



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA DOSIS OPTIMA DE NITRÓGENO EN EL
CULTIVO DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet) VARIEDAD
INIAP-450-ANDINO EN LA COMUNIDAD DE PUCULPALA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

JHON PATRICIO CAJO VEGA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA DOSIS OPTIMA DE NITRÓGENO EN EL
CULTIVO DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet) VARIEDAD
INIAP-450-ANDINO EN LA COMUNIDAD DE PUCULPALA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: JHON PATRICIO CAJO VEGA

DIRECTOR: ING. VICTOR ALBETO LINADO CORDOVA PhD

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Jhon Patricio Cajo Vega

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

Yo, JHON PATRICIO CAJO VEGA, 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 autor 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, 16 de diciembre de 2022

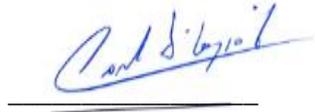


Jhon Patricio Cajó Vega

025014766-7

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 CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet) VARIEDAD INIAP-450-ANDINO EN LA COMUNIDAD DE PUCULPALA**, realizado por: **JHON PATRICIO CAJO VEGA**, 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. Pablo Israel Álvarez Romero PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-12-16
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova PhD DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-16
Ing. Carlos Francisco Carpio Coba ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-16

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo de titulación a mi mamá quien con sus consejos y su apoyo incondicional me inculco ser un gran agricultor. También quiero dedicar a mi esposa e hija, ya que gracias a ellas estoy luchando para cumplir todos mis proyectos, a mi papa Cesar Agosto quien ha sido fundamental en mi vida inculcándome el verdadero amor por el campo. A Dios quien ha sido mi guía y fortaleza para continuar preparándome académicamente.

Jhon

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi madre por ser el pilar fundamental tanto económicamente y moralmente para terminar el trabajo de titulación, Un enorme agradecimiento a todos los docentes que me ayudaron a formarme académicamente y humanísticamente, especialmente quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, a la facultad de Recursos Naturales carrera Agronomía por acogerme en esta larga trayectoria por brindarnos esos conocimientos que están plasmados en el presente trabajo de titulación, también quiero brindar un afectuoso agradecimiento al Doctor Víctor Barrera y al Ingeniero Luis Escudero por abrirme las puertas del Iniap y hacer posible esta investigación, gracias por sus enseñanzas enfocadas a brindar mejor calidad de vida a los agricultores.

Jhon

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos	3
<i>1.2.1. Objetivo General.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2. Específicos</i>	<i>4</i>
1.3. Justificación	4
1.4. Hipótesis.....	4
<i>1.4.1. Nula</i>	<i>4</i>
<i>1.4.2. Alterna</i>	<i>4</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Nitrógeno.....	5
<i>2.1.1. Nitrógeno orgánico</i>	<i>5</i>
<i>2.1.2. Nitrógeno inorgánico</i>	<i>6</i>
2.2. Nitrógeno en el suelo y en las plantas	6
2.3 Ciclo del nitrógeno	6
<i>2.3.1. Mineralización del nitrógeno</i>	<i>8</i>
<i>2.3.1.1. Aminación</i>	<i>9</i>

2.3.1.2.	<i>Amonificación</i>	9
2.3.2.	<i>Nitrificación</i>	9
2.3.2.1.	<i>Condiciones que afectan la nitrificación</i>	10
2.3.2.1.1.	<i>Aireación</i>	10
2.3.2.1.2.	<i>Temperatura</i>	10
2.3.2.1.3.	<i>Humedad</i>	10
2.3.2.1.4.	<i>Fertilizantes</i>	10
2.3.2.1.5.	<i>Relación carbono/nitrógeno (C/N)</i>	10
2.3.3.	<i>Drenaje o lixiviación</i>	11
2.3.4.	<i>Volatilización</i>	11
2.3.5.	<i>Desnitrificación</i>	12
2.3.6.	<i>Inmovilización</i>	12
2.4.	<i>Eutrofización</i>	12
2.5.	<i>Urea</i>	13
2.5.1.	<i>Comportamiento de la urea en el suelo</i>	13
2.6.	<i>Cultivo de chocho</i>	13
2.6.1.	<i>Descripción botánica</i>	14
2.6.1.1.	<i>Raíces</i>	14
2.6.1.2.	<i>Tallo principal y ramas</i>	14
2.6.1.3.	<i>Hojas</i>	14
2.6.1.4.	<i>Etapas de floración</i>	14
2.6.1.5.	<i>Inflorescencias</i>	14
2.6.2.	<i>Fenología</i>	15
2.6.2.1.	<i>Emergencia</i>	15
2.6.2.2.	<i>Cotiledonar</i>	15
2.6.2.3.	<i>Desarrollo</i>	15
2.6.2.4.	<i>Floración</i>	16
2.6.2.5.	<i>Reproductivo</i>	16
2.6.2.6.	<i>Envainamiento</i>	16

2.6.2.7.	<i>Cosecha</i>	16
2.7.	Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) variedad INIAP-450 Andino	16
2.7.1.	<i>Origen y distribución</i>	16
2.7.2.	<i>Características de adaptación</i>	17
2.7.2.1.	<i>Requerimientos climáticos y edáficos</i>	17
2.7.2.2.	<i>Características morfológicas y agronómicas</i>	17
2.7.2.3.	<i>Características de Calidad</i>	18
2.7.3.	<i>Manejo del cultivo</i>	18
2.7.3.1.	<i>Zonificación</i>	18
2.7.3.2.	<i>Preparación Del Suelo</i>	18
2.7.3.3.	<i>Fertilización</i>	18
2.7.4.	<i>Siembra Y Densidad Poblacional</i>	18
2.7.5.	<i>Control De Malezas</i>	19
2.7.5.1.	<i>Manual</i>	19
2.7.5.2.	<i>Químico</i>	19
2.7.6.	<i>Combate De Plagas Y Enfermedades</i>	19
2.7.6.1.	<i>Plagas Y Enfermedades</i>	19
2.7.7.	<i>Cosecha Y Trilla</i>	20
2.7.7.1.	<i>Trillado y Venteado de granos</i>	20
2.7.7.2.	<i>Grano comercial</i>	20
2.7.7.3.	<i>Semilla</i>	20
2.7.8.	<i>Secado Y Clasificado</i>	20
2.7.9.	<i>Almacenamiento</i>	21

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1.	Características del lugar	22
3.1.1.	<i>Localización</i>	22
3.1.2.	<i>Ubicación</i>	22

3.1.3.	<i>Características edafoclimáticas</i>	22
3.1.4.	<i>Clasificación ecológica</i>	23
3.2.	Materiales y equipos	23
3.2.1.	<i>Material experimental</i>	23
3.2.2.	<i>Materiales</i>	23
3.2.2.1.	<i>Materiales de campo.</i>	23
3.2.2.2.	<i>Equipos de oficina.</i>	24
3.3.	Manejo del cultivo	24
3.3.1.	<i>Análisis de física y química de suelos</i>	24
3.3.2.	<i>Distancia y densidad de siembra.</i>	25
3.3.3.	<i>Preparación del suelo.</i>	25
3.3.3.1	<i>Surcada</i>	26
3.3.4.	<i>Raleo.</i>	26
3.3.5.	<i>Cantidad de semilla</i>	26
3.3.6.	<i>Fertilización.</i>	26
3.3.7.	<i>Control de maleza.</i>	26
3.3.8.	<i>Control de plagas.</i>	27
3.3.9.	<i>Cosecha.</i>	27
3.4.	Metodología	27
3.4.1.	<i>Factores en estudio.</i>	27
3.4.2.	<i>Unidad experimental.</i>	27
3.4.3.	<i>Tratamientos.</i>	28
3.4.4.	<i>Diseño experimental.</i>	28
3.4.5.	<i>Análisis estadístico</i>	28
3.4.6.	<i>Análisis funcional.</i>	29
3.4.7.	<i>Análisis económico.</i>	29
3.5.	VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN	29
3.5.1.	<i>Agronómicas</i>	29
3.5.1.1.	<i>Peso seco.</i>	29

3.5.1.2.	<i>Rendimiento</i>	29
3.5.2.	<i>Físico químicas</i>	30
3.5.2.1.	<i>Densidad aparente:</i>	30
3.5.2.2.	<i>Nitrógeno total</i>	30
3.5.2.3.	<i>Carbón orgánico total</i>	30
3.5.2.4.	<i>Nitrato</i>	31
3.5.2.5.	<i>Amonio</i>	31
3.5.2.6.	<i>Macro y micronutrientes</i>	31

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	32
4.1.	Resultados	32
4.1.1.	<i>Variable agronómica</i>	32
4.1.1.1.	<i>Rendimiento del cultivo de chocho en t ha⁻¹</i>	32
4.1.2.	<i>Variables físicas y químicas del suelo</i>	34
4.1.2.1.	<i>Densidad aparente</i>	34
4.1.2.2.	<i>Humedad gravimétrica</i>	35
4.1.2.3.	<i>Humedad volumétrica</i>	36
4.1.2.4.	<i>Nitrógeno total</i>	36
4.1.2.5.	<i>Carbono orgánico total</i>	37
4.1.2.6.	<i>Amonio</i>	38
4.1.3.	<i>Variable Macronutrientes del suelo</i>	39
4.1.3.1.	<i>Fosforo</i>	39
4.1.3.2.	<i>Potasio</i>	40
4.1.3.3.	<i>Calcio</i>	41
4.1.3.4.	<i>Magnesio</i>	41
4.1.3.5.	<i>Azufre</i>	42
4.1.4.	<i>Variable Micronutrientes del suelo</i>	43
4.1.4.1.	<i>Boro</i>	43

4.1.4.2.	Zinc.....	44
4.1.4.3.	Cobre.....	44
4.1.4.4.	Hierro.....	45
4.1.4.5.	Manganeso.....	45
4.1.5.	Variables Económicas.....	46
4.1.5.1.	Costos y beneficios del cultivo de chocho en USD ha ⁻¹	46
4.2.	Discusión de los resultados.....	48
4.2.1.	Agronómicas.....	48
4.2.1.1.	Rendimiento.....	48
4.2.2.	Variable Física y químicas del suelo.....	49
4.2.2.1.	Densidad aparente.....	49
4.2.2.2.	Humedad gravimétrica.....	49
4.2.2.3.	Humedad volumétrica.....	49
4.2.2.4.	Nitrógeno total.....	50
4.2.2.5.	Carbón orgánico total.....	50
4.2.2.6.	Amonio.....	51
4.2.2.7.	Macronutrientes.....	51
4.2.2.8.	Micronutrientes.....	52
4.2.2.9.	Económico.....	52
	CONCLUSIONES.....	53
	RECOMENDACIONES.....	54
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Características morfológicas y agronómicas del chocho variedad INIAP'450.....	17
Tabla 2-2:	Características de calidad del chocho variedad INIAP-450.	18
Tabla 3-2:	Plagas y enfermedades del cultivo de chocho y su control.	20
Tabla 4-3:	Ubicación geográfica y política del sitio experimental	22
Tabla 5-3:	Taxonomía de suelos del sitio experimental.....	23
Tabla 6-3:	Características agroclimáticas del sitio experimental.....	23
Tabla 7-3:	Distancias y densidad de siembra para el cultivo en estudio.....	25
Tabla 8-3:	Especificaciones de las unidades experimentales.....	27
Tabla 9-3:	Niveles de Nitrógeno en kg ha^{-1} de los tratamientos en estudio.....	28
Tabla 10-3:	Esquema del análisis de varianza.	28
Tabla 11-4:	Análisis de varianza para el rendimiento en t ha^{-1} del cultivo de chocho.....	32
Tabla 12-4:	Promedios y pruebas de LSD al 5% para el rendimiento en t ha^{-1}	33
Tabla 13-4:	Análisis de Varianza en USD ha^{-1} del cultivo de chocho.....	47
Tabla 14-4:	Promedios y prueba de LSD al 5% en USD ha^{-1}	48

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Ciclo del nitrógeno.....	7
Ilustración 2-2: Mineralización del nitrógeno orgánico.	8
Ilustración 3-2: Fases fenológicas del cultivo de chocho	15
Ilustración 4-4: Modelos de N Lineal y N Cuadrático para ajustar los rendimientos en t ha ⁻¹ ..	34
Ilustración 5-4: Respuesta de la densidad aparente a la aplicación de diferentes dosis de N..	35
Ilustración 6-4: Respuesta de la humedad gravimétrica a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	35
Ilustración 7-4: Respuesta de la humedad volumétrica a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	36
Ilustración 8-4: Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de nitrógeno total.....	37
Ilustración 9-4: Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de carbono en el suelo. ..	38
Ilustración 10-4: Modelo de N Cuadrático para ajustar la cantidad de Amonio en el suelo.	39
Ilustración 11-4: Respuesta del fosforo a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	40
Ilustración 12-4: Respuesta del potasio a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	41
Ilustración 13-4: Respuesta del calcio a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	41
Ilustración 14-4: Respuesta del Magnesio a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	42
Ilustración 15-4: Respuesta del azufre a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	43
Ilustración 16-4: Respuesta del boro a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	43
Ilustración 17-4: Respuesta del zinc a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	44
Ilustración 18-4: Respuesta del cobre a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	45
Ilustración 19-4: Respuesta del hierro a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	45
Ilustración 20-4: Respuesta del manganeso a la aplicación de N en kg ha ⁻¹	46

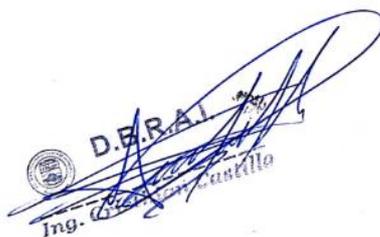
ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ANÁLISIS INICIAL DE LA DENSIDAD APARENTE INICIAL DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.
- ANEXO B:** ANÁLISIS INICIAL DE MACRONUTRIENTES PRINCIPALES DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.
- ANEXO C:** ANÁLISIS INICIAL DE MACRO NUTRIENTES SECUNDARIOS DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.
- ANEXO D:** ANÁLISIS INICIAL DE MATERIA ORGÁNICA (MO) Y NITRÓGENO (N) TOTAL.
- ANEXO E:** ANÁLISIS INICIAL DE MICRO NUTRIENTES EN CADA PARCELA EXPERIMENTAL.
- ANEXO F:** ANÁLISIS FINAL DE DENSIDAD APARENTE FINAL DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.
- ANEXO G:** ANÁLISIS FINAL DE MACRONUTRIENTES PRINCIPALES DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.
- ANEXO H:** ANÁLISIS FINAL DE MACRO NUTRIENTES SECUNDARIOS DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.
- ANEXO I:** ANÁLISIS FINAL DE MATERIA ORGÁNICA (MO) Y NITRÓGENO (N) TOTAL.
- ANEXO J:** ANÁLISIS FINAL DE MICRO NUTRIENTES EN CADA PARCELA EXPERIMENTAL.
- ANEXO K:** CROQUIS DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE
- ANEXO L:** CÁLCULOS DE FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO Y FOSFORO
- ANEXO M:** COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la dosis óptima de nitrógeno en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) variedad INIAP-450 Andino en la comunidad de Puculpala. Cuando el cultivo se encontró en madurez fisiológica, se cosecharon todas las plantas incluidas las vainas con el grano, de cada parcela neta, luego se procedió a trillar para obtener el grano seco, en una balanza se pesó el rendimiento del grano por parcela neta en kilogramos, que luego se expresó en kilogramos por hectárea, para el nitrógeno total se tomaron muestras de suelos y plantas, se utilizó el método Semi micro Kjeldhal que se realizó a través de un proceso de digestión de la muestra, para el carbón orgánico total se tomaron muestras de suelos y plantas y se determinó el contenido de materia orgánica fácilmente oxidable del suelo con el método de Walkley y Black, , también se determinó el contenido de nitrato y amonio presente en el suelo antes y después del ensayo. Se obtuvo como resultado que el rendimiento del cultivo de chocho en toneladas por hectárea, se incrementó en 90%, al pasar de 0 kilogramos por hectárea con un rendimiento de 1.41 toneladas, al tratamiento de 60 kilogramos por hectárea con un rendimiento de 2.68 toneladas, que fue el de mayor rendimiento; es decir que, al incrementar las dosis de fertilización desde 0 hasta 60 kilogramos de nitrógeno permite obtener mejores rendimientos en el cultivo de chocho. Se concluye que la fertilización nitrogenada muestra un beneficio neto positivo, incrementando a 114% al pasar de los tratamientos de 0 kilogramos al tratamiento de 60 kilogramos. Se recomienda aplicar 60 kilogramos por hectárea de nitrógeno en el cultivo de chocho.

