0

Realizado por: García M., 2024.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 05/06/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Mishell Elizabeth Garcia Manobanda
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: RECURSOS NATURALES
Carrera: AGRONOMÍA
Título a optar: INGENIERA AGRÓNOMA
 Ing. Arturo Miguel Cerón Martínez, MSc. Director del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova, PhD. Asesor del Trabajo de Integración Curricular