Palabras clave: <PUCULPALA (PARROQUIA)>, <CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet)>, <KJELDHAL>, <WALKLEY Y BLACK>, <NITRATO>, <BENÉFICO NETO>



D.B.R.A.I.
Ing. ... Puculpala



0190-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

This present investigation aimed to evaluate the optimum dose of nitrogen in the cultivation of chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) variety INIAP-450 Andean in the community of Puculpala. When the crop was at physiological maturity, all the plants were harvested, including the pods with the grain, from each net plot, then threshing was done to obtain the dry grain, the grain yield per net plot was weighed in kilograms on a weighing scale to be estimated in kilograms per hectare later, for the total nitrogen, soil and plant samples were taken, for total organic carbon, soil and plant samples were taken and the easily oxidizable organic matter content of the soil was determined using the Walkley and Black method, and the nitrate and ammonium content present in the soil before and after the trial was also determined. It was obtained as a result that the yield of the chocho crop in tons per hectare increased by 90%, from 0 kilograms per hectare with a yield of 1.41 tons, to the treatment of 60 kilograms per hectare with a yield of 2.68 tons. It was the highest yield, that means, by increasing the doses of fertilization from 0 to 60 kilograms of nitrogen better yields in the chocho crop were gotten. It is concluded that nitrogen fertilization shows a positive net benefit, increasing to 114% from the 0 kilogram to the 60 kilogram treatment. It is recommended to apply 60 kilograms per hectare of nitrogen in the chocho crop.

Key words: <PUCULPALA (PARISH)>, <CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet)>, <KJELDHAL>, <WALKLEY AND BLACK>, <NITRATE>, <NET BENEFIT>.



Esthela Isabel Colcha Guashpa

C.C. 0603020678

INTRODUCCIÓN

El chocho es considerado como un súper alimento, por su alto contenido de proteína 51%. La producción de chocho en Latinoamérica encabeza Perú, con rendimientos de 2,16 t ha⁻¹, Bolivia con 2,06 t ha⁻¹, y en tercer lugar se encuentra Ecuador con 1,5 t ha⁻¹. El chocho es utilizado para el consumo interno con un 80% y para exportación con un 20% desde el año 2019, se empezó a exportar el chocho con valor agregado, pero para el año 2021 se limitaron las exportaciones, por un déficit en el consumo interno. Los rendimientos son muy bajos considerando los rendimientos de Perú y Bolivia, y esto se debe a la alta incidencia de plagas y enfermedades, y un manejo inadecuado de la fertilización.

Estudios conducidos durante 4 años con prácticas de agricultura de conservación en la microcuenca del río Illangama en Ecuador, donde la labranza reducida, la retención de residuos de cultivos y el uso de cultivos de cobertura y aplicaciones de fertilizantes nitrogenados se asocian positivamente con los rendimientos y ganancias en los cultivos de papa, avena, cebada, haba y pasto, muestran la viabilidad biológica y económica de la agricultura de conservación en la región Andina de Ecuador (Barrera et al., 2019, pp.2747-1753; Alwang et al., 2014, pp.21-38).

En lo que respecta a los niveles de fertilización nitrogenada, un estudio realizado en el sistema maíz suave-fréjol arbustivo en la microcuenca del río Alumbre en Ecuador, se pudo demostrar que el maíz y el fréjol respondieron significativamente a los aportes de fertilización nitrogenada, duplicando los rendimientos al aplicar 120 y 140 kg de N ha⁻¹ en comparación con las prácticas tradicionales de los agricultores (Escudero et al., 2014, pp.130-140). Sin embargo, al aplicar 140 kg de N ha⁻¹ existe un mayor potencial de lixiviación de Nitrato (NO₃⁻) con precipitación mayor a 900 mm, mientras que con 120 kg de N ha⁻¹ es una tasa donde los rendimientos pueden duplicarse y las pérdidas de lixiviación de NO₃⁻ en el medio ambiente pueden ser menores, especialmente en sistemas de labranza mínima (Escudero et al., 2014, pp.131-135; Barrera et al., 2012, pp.768-779).

El Nitrógeno (N), es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el rendimiento de los cultivos. Este macronutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa. Las deficiencias de N se evidencian por clorosis (amarillamiento) de las hojas más viejas (Escudero et al., 2014, pp.130-139).

En el cultivo de chocho no existe estudios relevantes que muestren si la fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de chocho es suficiente para llegar a potencial del rendimiento del cultivo de chocho Iniap-450 Andino, por lo mencionado se optado en determinar si la aplicación de nitrógeno en el cultivo mejora en el rendimiento del cultivo.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Casi dos tercios de las emisiones provenientes de la agricultura se producen como Óxido Nitroso (N₂O), que tiene 298 veces el potencial de calentamiento atmosférico del Dióxido de Carbono (CO₂). Los principales factores contribuyentes a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la agricultura proceden de la transformación, mediante diversos procesos biológicos y físico-químicos presentes en el suelo, de los insumos de fertilizantes inorgánicos y de la materia orgánica (estiércol, compost, residuos vegetales). Estos procesos conllevan la producción de los tres principales GEI procedentes de la agricultura: N₂O, CO₂ y Metano (CH₄) (Barrera et al., 2019, pp.2747-1753; Alwang et al., 2014, pp.21-38).

En la actualidad, el cambio climático está afectando a la producción y productividad agrícola y ganadera, a través del incremento del estrés térmico y de la reducción de la disponibilidad de agua, e indirectamente a través de la competencia por recursos naturales con otros sectores de la economía (Barrera et al., 2019, pp.2747-1753). Existe poca información de la fertilización a base de nitrógeno para el cultivo de chocho, se debe a que es una leguminosa, y por lo tanto se asume que fija nitrógeno atmosférico gracias a las bacterias simbióticas, la pregunta, es suficiente la fijación biológica de nitrógeno para compensar los requerimientos de nitrógeno de la planta, por lo tanto la investigación se basa en cuantos kilogramos de nitrógeno debemos aportar al cultivo para lograr suplementar el nitrógeno que demanda el cultivo, así explotaremos el máximo potencial del cultivo de chocho, y por ende lograremos rendimientos mayores, a los que están acostumbrados los agricultores.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo General*

- Evaluar la dosis óptima de nitrógeno en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) variedad INIAP-450 Andino en la comunidad de Puculpala.

1.2.2. Específicos

- Determinar la dosis óptima de nitrógeno en el rendimiento del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) variedad INIAP-450 Andino en la comunidad de Puculpala.
- Evaluar la influencia del Nitrógeno en los micro y macro nutrientes antes y después del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet).
- Evaluar la dosis óptima de Nitrógeno en los beneficios económicos del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet).

1.3. Justificación

Los avances conseguidos por el INIAP en relación a la agricultura de conservación están son de vital importancia específicamente con el manejo de plagas y enfermedades y del uso posterior que se le brinda al chocho. Sin embargo, en términos de nutrientes del suelo, especialmente el nitrógeno, no se ha trabajado en potencializar la producción del cultivo de chocho prevalente en los sistemas de producción de la microcuenca del río Blanco. Por lo tanto, la aplicación de niveles adecuados de N estará dirigida a conseguir un alto retorno económico a través de un rendimiento óptimo y de calidad; pero, también será importante minimizar los riesgos de contaminación de aguas superficiales o profundas por lixiviación de nitratos, y de la atmósfera, con gases derivados de procesos como desnitrificación (N_2O , N_2) y volatilización (NH_3), a través del uso eficiente de este nutriente. Si se logra esto, el agricultor mejorará la calidad de vida de sus familias y del ambiente.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Nula

Las dosis de nitrógeno aplicadas en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) variedad INIAP-450 Andino no influye en el rendimiento, nutrientes del suelo y beneficios económicos.

1.4.2. Alterna

Al menos una dosis de nitrógeno aplicada al cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) variedad INIAP-450 Andino, influye en el rendimiento, nutrientes del suelo y beneficios económicos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Nitrógeno

El Nitrógeno es un elemento que se encuentra muy dinámico en la naturaleza, además es uno de los más manejados dentro de los programas de fertilización ya que las plantas necesitan de este elemento para un buen desarrollo, junto al fosforo y al potasio, está considerado como un macronutriente (Benimeli et al., 2019; citados en Canguahuamin, 2021, p.5).

Según Aparicio (1993, citados en Chafa, 2015, p.3) el N es uno de los elementos más ampliamente distribuidos en toda la naturaleza. Y en la atmósfera se encuentra en forma de N₂ (representando alrededor del 78%, lo que equivale a 2.8×10^4 T de N.).

Rausch (2015, p.14) menciona que el nitrógeno es un elemento esencial, apreciado un macronutriente, para todos los seres vivos. En este momento está demostrado que es el factor limitante más común del crecimiento de las plantas, y que un deficiente suministro de éste nutriente puede provocar notables descensos en la producción de todos los vegetales. Asimismo de ser un componente determinado de las proteínas, está presente en la mayor parte de las combinaciones orgánicas de todos los vegetales.

De acuerdo con Sawyer y Carty (1978; citados en Pacheco et al., 2002, p.73) la química del Nitrógeno es complicada debido a los varios estados de oxidación que puede adjudicarse y al hecho de que ese cambio en el estado de oxidación puede ser usado a cabo por los organismos vivos. Este cambio en el estado de oxidación producido por las bacterias, puede ser positivo o negativo, esto va a depender de las condiciones aeróbicas o anaeróbicas que se encuentren presentes.

2.1.1. Nitrógeno orgánico

Según Salisbury y Ross (1994; Bertsch, 1995; citados en Fuentes y González, 2007, p.7). Son fuentes importantes de nitrógeno para el suelo: el estiércol, plantas, microorganismos y animales muertos en descomposición. En consecuencia la mayor parte de este nitrógeno es insoluble y no está aprovechable de inmediato para que lo utilicen las plantas. La fracción orgánica se abastece igualmente de este elemento a partir de microorganismos fijadores de N atmosférico en forma asimbiótica.

2.1.2. Nitrógeno inorgánico

El primer producto que resulta de la descomposición de la materia orgánica que se define como la mineralización, es el amonio, proveniente de la descomposición de proteínas, aminoácidos y otros compuestos. Las tres formas inorgánicas más importantes, amonio, nitrito y nitratos, estos incorporan habitualmente del 2 al 5% del N total del suelo. La fuente de amonio proviene de la mineralización del N orgánico y de los mimos fertilizantes (Fassbender y Bornemisza, 1987; citados en Fuentes y González, 2007, p.7).

2.2. Nitrógeno en el suelo y en las plantas

Según menciona Fassbender (1984; citados en Fuentes y González, 2007, p.8) el contenido de Nitrógeno total en los suelos representa entre 0.2 y 0.7% para la mencionada capa arable. El porcentaje tiende a disminuir al ampliar la profundidad del perfil. El clima es uno de los factores de la formación del suelo, este factor interviene más directamente en el contenido total de nitrógeno, cuyo porcentaje tiende a incrementarse al disminuir la temperatura y al aumentar la precipitación, dentro de ciertos límites (Fuentes y González, 2007, p.8).

En todas las plantas el nitrógeno produce un efecto que se podría llamar regulador, pues hasta cierto grado rige la asimilación del potasio, del ácido fosfórico y de otros constituyentes (Fuentes y González, 2007, pp.8-9).

Las plantas que no reciben un aporte adecuado de nitrógeno tienen un desarrollo lento y reducido, en comparación a las plantas que si reciben un aporte adecuado, incluso en el sistema radical el desarrollo es lento y reducido. Las hojas se vuelven amarillas o verde amarillentas, y en ciertas plantas las hojas se caen. Se ha hecho notar su movilidad en el suelo al considerar el ciclo del nitrógeno (Fuentes y González, 2007, pp.8-9).

2.3 Ciclo del nitrógeno

El ciclo del nitrógeno en el suelo constituye una parte muy pequeña del ciclo del nitrógeno en la naturaleza. Del 98% del nitrógeno que se encuentra en la litosfera, solamente un 0.00014% se ubica en los suelos y una cantidad semejante participa en la biosfera. Sin embargo, como en esta parte participan todas sus formas (moleculares, orgánicas e inorgánicas) resulta un ciclo muy complejo y peculiar (Bertsch, 1995; citados en Fuentes y González, 2007, p.10).

De acuerdo a Vitousek (1997; citados en Fuentes y González, 2007, pp.10-11), la atmósfera terrestre tiene un 78% de nitrógeno en forma de gas, pero la mayoría de las plantas y animales no pueden usar directamente este elemento del aire tal como lo hacen con el dióxido de carbono y el oxígeno.

Las plantas deben esperar a que el nitrógeno sea fijado en forma de compuestos inorgánicos como amonio (NH_4^+) y nitratos (NO_3^-) que ellas puedan usar. La mayoría del nitrógeno orgánico, y especialmente el que cicla en los ecosistemas terrestres, no se encuentra disponible sino inmovilizado en la materia orgánica, parcialmente descompuesto en los restos de animales y plantas que deben ser mineralizados por los microorganismos. (Fassbender, 1993; citados en Fuentes y González, 2007, pp.10-11).

El N sufre transformaciones en el suelo que dependen de varios factores, entre los que se incluyen humedad, temperatura, pH y aireación. Como resultado general, no existe una ganancia o pérdida neta de N en la naturaleza. El proceso total se conoce como Ciclo del Nitrógeno (Ilustración 1).

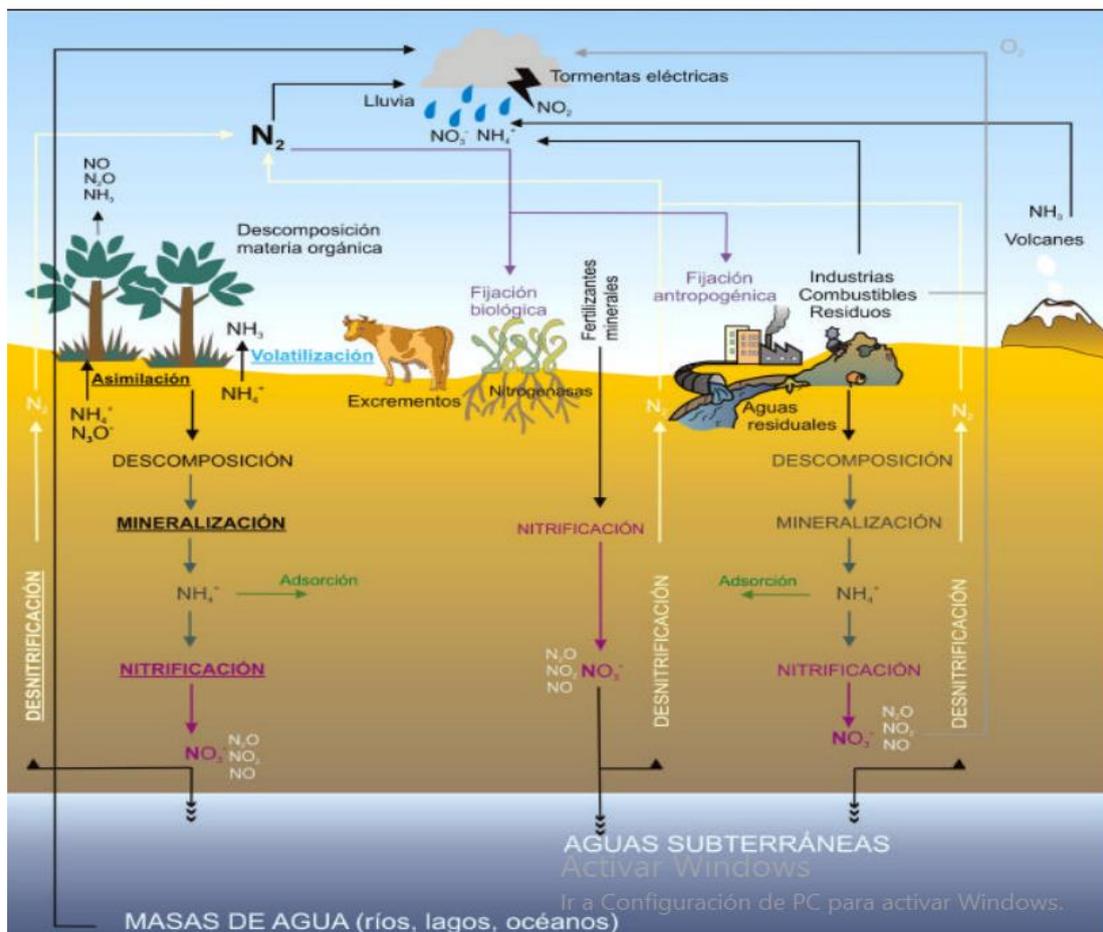


Ilustración 1-2: Ciclo del nitrógeno.

Fuente: (Coyne, 1999; citados en Fuentes y González, 2007, p.12).

En el ciclo del nitrógeno algunos productos que vienen de las transformaciones del N del suelo pueden conducir a que este elemento se pierda del agroecosistema por diferentes vías. Entre ellas están: la lixiviación, especialmente del N-NO_3^- , la volatilización del NH_4^+ y la desnitrificación con producción de gases (N_2O - y N_2) hacia la atmósfera (Bertsch, 1995; citados en Fuentes y González, 2007, p.11).

2.3.1. Mineralización del nitrógeno

La mayor proporción del nitrógeno del suelo se encuentra asociado a la materia orgánica en forma de aminoácidos o proteínas. Este N orgánico sufre una serie de transformaciones en el suelo que lo llevan a N mineral, en la cual se dan básicamente tres procesos de la mineralización: Aminación, Amonificación; estos primeros procesos por lo general se conocen como Amonificación, es decir, que el proceso de mineralización (ilustración 2- conlleva a la formación de NH_4^+ que luego puede ser transformado en nitratos (NO_3^-) a través de la Nitrificación. Estas dos formas de N mineral NH_4^+ y NO_3^- son las que las plantas absorben de la solución del suelo para su nutrición (Solórzano 1997; Bertsch, 1995; citados en Fuentes y González, 2007, p.15).

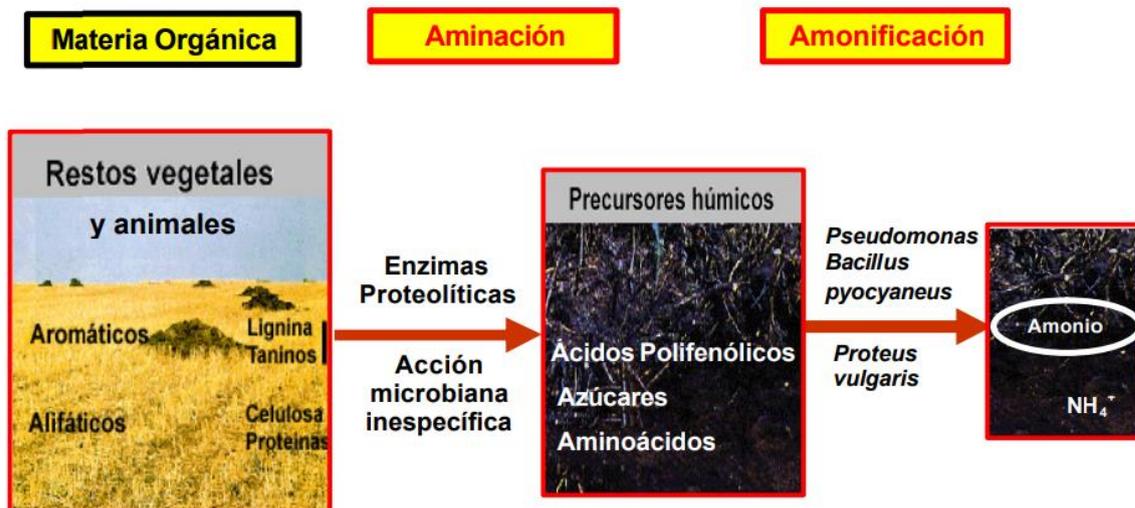


Ilustración 2-2: Mineralización del nitrógeno orgánico.

Fuente: (Fassbender, 1984; citados en Fuentes y González, 2007, p.15).

El proceso de mineralización es afectado por el clima (temperatura, humedad), el suelo (mineralogía de arcillas, pH, aireación), la calidad de la materia orgánica (relación C/N, presencia de taninos), macrofauna, microorganismos y hasta manejo del cultivo. (Vargas et al., 1994; citados en Fuentes y González, 2007, p.16).

2.3.1.1. Aminación

La reacción de aminización convierte las proteínas en aminas y aminoácidos, estos productos son transformados en nitrógeno inorgánico (NH_4^+) en la etapa de amonificación. (Martínez, 2012, p.6). En primer lugar, las enzimas proteolíticas actúan sobre las macromoléculas de las proteínas, los ácidos nucleicos y otros compuestos nitrogenados hasta descomponerlas en aminoácidos en la primera etapa llamada de aminización (Arana, 2003; citados en Fuentes y González, 2007, p.16).

2.3.1.2. Amonificación

La conversión de sustancias más complejas a amonio se denomina amonificación. La amonificación de los aminoácidos se produce bioquímicamente a través de procesos de desaminación y descarboxilación, y conduce a la formación de amonio, que ya dentro de la solución del suelo pasa a comportarse como un catión corriente. El amonio resultante de esta etapa puede ser: absorbido por las plantas; adsorbido por el complejo coloidal inorgánico y orgánico; fijado por los minerales; inmovilizado por microorganismos; lixiviado a través del suelo; oxidado hasta el nivel de nitratos (Fassbender Bornemisza, 1987; Bertsch, 1995; citados en Fuentes y González, 2007, p.18).

2.3.2. Nitrificación

Los procesos de nitrificación que se muestran en la ilustración 1 consisten en la oxidación secuencial del amonio a nitrito, y hasta hace poco se le atribuía principalmente, a las bacterias quimiolitautotróficas oxidantes del amonio (BOA) caracterizadas en numerosos ecosistemas terrestres. Las BOA se clasifican dentro de tres géneros *Nitrosomonas* (β -protoebacteria), *Nitrospira* (β -protoebacteria), y *Nitrosococcus* (γ -protoebacteria) con base en las secuencias de genes 16S rARN y del gen *amoA*. Este último codifica la subunidad A de la enzima amonio monoxigenasa (AMO), la cual cataliza el primer paso de la oxidación del amonio y es una herramienta molecular capaz de distinguir poblaciones muy cercanas (Gutiérrez y Rincón, 2012, p.289).

Durante la nitrificación parte del amonio transformado, que está presente en el suelo es convertido en nitrato (NO_3^-), reacción microbiana de oxidación, la que ocurre en dos etapas, en las cuales el NH_4^+ es transformado a nitrito (NO_2^-) y posteriormente a NO_3^- (Martínez, 2012, p.6).

2.3.2.1. Condiciones que afectan la nitrificación

2.3.2.1.1. Aireación

Como la nitrificación es un proceso de oxidación aeróbica, cualquier acción que aumente la aireación del suelo tiende a fomentarla. Como medios para fomentar la nitrificación se reconocen las labores de preparación del suelo (Fuentes y González, 2007, p.20).

2.3.2.1.2. Temperatura

La temperatura más favorable para el proceso de la nitrificación es de 27 a 32 °C (Fuentes y González, 2007, p.20).

2.3.2.1.3. Humedad

La velocidad con que se realiza la nitrificación en un suelo depende en grado considerable del contenido de agua, y el proceso es retardado por contenidos demasiados bajos y también demasiados elevados de humedad. En esa condición, el espacio de poros del suelo estaría ocupado por agua probablemente en un 50%, y, de acuerdo con resultados del estudio realizado por Vargas (1994; citados en Fuentes y González, 2007, p.20), la nitrificación, sin embargo, puede continuar aún con contenidos de agua menor que el del punto de marchitamiento.

2.3.2.1.4. Fertilizantes

Pequeñas cantidades de muchas sales estimulan la nitrificación. Los fosfatos son muy eficientes en la estimulación de todos los tipos de organismos del suelo, incluso los nitrificadores, y es tan grande la cantidad de fósforo empleada en esta forma que puede resultar una deficiencia para las plantas superiores. Sin duda sucede lo mismo con las sales de potasio (Fuentes y González, 2007, p.21).

2.3.2.1.5. Relación carbono/nitrógeno (C/N)

La relación carbono/nitrógeno (C/N) es un índice determinado por el contenido de C orgánico y N total, se considera como un indicador de la mineralización de la MO del suelo y correlaciona fuertemente con las propiedades edáficas (Soto et al., 2016, p.99).

La interacción de carbono/nitrógeno (C: N) es una interacción entre el contenido de carbono y de nitrógeno en una sustancia. Ejemplificando, una C: N de 10:1 supone que hay 10 unidades de carbono por cada unidad de nitrógeno. Ya que la interacción C: N en el suelo puede tener un impacto importante en la descomposición de los rastrojos, la cobertura del suelo y el periodo de nutrientes (predominantemente nitrógeno) (Sinaluisa et al., 2022, p.1686).

Si la relación C/N de la materia orgánica del suelo es baja, la actividad de los organismos de descomposición es intensa y eleva la demanda de nitrógeno. Habrá poco N amoniacal disponible para la nitrificación y los nitratos aparecerán en muy pequeña proporción, si es que aparecen. De modo que las plantas superiores que crecen en ese suelo pueden sufrir una falta de N asimilable. Una relación C/N baja equivale entonces a una activa competencia del N entre los diferentes organismos del suelo y también entre éstos y las plantas superiores. (Fuentes y González, 2007, p.22).

2.3.3. Drenaje o lixiviación

La lixiviación de nitratos (NO_3^-) es inevitable a pesar de la implementación de mejores prácticas agrícolas, tales como el manejo del recurso hídrico y la adecuada fertilización nitrogenada. El nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno que se encuentra en la naturaleza, en la actualidad es reconocido como un contaminante de las aguas para consumo humano (Morales et al, 2019, p.1879).

Las grandes pérdidas de nitratos, empiezan cuando existe una alta concentración de nitratos en el suelo y un elevado movimiento descendente de agua en el perfil del suelo, este desplazamiento está condicionado por factores como las precipitaciones, el riego, la capacidad de retención de humedad en el suelo, el estado vegetativo del cultivo y de las características del sistema radicular de la planta, estos a su vez determinan el volumen del drenaje (Canguahuamin, 2021, p.9).

2.3.4. Volatilización

La volatilización del Nitrógeno procedente de la urea se origina cuando esta fuente, al entrar en contacto con el suelo, se hidroliza para formar amonio (NH_4^+), por acción de la ureasa, una enzima producida por microorganismos presentes en el suelo (Canguahuamin, 2021, pp.6-7).

La magnitud de las pérdidas está determinada por factores ambientales, de suelo y manejo de fertilizantes los cuales son: la temperatura, lluvia, viento, pH, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, forma de aplicación, dosis y fuente (Canguahuamin, 2021, p.7).

Corresponden a las pérdidas de nitrógeno inorgánico, principalmente del amonio, en forma de gas amoníaco hacia la atmósfera por medios estrictamente químicos. (Avalos y Castro, 2017, p.23). El hidróxido de amonio formado se disocia en amoníaco y agua (Fassbender y Bornemisza, 1987; citados en Fuentes y González, 2007, p.7).

Las pérdidas de N del suelo por volatilización del NH_3 ascienden globalmente a 54 Mt año⁻¹ y el 75 % es de origen antropogénico estimaron que de los 47 millones de toneladas de NH_3 -N producidos globalmente cada año como resultado de la actividad humana, 32 Mt estaban asociadas con animales domésticos y 10 Mt volatilizados de campos fertilizados. (Cleemput y Boecky, 2005, p.99).

2.3.5. Desnitrificación

La desnitrificación es el proceso más importante para el ciclo del nitrógeno, éste devuelve el nitrógeno fijado a la atmósfera por procesos de respiración microbiana, a través de la reducción desasimilatoria de nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) a N_2O y N_2 , respectivamente; también involucra la reducción asimilatoria del nitrito para convertirlo en amonio e incorporarlo al metabolismo celular. Las plantas y diferentes microorganismos - arqueas, bacterias y hongos poseen la capacidad de incorporar nitratos en su biomasa, lo que reduce su pérdida por lixiviación y desnitrificación. (Gutiérrez y Rincón, 2012, p.290).

2.3.6. Inmovilización

El N puede también pasar de una forma inorgánica a una forma orgánica. Este proceso se llama inmovilización y es el reverso de la mineralización. (Avalos y Castro, 2017, p.19). Los microorganismos descomponen vigorosamente la nueva fuente de energía presente en los residuos orgánicos, pero al mismo tiempo necesitan N para formar las proteínas de sus cuerpos. Cuando el contenido de N en los residuos es bajo, los microorganismos utilizan el N inorgánico del suelo para satisfacer sus necesidades (Fassbender y Bornemisza, 1987; citados en Fuentes y González, 2007, p.7).

2.4. Eutrofización

Muchas de las aguas superficiales del mundo están degradadas de moderada a severamente por la contaminación de nutrientes, y debido a que el N es típicamente un nutriente limitante (especialmente en ambientes estuarinos), juega un papel crítico. Las cargas excesivas de nutrientes (principalmente N y P) tanto en aguas dulces como costeras pueden provocar eutrofización (Cleemput y Boecky, 2005, p.105).

Los aportes de N a las aguas superficiales han aumentado significativamente en muchas partes del mundo a medida que las actividades humanas han aumentado los aportes de N a los paisajes. Un estudio de todas las principales cuencas hidrográficas que desembocan en el Océano Atlántico Norte indica que los flujos de N han aumentado entre 2 y 20 veces desde la época preindustrial, directamente proporcionales a los aumentos en los aportes de N a estas regiones que están dominadas por el uso de fertilizantes y la contaminación atmosférica (Cleemput y Boecky, 2005, p.105).

2.5. Urea

La urea es la principal fuente de fertilización nitrogenada en el mundo, especialmente en países en desarrollo; las ventajas de este fertilizante con relación a otros son: mayor contenido de N se puede incorporar al suelo previo a la siembra y al ser un fertilizante de reacción ácida, se puede utilizar en suelos neutros o ligeramente alcalinos, además de su bajo costo de transporte por unidad de N y un manejo más seguro (Morales *et al.*, 2019, p.1879).

Este fertilizante tiene un alto contenido de nitrógeno, y su fórmula es $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ y contiene el 46 % de nitrógeno, es altamente soluble y seco, al ser incorporada al suelo sufre un proceso de hidrólisis, formando carbonato de amonio ($\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$) (Canguahuamin, 2021, p.9).

2.5.1. Comportamiento de la urea en el suelo

La Urea al tener contacto con el suelo se hidroliza con gran rapidez por efecto de la enzima llamada “ureasa” produciéndose así iones de Amonio y Amoniaco. Al hacer aplicaciones superficiales en el suelo, la Urea se pierde en forma de Amoniaco (NH_3) por medio de la volatilización y el Amonio (NH_4^+) es absorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y es eventualmente nitrificado o absorbido directamente por la planta (Canguahuamin, 2021, p.9).

2.6. Cultivo de chocho

El chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), es un grano andino que se caracteriza por contener proteínas de alto valor biológico, aminoácidos esenciales disponibles al organismo para satisfacer su requerimiento durante una situación biológica y valor nutricional (aminoácidos para síntesis de proteínas totales juntamente con otros nutrientes) (Almeida, 2015, p.8).

2.6.1. Descripción botánica

El tarwi o chocho (*Lupinus mutabilis*), es una especie generalmente anual, de crecimiento erecto y que puede alcanzar desde 0,5 hasta más 2,5 metros en las plantas más altas. (Almeida, 2015, p.9).

2.6.1.1. Raíces

Se caracteriza por ser de bastante grosor y pivotante. El aspecto más resaltante es la presencia en las raíces de un gran número de nódulos, pesando unos 50 g por planta, con bacterias llamadas *Rhizobium* sp, que - 10 - pueden fijar nitrógeno del aire y que aportan entre 40 y 80 kg/ha de nitrógeno (Almeida, 2015, pp.9-10).

2.6.1.2. Tallo principal y ramas

La planta de chocho (*Lupinus mutabilis*), presenta una estructura única con distintos niveles de ramificación y de floración. El tallo principal termina en una inflorescencia. Al igual que las ramas que siempre terminan en una inflorescencia. Los niveles de ramificación casi siempre se originan a partir de yemas axilares de hojas (Almeida, 2015, pp.9-10).

2.6.1.3. Hojas

Tienen forma de láminas de tipo digitado con un número variable de folíolos de 5 a 12, oblongos. (Almeida, 2015, p.10).

2.6.1.4. Etapa de floración

La floración es bastante desconcentrada, producto del hábito de crecimiento las plantas van floreciendo gradualmente a medida que se desarrollan los distintos niveles de ramificación, en una misma planta es posible observar vainas ya formadas, inflorescencias en plena floración y botones florales en desarrollo (Almeida, 2015, p.10).

2.6.1.5. Inflorescencias

La inflorescencia es un racimo terminal con flores dispuestas en forma verticilada. Cada flor mide alrededor de 1,2 cm de longitud y tiene la forma típica de las papilionáceas, es decir la corola con cinco pétalos, uno es el estandarte (Almeida, 2015, p.10).

2.6.2. Fenología

Las etapas fenológicas y sus definiciones son aquellas que determinan los diferentes estados vegetativos de la planta desde la siembra hasta la cosecha.



Ilustración 3-2: Fases fenológicas del cultivo de chocho

Fuente: (Almeida, 2015, p.11).

2.6.2.1. Emergencia

Cuando los cotiledones emergen del suelo (Almeida, 2015, p.12).

2.6.2.2. Cotiledonar

Los cotiledones empiezan a abrirse en forma horizontal a ambos lados, aparecen los primeros folíolos enrollados en el eje central (Almeida, 2015, p.12).

2.6.2.3. Desarrollo

Desde el apareamiento de hojas verdaderas hasta la presencia de la inflorescencia (2 cm de longitud) (Almeida, 2015, p.12).

2.6.2.4. Floración

Iniciación de apertura de flores (Almeida, 2015, p.12).

2.6.2.5. Reproductivo

Desde el inicio de la floración hasta la maduración completa de la vaina (Almeida, 2015, p.12).

2.6.2.6. Envainamiento

Formación de vainas (2 cm de longitud) (Almeida, 2015, p.12).

2.6.2.7. Cosecha:

Cuando las vainas adquieren una coloración amarillenta completando la maduración, se realiza la cosecha (Aguero, 2018, p.21).

2.7. Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) variedad INIAP-450 Andino

El género *Lupinus* consta de unas 200 especies distribuidas en América, se cultiva entre los 2500 a 3400 m.s.n.m., requiere entre 350-800 mm de precipitación anual, siendo cultivado exclusivamente en zonas secas, es susceptible al exceso de humedad, y moderadamente susceptible a la sequía durante la floración y envainado. No tolera las heladas en la fase de formación del racimo y madurez, aunque algunos ecotipos cultivados a orillas del lago Titicaca, tienen una mayor resistencia al frío. Prefiere suelos francos y franco-arenosos, con balance adecuado de nutrientes y buen drenaje, pH que oscila entre 5 y 7 (Rodríguez, 2009, p.8).

2.7.1. Origen y distribución

La variedad INIAP-450 Andino fue obtenida de una población de germoplasma introducida de Perú, en 1992. El mejoramiento se realizó por selección y las primeras evaluaciones se realizaron en surcos triples y en 1993 se consideró como línea promisorio y fue introducida al Banco de Germoplasma del INIAP con la identificación de ECU-2659. Desde entonces, se ha evaluado en varios ambientes y en 1999 se entregó como la primera variedad mejorada: INIAP-450 Andino (Caicedo *et al*, 2010, p.3).

2.7.2. Características de adaptación

2.7.2.1. Requerimientos climáticos y edáficos

- **Precipitación:** 300 mm a 600 mm en el ciclo.
- **Temperatura:** 7 a 14 oC.
- **Altitud:** 2800 a 3500 msnm.
- **Suelo:** Francos: arenoso, limoso.
- **pH:** 5.5 a 7.0

2.7.2.2. Características morfológicas y agronómicas

Tabla 1-2: Características morfológicas y agronómicas del chocho variedad INIAP'450.

Características morfológicas		Características agronómicas	
Tipo de crecimiento	Herbáceo	Días a la floración en el eje central	76 a 125
Tipo de raíz	Pivotante	Días al envainamiento en el eje central	100 a 132
Color de planta juvenil	Verde intenso	Días a la cosecha	167 a 225
Forma de hojas	Digitadas	Rendimiento promedio (t/ha ⁻¹) Número de vainas por planta	1.5 t (33qq/ha) 8 a 28
Color de hojas	Verde	Altura de planta (cm)	90 a 185
Forma del tallo principal	No prominente	Tolerancia a plagas	Susceptible
Largo de inflorescencia central (cm)	28	Tolerancia a enfermedades	Susceptible
Color de las alas	Púrpura	Tolerancia al volcamiento	Tolerante
Color de la quilla	Crema	Tolerancia a granizadas	Ligeramente tolerante
Color de la banda marginal del estandarte	Amarillo	Tolerancia a heladas	Ligeramente tolerante
Número de vainas en el eje central	10 a 14		
Forma de la vaina	Oblonga		
Largo de vainas (cm)	11		
Color de vaina a la floración	Verde		
Color de vaina a la cosecha	Café/crema		
Número de granos por vaina a la cosecha	6 a 8		

Fuente: (Caicedo *et al.*, 2010, pp.3-4)

2.7.2.3. Características de Calidad

Tabla 2-2: Características de calidad del chocho variedad INIAP-450.

Color de grano seco	Blanco-crema
Forma de grano	Oval aplanado
Tamaño de grano (mm)	8
Alcaloides (% Lupanina)	3.92
Grano de primera (%)*	83.1
Proteína (%)	45.02
Fibra cruda (%)	10.31
Grasa (%)	19.07
Calcio (%)	0.14
Energía (cal g ⁻¹)	5668
Azúcares totales (%)	6.45
Almidón total (%)	2.99

Fuente: (Caicedo *et al*, 2010, p.4)

2.7.3. Manejo del cultivo

2.7.3.1. Zonificación

Provincias de la Sierra, con énfasis en áreas secas, de Carchi hasta Loja. (Caicedo *et al*, 2010, p.4).

2.7.3.2. Preparación Del Suelo

En suelos arenosos realizar labores de rastrada y surcada con tractor o yunta, y en casos que amerite realizar labores de arada (Caicedo *et al*, 2010, p.4).

2.7.3.3. Fertilización

Aplicar 60 kg de P₂O₅(fósforo) a la siembra y abonos foliares antes de la floración. (Caicedo *et al*, 2010, p.4)

2.7.4. Siembra Y Densidad Poblacional

- **Época de siembra:** Diciembre-marzo
- **Cantidad de semilla por ha:** 40-50 kg de semilla (1 qq)
- **Número de planta/ha:** 127.500 a 170.000

- **Distancia entre surcos:** 60 a 80 cm.
- **Distancia entre sitios:** 30 cm.
- **Número de semillas por sitio:** 3 (Caicedo *et al*, 2010, p.5).

2.7.5. Control De Malezas

2.7.5.1. Manual

Realizar la primera deshierba o rascadillo entre los 30 y 45 días y la segunda deshierba y aporque a los 60 días. (Caicedo *et al*, 2010, p.5).

2.7.5.2. Químico

En casos extremos (abundante maleza, lluvia persistente, falta de mano de obra) se recomienda aplicar Paraquat (Gramoxone), en dosis de 2 litros por hectárea; para lo cual se debe emplear pantallas plásticas laterales para evitar quemar a las plantas de chocho (Caicedo *et al*, 2010, p.5).

2.7.6. Combate De Plagas Y Enfermedades

2.7.6.1. Plagas Y Enfermedades

Los plaguicidas se deben aplicar únicamente cuando sea necesario y después de haber comprobado la presencia de una plaga o enfermedad en niveles que puedan causar daño.

Tabla 3-2: Plagas y enfermedades del cultivo de chocho y su control.

PLAGA	CONTROL
Mosca de la semilla	Gaucho (Imidacloprid): 3 cc/kg semilla Semevin (Thiodicarb): 20 cc/kg semilla Deltrametrina (Decis): 400 cc/ha (en drench) Orthene 75 (Acefato): 500 g/ha (en drench)
Trozadores	Deltrametrina (Decis): 400 cc/ha
Cutzo	<i>Beauveria</i> sp., o preparación anticipada de suelos.
Chinche	Orthene 75 (Acefato): 500 g/ha
Barrenador del ápice	Deltrametrina (Decis): 400 cc/ha
Barrenador del tallo	Orthene 75 (Acefato): 500 g/ha
Trips	Spinosad (Tracer 120 SC): 150 cc/ha Cigarral (Imidacloprid): 600 cc/ha
Plagas del grano en campo	Cosecha oportuna
ENFERMEDAD	CONTROL
Antracnosis	Benlate (Benomil): 250 g/ha Derosal 500 SC (Carbendazim) 240 cc/ha
Cercospora	Kocide 101 (Hidróxido de cobre): 750 cc/ha

Fuente: (Caicedo *et al*, 2010, p.5)

2.7.7. Cosecha Y Trilla

2.7.7.1. Trillado y Venteado de granos.

La trilla de *Lupinus mutabilis* no sólo es demandante de bastante mano de obra, sino que constituye un trabajo laborioso y pesado, la planta seca se debe golpear y ventear para separar los granos de sus vainas, en este proceso se utilizan también animales, pero cuidando que sus patas no vayan a ser lastimadas por los bordes cortantes de las vainas (Plata, 2016, p.18).

2.7.7.2. Grano comercial

Cortar los racimos de vainas con hoz o manualmente. (Caicedo *et al*, 2010, p.6)

2.7.7.3. Semilla

Seleccionar plantas sanas y cosechar por separado los ejes centrales. La trilla se puede hacer en forma manual o con trilladoras estacionarias. (Caicedo *et al*, 2010, p.6)

2.7.8. Secado Y Clasificado

Una vez trillado se deberá secar el grano hasta obtener un porcentaje de 12 a 13% de humedad (Caicedo *et al*, 2010, p.6). Para la clasificación se utiliza un tamiz de 4 mm de diámetro para eliminar impurezas y un tamiz de 8 mm para separar el grano de primera calidad (Caicedo *et al*, 2010, p.6).

2.7.9. Almacenamiento

Utilizar bodegas con ventilación, libre de insectos y con baja humedad relativa. (Caicedo *et al*, 2010, p.6)

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Características del lugar

3.1.1. Localización

La investigación se implementó en la localidad de Puculpala, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, de acuerdo con la información que se detalla en los siguientes apartados.

3.1.2. Ubicación

En la tabla 4-3 se detalla la ubicación geográfica del sitio experimental

Tabla 4-3: Ubicación geográfica y política del sitio experimental

Ubicación	Descripción
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Quimiag
Comunidad	Puculpala
Altitud	2874m
Coordenadas Longitud	768788 O
Coordenadas Latitud	9814175 S
Sitio experimental	Terreno Comunal

Fuente: GPS, equipo técnico del INIAP, 2021.

Realizado por: Cajo J., 2022.

3.1.3. Características edafoclimáticas

Las características del sitio experimental se presentan en las Tablas 5-3 y 6-3.

Tabla 5-3: Taxonomía de suelos del sitio experimental.

Clasificación	Descripción
Orden	Andisoles
Suborden	Udands
Gran grupo	Haplustands
Subgrupo	ThapticHaplustands

Fuente: Departamento de Suelos y Aguas EESC del INIAP, 2020.

Realizado por: Cajo J., 2022.

Tabla 6-3: Características agroclimáticas del sitio experimental.

Denominación	Datos
Zona climática	Mesotérmico semihúmedo
Temperatura (°C)	15 a 22
Precipitación anual (mm)	500 a 2000
Humedad relativa (%)	50 a 70
Pendiente (%)	50

Fuente: Cañadas (1983); Datos del INIAP, 2020.

Realizado por: Cajo J., 2022.

3.1.4. Clasificación ecológica

Según las descripciones de Cañadas (1983, p.52) el lugar experimental se sitúa en la zona de vida denominada Montano bajo.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material experimental

Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) variedad INIAP-450 Andino.

3.2.2. Materiales

3.2.2.1. Materiales de campo.

- Traje de protección
- Mascarilla
- Gafas
- Botas

- Fungicidas
- Fertilizantes
- Insecticidas
- Cinta métrica.
- Azadón
- Bomba de mochila
- Guantes
- Tanque
- Libreta
- Lápiz
- Balanza analítica
- Piolas
- Estacas
- Rótulos
- Sacos de cosecha
- Fundas ciclop

3.2.2.2. Equipos de oficina

- Computadora
- Calculadora
- Cámara.

3.3. Manejo del cultivo

Se detalla a continuación el manejo del cultivo de chocho en el área experimental.

3.3.1. Análisis de física y química de suelos

Antes de instalar el experimento, se tomaron una muestra representativa del suelo en una cantidad de 1 kg en cada una de las repeticiones y se realizó el análisis de las propiedades físicas (densidad aparente) y químicas (pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, macro y micro elementos), a una profundidad de 0-20 cm. Este análisis sirvió de línea de base que fueron comparados con los análisis finales después de la cosecha del cultivo. Después del cultivo se tomó una muestra representativa del suelo en una cantidad de 1 kg en cada uno de los tratamientos de cada repetición y se realizó el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo, también, a

una profundidad de 0-20 cm. Los análisis se realizaron en el Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina (E.E.S.C.) del INIAP.

Para conocer sobre el manejo del N, se analizó el NO^- y NH^+ , para lo cual se tomó muestras en incrementos de 30 cm de las siguientes profundidades de suelo: 0-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm, al comienzo del estudio, y después de la cosecha del chocho. Todas las muestras que llegaron al laboratorio fueron secadas, molidas, tamizadas y almacenadas en fundas cyclop para su posterior análisis. Cada muestra fue de por lo menos 500 gramos para contar con la cantidad suficiente que permita realizar otros análisis o repetir los mismos en un laboratorio internacional de análisis de suelos.

3.3.2. Distancia y densidad de siembra

En las distancias y densidades de siembra se tomó en cuenta las características del cultivo que se utilizó (Tabla 7-3).

Tabla 7-3: Distancias y densidad de siembra para el cultivo en estudio.

Características	Número
Número de surcos por parcela total.	20
Número de surcos por parcela neta.	13
Número de sitios por surco.	15
Distancia entre surcos (m).	0.8
Distancia entre plantas (m).	0.4
Densidad en kg ha^{-1}	53

Realizado por: Cajo J., 2022.

3.3.3. Preparación del suelo.

La preparación del suelo se realizará un mes antes de la siembra, tiempo suficiente para que las malezas y residuos vegetales se descompongan, también ayudará a disminuir la presencia de plagas en el suelo; esta labor se realizará con azadón.

3.3.3.1 Surcada

La surcada se realizará el día de la siembra, con el fin de mantener la humedad en el terreno. La dirección del surco será en contra a la pendiente, dando caída, para evitar que el agua se encharque, se lo realizará en forma manual.

La distancia entre surcos será de 0.80 m, con una distancia entre sitios de 0.40 m y tres semillas por sitio.

3.3.4. Raleo

A los 45 días se realizará un raleo dejando dos plantas por sitio, dando una densidad de siembra de 83332 plantas por hectárea

3.3.5. Cantidad de semilla

La cantidad de semilla será de 40-50 kg ha⁻¹ (Caicedo et al, 2010) y se utilizará la variedad INIAP 450 Andino.

3.3.6. Fertilización

La fertilización será de acuerdo al análisis químico de suelo; una recomendación general de fertilización para suelos arenosos es aplicar 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a la siembra, que se cubre con 130 kg ha⁻¹ de superfosfato triple o 0-46-0. Para corregir deficiencias de micronutrientes, se realizará una aplicación foliar con 2 kg de Librel-BMX a la floración. En cuanto a la fertilización nitrogenada se aplicará el 50% a la siembra, y luego de 20 días de nacido el chocho se aplicara el 50% restante, de acuerdo a cada uno de los tratamientos.

3.3.7. Control de maleza

Las labores de cultivo tales como control de malezas se realizarán en forma manual con una deshierba y un aporque entre los 45 y 60 días. También se realizó en forma química en pre emergencia con el uso del herbicida (Imazetapir), sistémico de alto poder residual; se aplicará 2 centímetros cúbicos en un litro de agua. En post emergencia y en casos extremos (abundante maleza, lluvia persistente, falta de mano de obra y superficies grandes de cultivo) se aplicó Paraquat, en dosis de 2 L ha⁻¹; para lo cual se aplicó con pantallas plásticas laterales con el fin de evitar que se quemen las plantas de chocho. La boquilla que se usó es de tipo abanico, de 0.30 a 0.40 m de cobertura.

3.3.8. Control de plagas

Las plagas que se presentaron fueron trozadores y barrenadores, para estas plagas se aplicó Deltametrina, en dosis de 400 cc ha-1, Orthene 500 g ha-1, entre los 15 a 30 días, después de la siembra. En cuanto a las enfermedades, se presentó antracnosis (*Colletotrichum spp*), roya (*Uromyces lupini*), y cercospora (*Cercospora spp.*), para estas plagas se aplicando Carbendazim, 300 cc ha-1, Clorotalonil 700 a 1000 cc ha-1, Difenoconazol 500 cc ha-1 y Propineb 600 g ha-1.

3.3.9. Cosecha

Se realizó en madurez fisiológica para lo cual se cortarían las plantas y vainas y se expuso al sol, para conseguir un secado uniforme. El grano se secó hasta obtener un 12 a 13% de humedad. Para la clasificación se utilizó zarandas con un tamiz de 4 mm de diámetro para eliminar impurezas y un tamiz de 8 mm para separar el grano de primera calidad. El residuo de follaje se sacó fuera de las unidades experimentales. La parcela neta en el cultivo de chocho se estableció dejando sin cosechar un surco superior y un inferior, así como también dos plantas de los bordes de cada surco de la parcela neta. Se registró el peso correspondiente en kg por parcela neta.

3.4. Metodología

3.4.1. Factores en estudio

Los factores en estudio son las dosis de nitrógeno que se aplicaron a cada una de las parcelas netas acorde a sus tratamientos ya definidos.

3.4.2. Unidad experimental

La unidad experimental se detalla en la tabla 8-3.

Tabla 8-3: Especificaciones de las unidades experimentales.

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

Realizado por: Cajo J., 2022.

3.4.3. Tratamientos

Los tratamientos en estudio para el ciclo de cultivo se presentan en la Tabla 9-3. Es necesario indicar que el diseño de los tratamientos se basó en las recomendaciones de fertilización que se encuentra en la “Guía de Recomendaciones de Fertilización para los principales cultivos del Ecuador”, del Departamentode Manejo de Suelos y Aguas del INIAP, quienes por más de 30 años han trabajado en investigaciones de fertilización de los cultivos (Valverde, 2001: p.12). A partir de estas recomendaciones, se estableció rangos superiores e inferiores de nitrógeno de acuerdo al cultivo.

Tabla 9-3: Niveles de Nitrógeno en kg ha⁻¹ de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Nitrógeno Kg ha ⁻¹
T ₁	0
T ₂	20
T ₃	40
T ₄	60
T ₅	80

Realizado por: Cajo J., 2022.

3.4.4. Diseño experimental

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

3.4.5. Análisis estadístico

Se realizó el siguiente análisis de la varianza (Tabla 10-3).

Tabla 10-3: Esquema del análisis de varianza.

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: Cajo J., 2022.

3.4.6. Análisis funcional

Cuando se encontró diferencias significativas en el análisis estadístico para los tratamientos, se utilizó la prueba de LSD al 5%, para comparar promedios de tratamientos.

3.4.7. Análisis económico

Para el análisis económico se utilizó la metodología el Análisis de Presupuesto Parcial basado en la Tasa de Retorno Marginal (TRM); para esto, se deberán tomar en consideración los costos de producción y los rendimientos de los cultivos en cada tratamiento en estudio. También se consideró realizar un análisis de costo beneficio, basado en el Beneficio Bruto, Costo Total y Beneficio Neto, como variables independientes, capaz de mirar los mejores tratamientos en cada una de estas variables.

3.5. Variables y métodos de evaluación

3.5.1. Agronómicas

3.5.1.1. Peso seco

Para determinar esta variable, cuando el chocho se presentó en madurez fisiológica, se tomaron diez plantas al azar con todas las vainas, inmediatamente se estableció el peso de la biomasa incluido el grano; luego, se procedió a trillar las vainas de chocho para separar el grano. Una vez realizada esta labor se procedió a picar el follaje y se tomó una submuestra de aproximadamente 1 kg, la cual deberá ser pesada y etiquetada para enviarla al laboratorio. De igual manera, el chocho trillado, se procedió a limpiarlo y luego se pesó y etiqueto para enviarlo al laboratorio. Para obtener el peso solo del follaje se restará el peso del grano (Delgado, 2010, p.110).

3.5.1.2. Rendimiento

Cuando el cultivo se presentó en madurez fisiológica, se cosecho todas las plantas incluidas las vainas con el grano de cada parcela neta, luego se procedió a trillar para obtener el grano seco.

En una balanza se pesó el rendimiento del grano por parcela neta en kg, que luego se expresará en kg ha⁻¹ (Caicedo *et al.*, 2010, p.5).

3.5.2. Físico químicas

3.5.2.1. Densidad aparente:

Se tomó muestras de suelo al inicio del experimento como una Línea de Base y al final de cada ciclo de cultivo en cada parcela neta. Las muestras serán tomadas con un barreno de densidad aparente, donde se tiene un anillo de un volumen conocido, a una profundidad comprendida hasta 0.20 m. El suelo del anillo se depositará en una caja numerada para llevar al laboratorio. En el laboratorio, todas las muestras que estén en las cajas serán pesadas y colocadas en la estufa a 105 °C durante 24 horas, para determinar el peso seco; los datos se expresarán en g cm⁻³ (Alvarado *et al.*, 2000)

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

En donde:

Da= Densidad aparente (g cm⁻³).

Ms= Masa de suelo seco (g).

Vt= Volumen total (cm³).

3.5.2.2. Nitrógeno total

En las muestras de suelos y plantas se utilizará el método Semi micro Kjeldhal que se realizará a través de un proceso de digestión de la muestra utilizando Ácido Sulfúrico en presencia de catalizadores como el Sulfato de Potasio, Sulfato de Cobre y Dióxido de Selenio; en este proceso, se producirá Anhídrido Carbónico, agua, Anhídrido Sulfuroso y Sulfato de Amonio. Este último será destilado y recogido en una solución de Ácido Bórico, para finalmente ser valorado con Ácido Sulfúrico utilizando una mezcla de indicadores de verde de bromocresol y rojo de metilo. El extractante será Ácido sulfúrico (Alvarado *et al.*, 2000, pp.5-58; Gilabert *et al.*, 1990, pp.12-16).

3.5.2.3. Carbón orgánico total

En las muestras de suelos y plantas se utilizó el método de Walkley y Black, el cual determina el contenido de materia orgánica fácilmente oxidable del suelo, expresada como porcentaje. Al obtener la concentración de carbón orgánico, se obtendrá la relación Carbón-Nitrógeno a fin de

determinar el grado de formación, la evolución de un suelo y la disponibilidad del N para las plantas y los microorganismos. El carbono orgánico tiene también, a través de la materia orgánica, una acción en la estabilidad estructural, la capacidad de intercambio, el desarrollo de los microorganismos y otros.

La determinación se basa en una oxidación incompleta en frío del Carbono por un exceso de Dicromato de Potasio en medio Sulfúrico, y la cuantificación del exceso de Dicromato de Potasio con la sal de Morh. El extractante es Dicromato de Potasio 1 N (Alvarado *et al.*, 2000, pp.5-58; Gilbert *et al.*, 1990, pp.12-16).

3.5.2.4. Nitrato

Para la determinación de NO_3^- se realizará la extracción tomando 40 g de suelo, se adicionará 100 ml de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 0.025F, se agitará constantemente durante 30 minutos y luego se filtrará. Del filtrado se tomarán dos alícuotas, una de 50 ml para la determinación por EIS (Electrodo de Ion Selectivo) y otra de 1 ml (diluido hasta 50 ml) para la determinación por colorimetría (brucina ácida) como lo describió Baker (1969,p.802).

3.5.2.5. Amonio

Para la determinación de NH_4^+ se realizará la extracción mediante el siguiente procedimiento: en 10 g de suelo se adicionará 100 ml de solución de KCl 1.0 N, luego se agitará constantemente durante 10 minutos y se filtrará. Del filtrado se tomarán dos alícuotas, una de 50 ml para la determinación por EIS y otra de 2 ml para la determinación por el método colorimétrico (azul de indofenol), de acuerdo a Kempers (1974, pp.201-206).

3.5.2.6. Macro y micronutrientes

Para el caso del: **P:** Olsen modificado. **K, Ca, Mg:** Se analizara mediante absorción atómica. **S:** Se usará el método turbidimétrico. **Zn, Cu, Fe, Mn:** Se analizara mediante absorción atómica. **B:** Se analizara mediante el método colorimétrico de la curcumina según Kempers (1974, pp.201-206).

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Variable agronómica

4.1.1.1. Rendimiento del cultivo de chocho en $t\ ha^{-1}$

El análisis de varianza de la variable rendimiento del cultivo de chocho en $t\ ha^{-1}$ se muestra en la Tabla 11-4. Los tratamientos en estudio, así como los polinomios ortogonales N Lineal y N Cuadrático, mostraron respuestas estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$); no se muestran diferencias estadísticas significativas ($Pr \geq 0.05$) para el N Cúbico y N Cuártico. Lo anteriormente señalado evidencia que el rendimiento de los cultivos fue influenciado por los niveles de N evaluados. El coeficiente de variación para la variable rendimiento en $t\ ha^{-1}$ del cultivo de chocho equivalente a 10.05%, muestra que el experimento se condujo con absoluta normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en investigación; es decir que, el error experimental mostrado en el análisis de varianza es intrínseco 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.

Tabla 11-4: Análisis de varianza para el rendimiento en $t\ ha^{-1}$ del cultivo de chocho.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Probabilidad
Total	14		
Repeticiones	2	0.714	0.0022 **
Tratamientos	(4)	0.776	0.0007 **
N Lineal	1	2.117	0.0000 **
N Cuadrático	1	0.966	0.0020 **
N Cúbico	1	0.021	ns
N Cuártico	1	0.001	ns
Error Experimental	8	0.050	

CV (%)	10.05
Promedio t ha⁻¹	2.22

** Estadísticamente: altamente significativo ($P \leq 0.01$); * significativo ($P \leq 0.05$); ns no significativo ($P \geq 0.05$).

Realizado por: Cajo J., 2022.

En la Tabla 12-4 se muestran los promedios y la prueba de LSD al 5% para la variable rendimiento del cultivo de chocho en t ha⁻¹. Para los tratamientos en estudio, se presentan tres rangos de significación, **a**, **b** y **c**, encontrándose en el rango **a** los tratamientos T₃ (N 40 kg ha⁻¹) y T₄ (N 60 kg ha⁻¹), en el rango **b** el tratamiento T₂ (N 20 kg ha⁻¹) y en el **c** el tratamiento el tratamiento T₁ (N 0 kg ha⁻¹); en los rangos ab se reportó el tratamiento T₅ (N 80 kg ha⁻¹). Los resultados muestran que el rendimiento del cultivo de chocho en t ha⁻¹, se incrementó en 90%, al pasar de los tratamientos T₁ (N 0 kg ha⁻¹) al tratamiento T₄ (N 60 kg ha⁻¹), que fue el de mayor rendimiento; es decir que, al incrementar las dosis de fertilización desde 0 hasta 60 kg ha⁻¹ de N permite obtener mejores rendimientos en el cultivo de chocho.

Tabla 12-4: Promedios y pruebas de LSD al 5% para el rendimiento en t ha⁻¹

Tratamientos en estudio	Rendimiento de chocho (t ha⁻¹)
T1 = Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹	1.41 c
T2 = Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹	2.04 b
T3 = Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹	2.53 a
T4 = Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹	2.68 a
T5 = Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹	2.42 ab

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

Realizado por: Cajo J., 2022.

En la Ilustración 4-4 se puede apreciar las respuestas de N Lineal y N Cuadrático del rendimiento en t ha⁻¹ respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. La mejor respuesta se presenta con la función N Cuadrático en donde el ajuste de los datos a ese modelo fue de $R^2 = 0.63$, versus el valor obtenido con el modelo N Lineal en donde el $R^2 = 0.43$. El modelo N Cuadrático permite apreciar que la mejor respuesta del rendimiento de chocho se consigue con la dosis de 60 kg ha⁻¹ de N, con un valor de 2.68 t ha⁻¹, llegando a 2.42 t ha⁻¹ con una dosis de 80 kg ha⁻¹. Estos resultados muestran que la aplicación de N hasta 60 kg ha⁻¹ es la mejor respuesta en términos de rendimiento, dosis superiores a ésta presenta rendimientos decrecientes en el cultivo de chocho, por lo que se sugiere no seguir aplicando mayor cantidad de N.

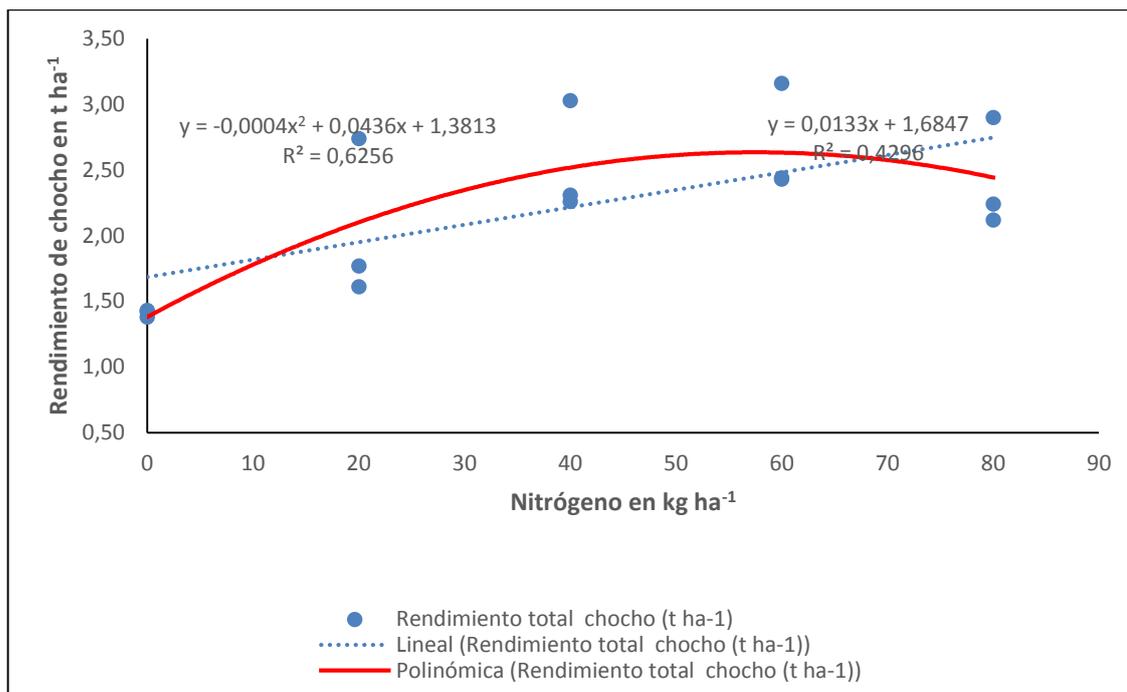


Ilustración 4-4: Modelos de N Lineal y N Cuadrático para ajustar los rendimientos en t ha⁻¹.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.2. Variables físicas y químicas del suelo

4.1.2.1. Densidad aparente

En la ilustración 5-4 se puede apreciar la respuesta nula de la densidad aparente respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. Lo que quiere decir que la aplicación de N, desde 0 hasta 80 kg ha⁻¹, no tiene 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. En la dosis de 20 kg ha⁻¹ de N, se denota un ligero incremento en la densidad aparente de 0.05%, que no es influenciado por la dosis de N.

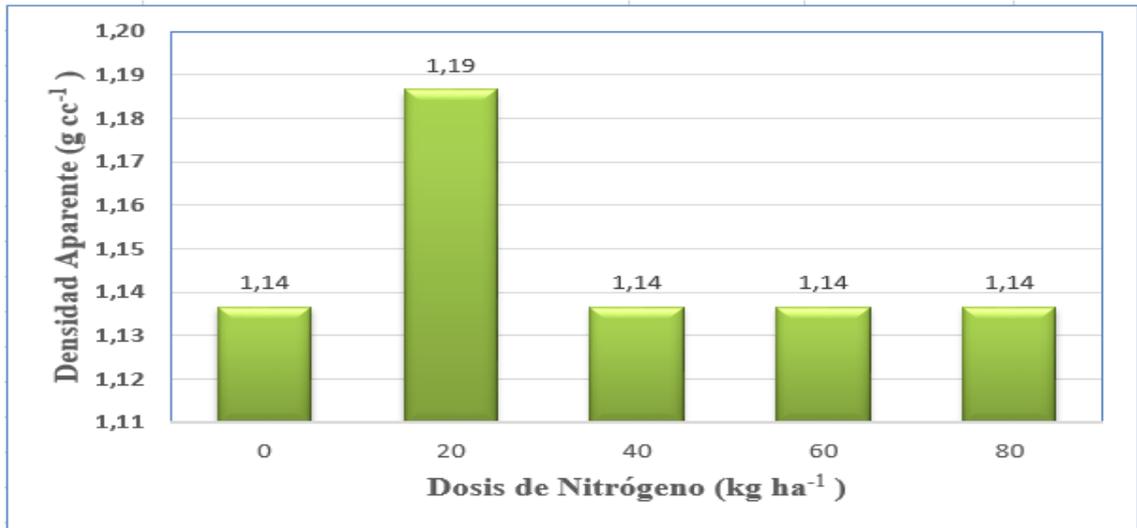


Ilustración 5-4: Respuesta de la densidad aparente a la aplicación de diferentes dosis de N.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.2.2. Humedad gravimétrica

En la ilustración 6-4 se puede apreciar la respuesta de la humedad gravimétrica respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. Evidenciando una diferencia de 3.07% de humedad gravimétrica entre el de mayor humedad gravimétrica (21.38%), conseguida con la aplicación de N de 0 kg ha⁻¹ y el de menor humedad gravimétrica (18.23%), obtenida con la aplicación de 40 kg ha⁻¹ de N. Lo que quiere decir que no existe relación entre la aplicación de N y la humedad gravimétrica, ya que la humedad gravimétrica es una propiedad física que puede ser modificada por acciones extrínsecas.

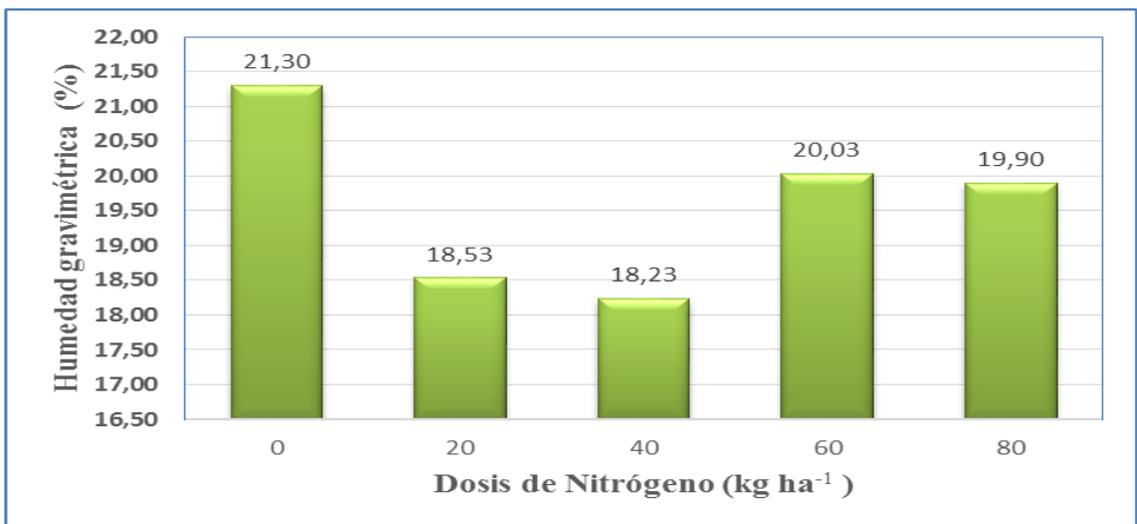


Ilustración 6-4: Respuesta de la humedad gravimétrica a la aplicación de N en kg ha⁻¹

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.2.3. Humedad volumétrica

En la ilustración 7-4 se puede apreciar la respuesta de la humedad volumétrica respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha^{-1} . Evidenciando una diferencia de 2.93% de humedad volumétrica entre el de mayor humedad volumétrica (22.8%), conseguida con la aplicación de N de 0 kg ha^{-1} y el de menor humedad volumétrica (19.87%), obtenida con la aplicación de 40 kg ha^{-1} de N. Lo que quiere decir que, no existe relación entre la aplicación de nitrógeno y la humedad gravimétrica, ya que la humedad gravimétrica es una propiedad física que puede ser modificada por acciones extrínsecas.

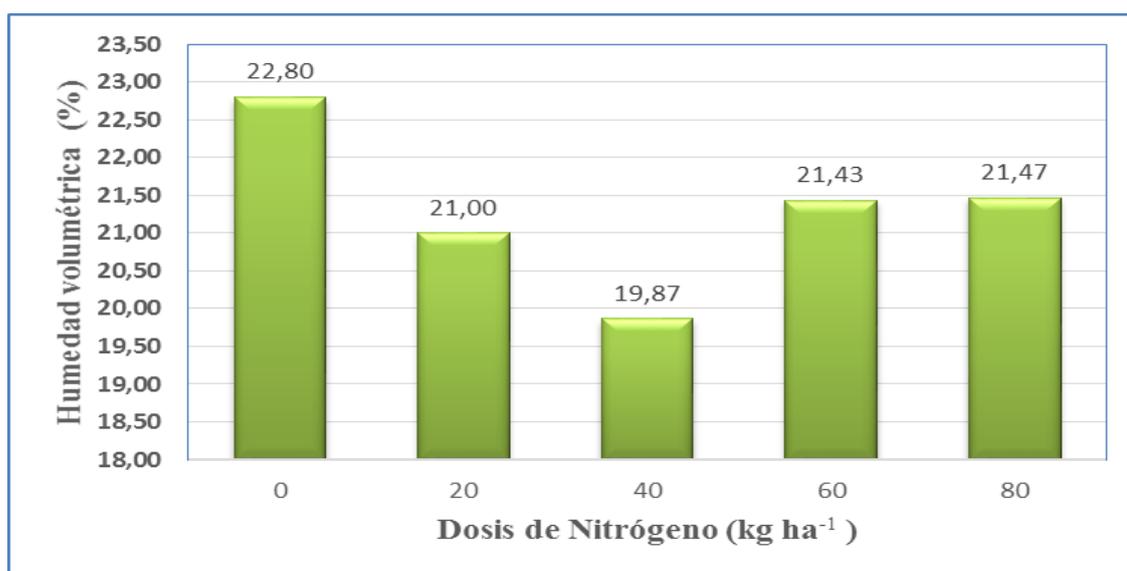


Ilustración 7-4: Respuesta de la humedad volumétrica a la aplicación de N en kg ha^{-1}

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.2.4. Nitrógeno total

En la ilustración 8-4 se puede apreciar la respuesta de N Cuadrático del Nitrógeno Total (%) respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha^{-1} . El ajuste de los datos a ese modelo fue de $R^2 = 0.5837$. El modelo N Cuadrático permite apreciar que la mejor respuesta de Nitrógeno Total presente en el suelo se consigue con la dosis de 60 kg ha^{-1} de N, con un valor de 0.178%, llegando a 0.164% con una dosis de 80 kg ha^{-1} . Lo que quiere decir que la aplicación de N hasta 60 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 gastos innecesarios.

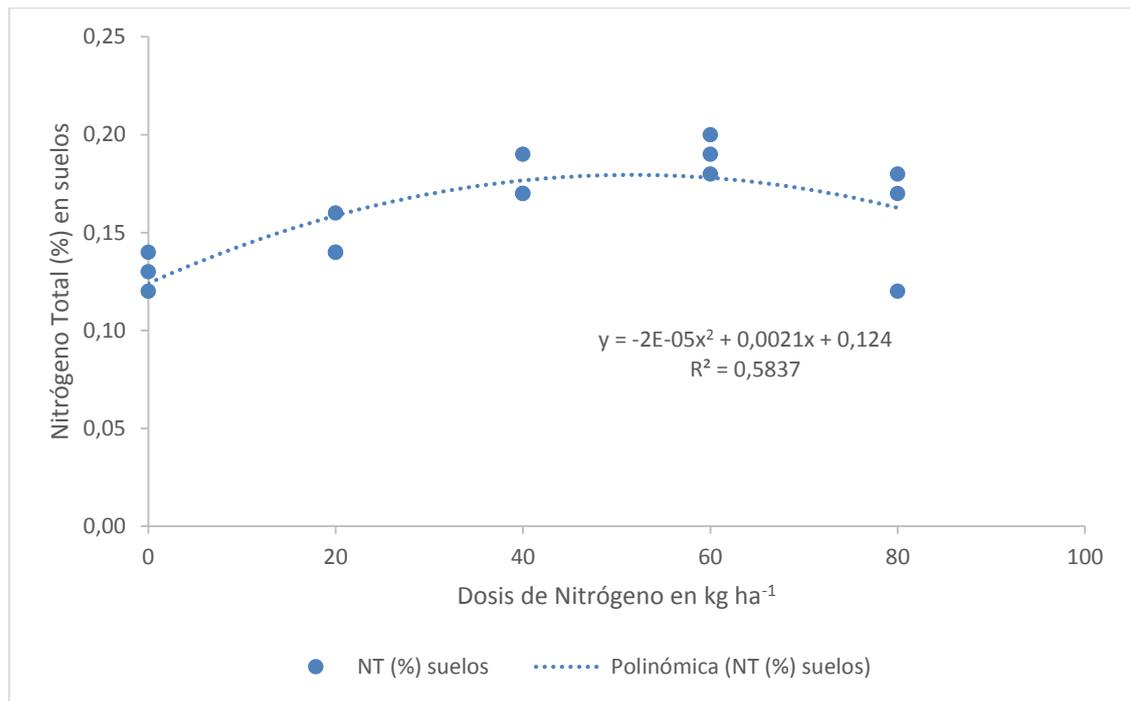


Ilustración 8-4: Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de nitrógeno total.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.2.5. *Carbono orgánico total*

En la ilustración 9-4 se puede apreciar la respuesta de N Cuadrático del Carbono en % respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. El ajuste de los datos a ese modelo fue de $R^2 = 0.66$. El modelo N Cuadrático permite apreciar que la mejor respuesta de carbono presente en el suelo se consigue con la dosis de 60 kg ha⁻¹ de N, con un valor de 1.88 %, llegando a 1.75 % con una dosis de 80 kg ha⁻¹. Estos resultados muestran que la aplicación de N hasta 60 kg ha⁻¹ es la mejor respuesta en términos químicos del suelo, dosis superiores a ésta presenta cantidades decrecientes de carbono presentes en el suelo, por lo que se sugiere no seguir aplicando mayor cantidad de N.

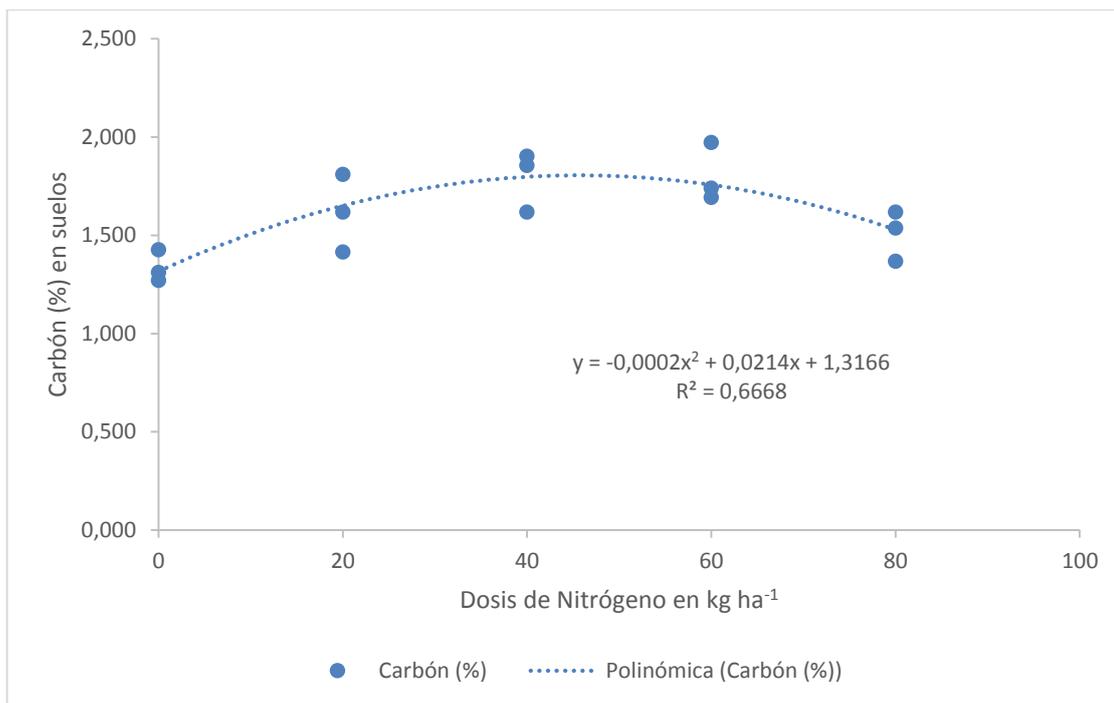


Ilustración 9-4: Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de carbono en el suelo.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.2.6. Amonio

En la ilustración 10-4 se puede apreciar la respuesta de N Cuadrático del Amonio en mg kg⁻¹ respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. El ajuste de los datos a ese modelo fue de $R^2 = 0.717$. El modelo N Cuadrático permite apreciar que la mejor respuesta de Amonio presente en el suelo se consigue con la dosis de 60 kg ha⁻¹ de N, con un valor de 150.43 ppm, llegando a 141.58 ppm con una dosis de 80 kg ha⁻¹. Estos resultados muestran que la aplicación de N hasta 60 kg ha⁻¹ es la mejor respuesta en términos químicos del suelo, dosis superiores a ésta presenta cantidades decrecientes de Amonio presentes en el suelo, por lo que se sugiere no seguir aplicando mayor cantidad de N.

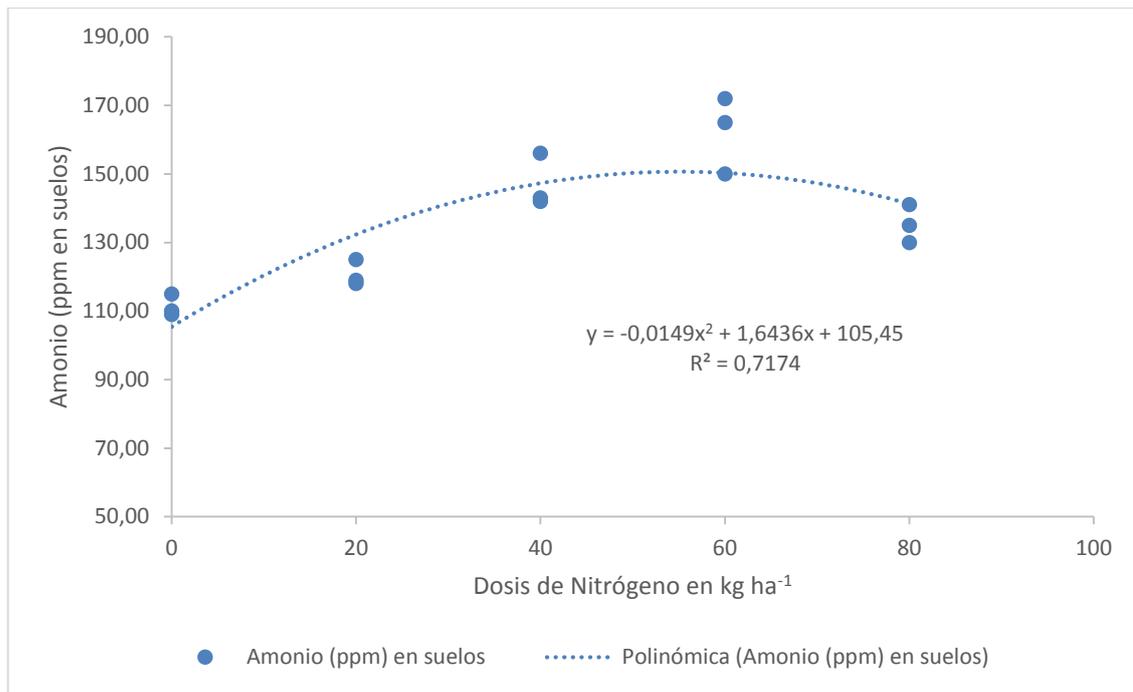


Ilustración 10-4: Modelo de N Cuadrático para ajustar la cantidad de Amonio en el suelo.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.3. Variable Macronutrientes del suelo

4.1.3.1. Fosforo

En la ilustración 11-4 se puede apreciar la respuesta del fosforo con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. Evidenciando una diferencia de 21.08 ppm de fosforo después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de 0 kg ha⁻¹, también se muestra una diferencia de 25.72 ppm y 13.91 ppm de fosforo después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de 40 kg ha⁻¹ y 60 kg ha⁻¹, respectivamente. No se presentan diferencias matemáticas en la aplicación de N de 20 kg ha⁻¹ y 80 kg ha⁻¹. Lo que quiere decir que solo se presentó incrementos en la dosis de N de 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, debido a la aplicación de superfosfato tripe en la siembra del cultivo de chocho.

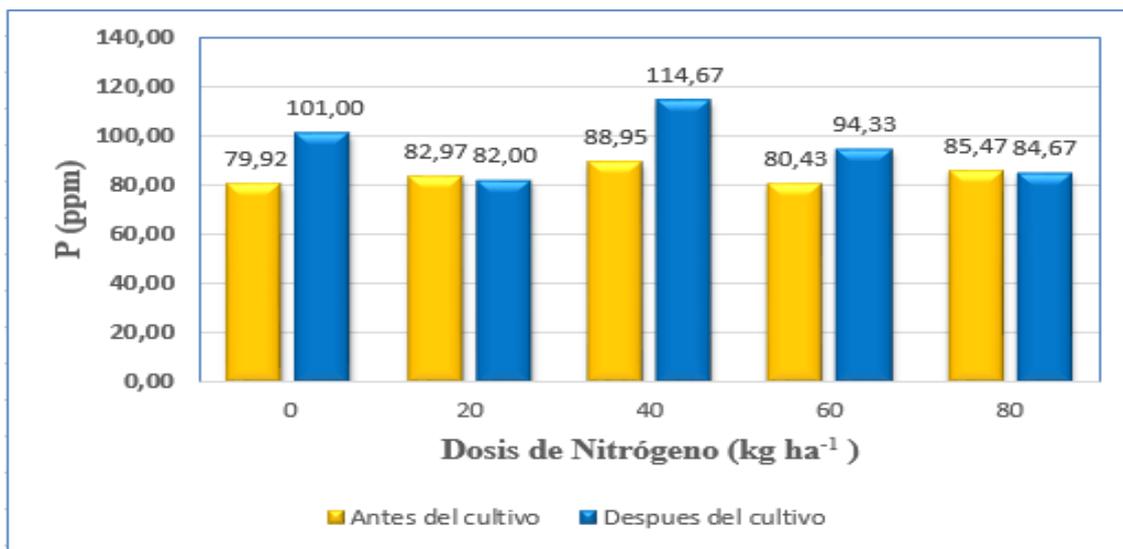


Ilustración 11-4: Respuesta del fosforo a la aplicación de N en kg ha⁻¹.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.3.2. Potasio

En la ilustración 12-4 se puede apreciar la respuesta del potasio con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. Evidenciando una diferencia de -0.13 meq/100g de potasio después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de 0 kg ha⁻¹, también se muestra una diferencia de -0.18 meq/100g de potasio después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de 20 kg ha⁻¹, una diferencia de -0.14 meq/100g de potasio después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de 40 kg ha⁻¹, y una diferencia de 0.04 meq/100g de potasio después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de 80 kg ha⁻¹. No se presentan diferencias matemáticas en la aplicación de N de 60 kg ha⁻¹. Lo que quiere decir que solo se presentó descensos en la dosis de N de 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹ y 40 kg ha⁻¹.

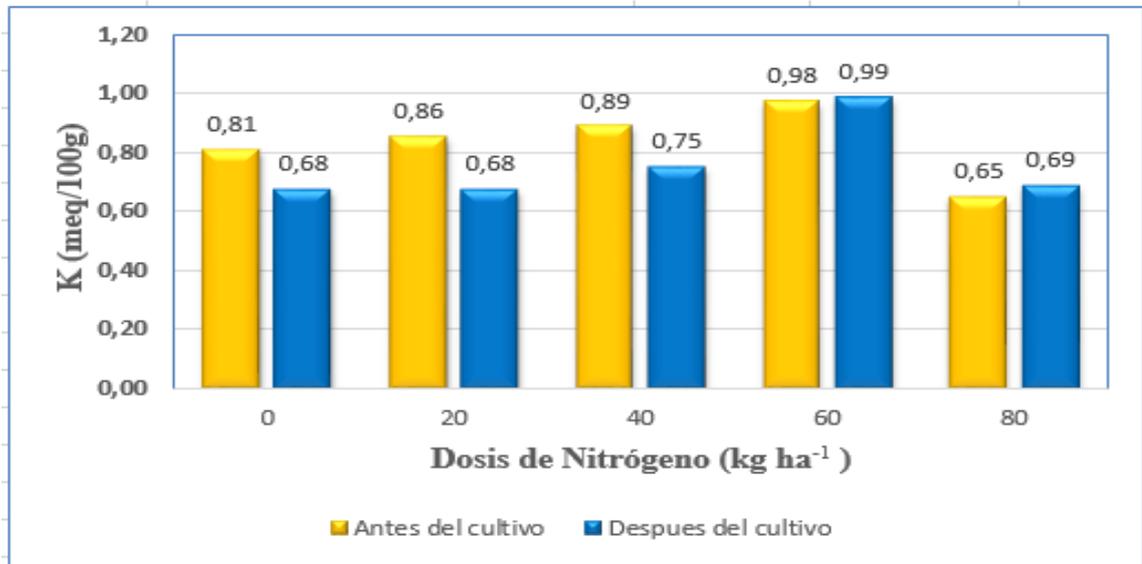


Ilustración 12-4: Respuesta del potasio a la aplicación de N en kg ha⁻¹.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.3.3. Calcio

En la ilustración 13-4 se puede apreciar la respuesta del calcio con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. Evidenciando una diferencia de: (-1.14, -1.16, -0.98, -1.26, -0.60) meq/100g de calcio después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de: 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, respectivamente. Lo que quiere decir que se presentaron descensos de calcio debido a la demanda del cultivo.

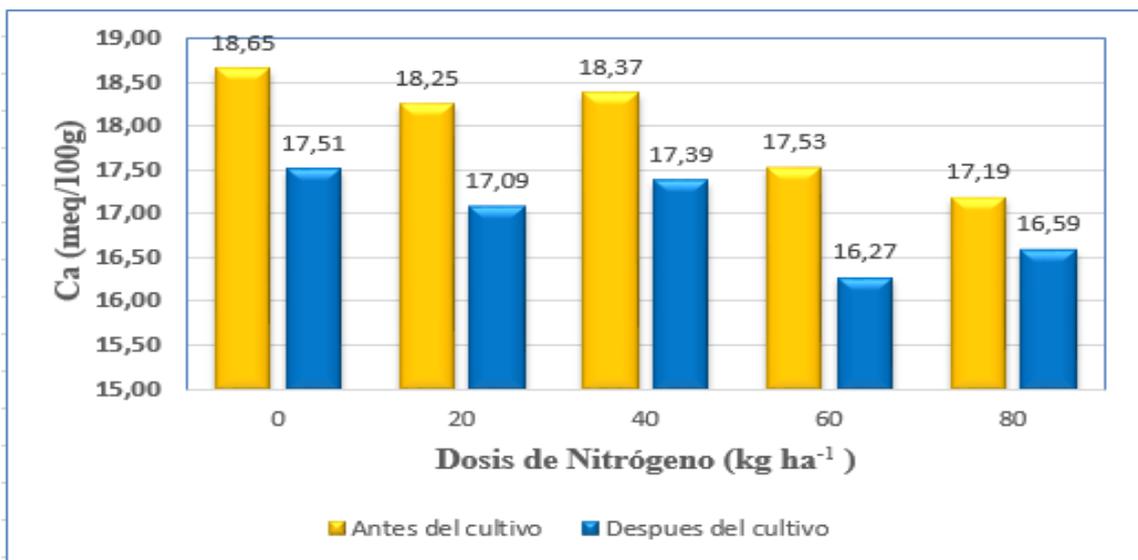


Ilustración 13-4: Respuesta del calcio a la aplicación de N en kg ha⁻¹.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.3.4. Magnesio

En la ilustración 14-4 se puede apreciar la respuesta del magnesio con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha^{-1} . Evidenciando una diferencia de: (0.24, 0.54, 0.11) meq/100g de magnesio después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de: 0 kg ha^{-1} , 20 kg ha^{-1} , 40 kg ha^{-1} , respectivamente; no se presentan diferencias matemáticas en la aplicación de N de 60 kg ha^{-1} . Con la aplicación de N de 80 kg ha^{-1} se consiguió una diferencia de -0.10 meq/100g de magnesio después del cultivo, lo que quiere decir que solo se presentó descensos de magnesio al aplicar esta dosis.

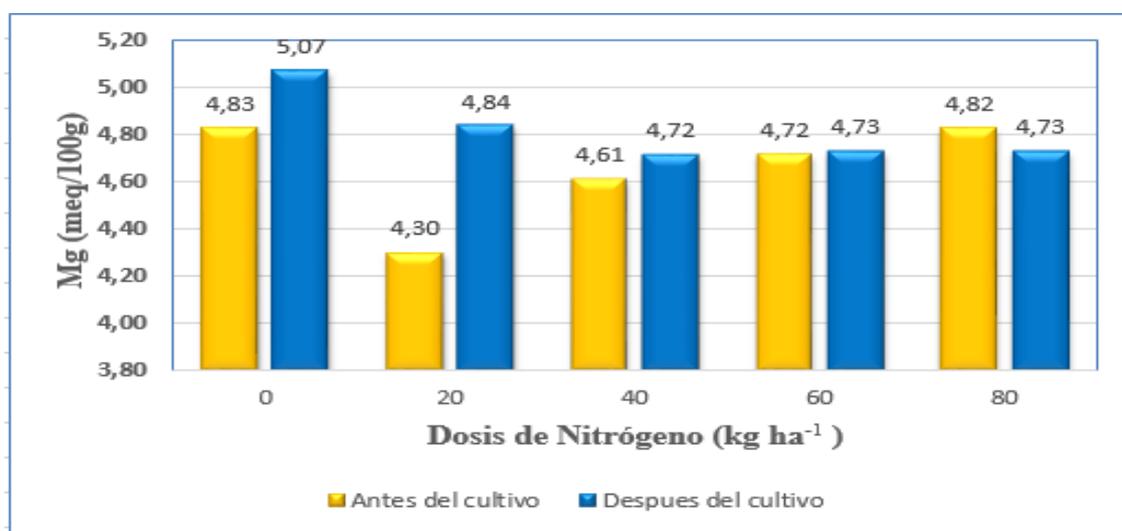


Ilustración 14-4: Respuesta del Magnesio a la aplicación de N en kg ha^{-1} .

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.3.5. Azufre

En la ilustración 15-4 se puede apreciar la respuesta del azufre con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha^{-1} . Evidenciando una diferencia de: (-1.96, -2.57, -1.58, -2.72, -3.19) ppm de azufre después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de: 0 kg ha^{-1} , 20 kg ha^{-1} , 40 kg ha^{-1} , 60 kg ha^{-1} , 80 kg ha^{-1} , respectivamente. Lo que quiere decir que solo se presentó descensos de azufre, esto debido a la demanda del cultivo.

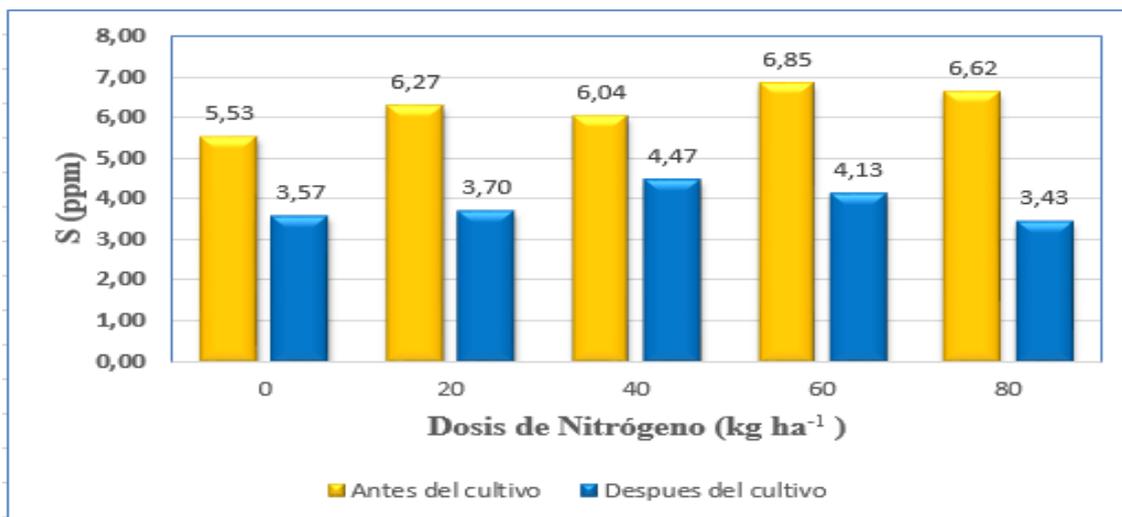


Ilustración 15-4: Respuesta del azufre a la aplicación de N en kg ha⁻¹.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.4. Variable Micronutrientes del suelo

4.1.4.1. Boro

En la ilustración 16-4 se puede apreciar la respuesta del boro con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. Evidenciando una diferencia de: (-0.17, -0.11, -0.12, -0.13, -0.10) ppm de boro después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de: 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, respectivamente. Lo que quiere decir que solo se presentó descensos de boro, esto debido a la demanda del cultivo.

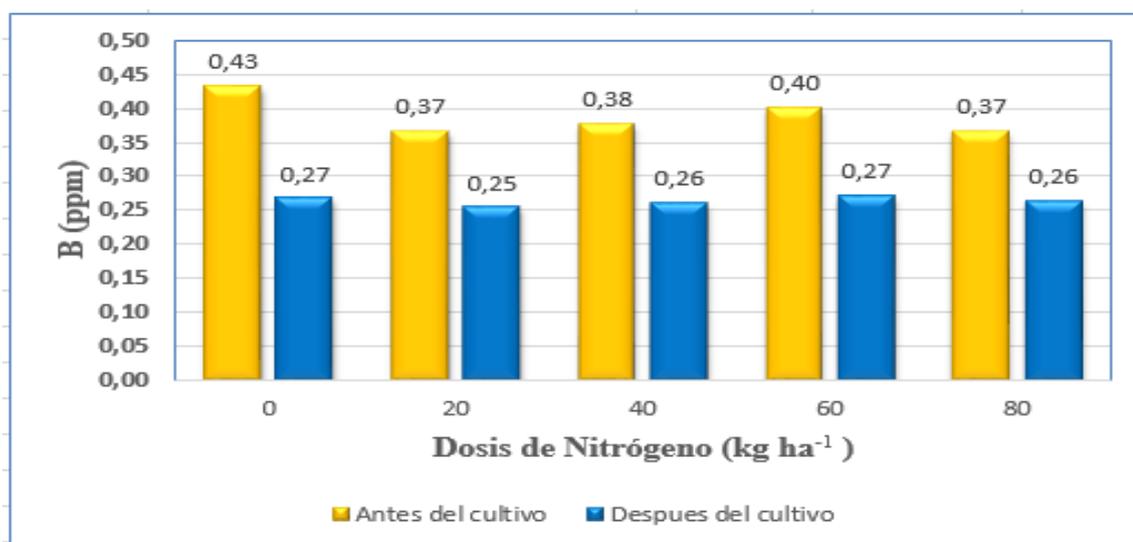


Ilustración 16-4: Respuesta del boro a la aplicación de N en kg ha⁻¹.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.4.2. Zinc

En la ilustración 17-4 se puede apreciar la respuesta del zinc con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha^{-1} . Evidenciando una diferencia de: (0.60, 0.12, 0.63, 0.64, 0.50) ppm de zinc después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de: 0 kg ha^{-1} , 20 kg ha^{-1} , 40 kg ha^{-1} , 60 kg ha^{-1} , 80 kg ha^{-1} , respectivamente. Lo que quiere decir que solo se presentó aumentos de zinc, sin presentar diferencias matemáticas significativas.

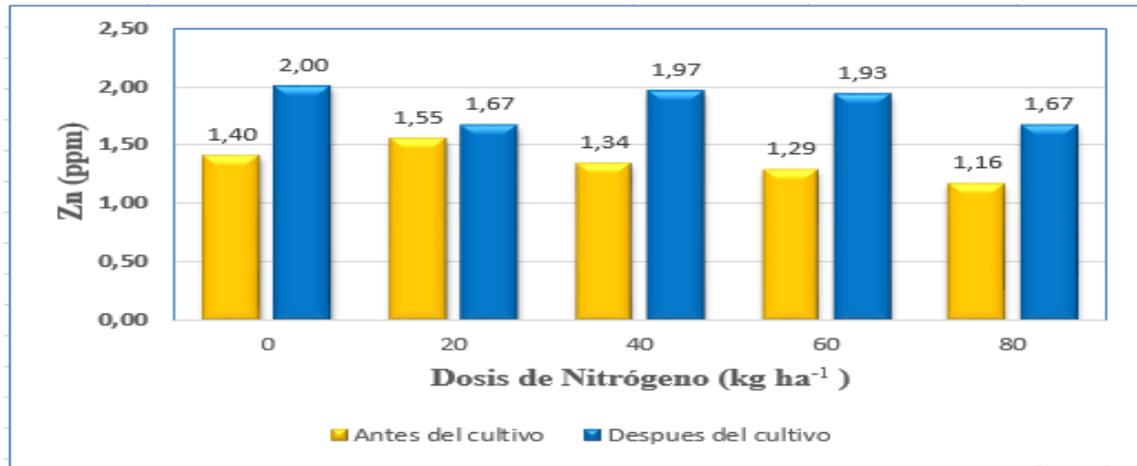


Ilustración 17-4: Respuesta del zinc a la aplicación de N en kg ha^{-1} .

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.4.3. Cobre

En la ilustración 18-4 se puede apreciar la respuesta del cobre con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha^{-1} . Evidenciando una diferencia de: (2.44, 3.17, 2.89, 2.86, 3.06) ppm de cobre después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de: 0 kg ha^{-1} , 20 kg ha^{-1} , 40 kg ha^{-1} , 60 kg ha^{-1} , 80 kg ha^{-1} , respectivamente. Lo que quiere decir que solo se presentó aumentos de cobre, sin presentar diferencias matemáticas significativas.

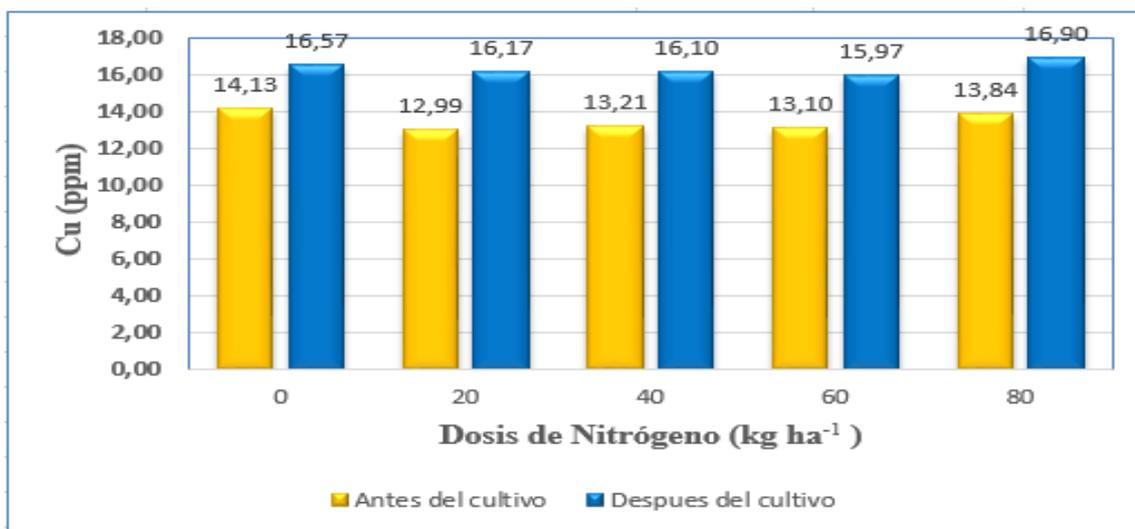


Ilustración 18-4: Respuesta del cobre a la aplicación de N en kg ha⁻¹.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.4.4. Hierro

En la ilustración 19-4 se puede apreciar la respuesta del hierro con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha⁻¹. Evidenciando una diferencia de: (50.90, 21.80, 47.03, 45.06, 32.89) ppm de hierro después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de: 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, respectivamente. Lo que quiere decir que solo se presentó aumentos de cobre, sin presentar diferencias matemáticas significativas.

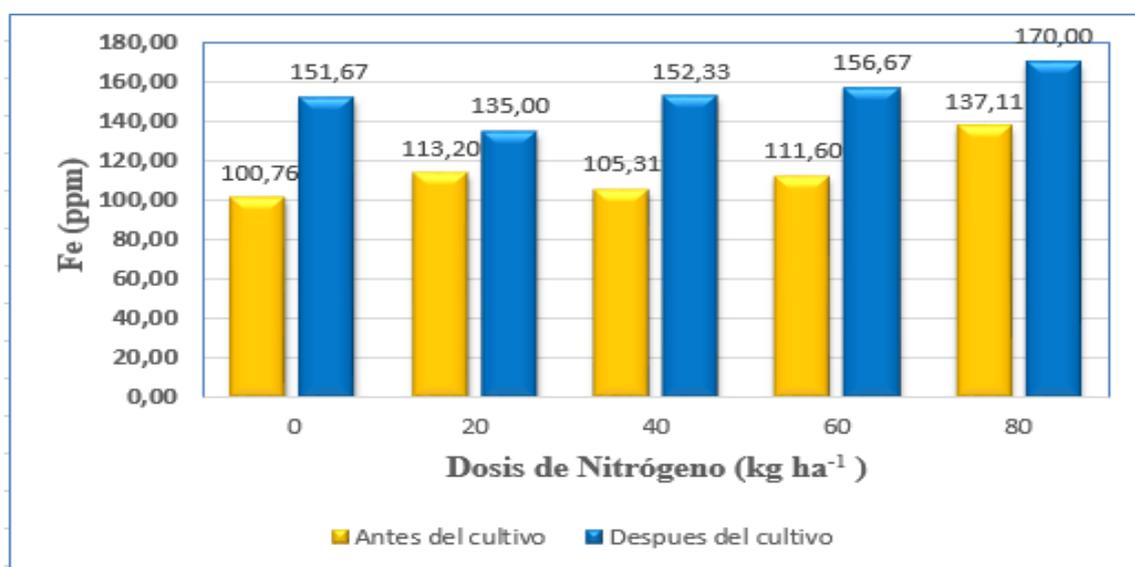


Ilustración 19-4: Respuesta del hierro a la aplicación de N en kg ha⁻¹.

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.4.5. Manganeso

En la ilustración 20-4 se puede apreciar la respuesta del hierro con respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha^{-1} . Evidenciando una diferencia de: (19.79, 16.49, 14.28, 22.78, 7.37) ppm de manganeso después del cultivo, conseguida con la aplicación de N de: 0 kg ha^{-1} , 20 kg ha^{-1} , 40 kg ha^{-1} , 60 kg ha^{-1} , 80 kg ha^{-1} , respectivamente. Lo que quiere decir que solo se presentó aumentos de manganeso, sin presentar diferencias matemáticas significativas.

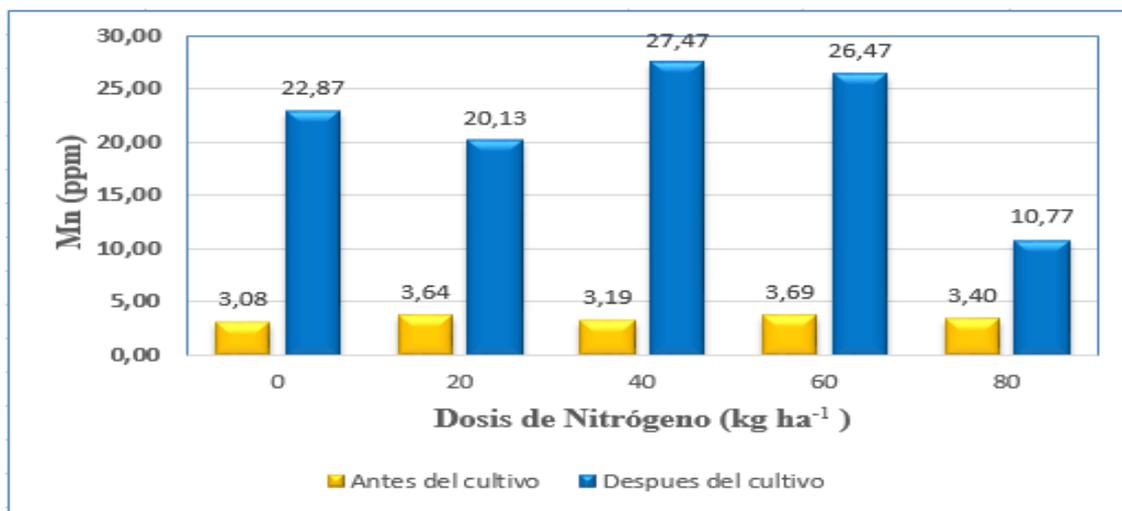


Ilustración 20-4: Respuesta del manganeso a la aplicación de N en kg ha^{-1} .

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.1.5. Variables Económicas

4.1.5.1. Costos y beneficios del cultivo de chocho en USD ha^{-1}

Los análisis de varianza de las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha^{-1} se muestran en la Tabla 13-4. Para las tres variables, los tratamientos en estudio y los polinomios ortogonales N Lineal y N Cuadrático mostraron respuestas estadísticas altamente significativas ($\text{Pr} \leq 0.01$), no así para los polinomios N Cúbico y N Cuártico que no mostraron diferencias estadísticas significativas ($\text{Pr} \geq 0.05$) en las tres variables en estudio. Lo señalado anteriormente para las variables en investigación, evidencia que los costos y beneficios del cultivo de chocho fueron influenciados por los niveles de fertilización nitrogenada aplicada.

Los coeficientes de variación de las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha^{-1} (Tabla 13-4), muestran que el experimento se condujo con absoluta normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en investigación.

Tabla 13-4: Análisis de Varianza en USD ha⁻¹ del cultivo de chocho.

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios		
		Beneficio Bruto	Costo Total	Beneficio Neto
Total	14			
Repeticiones	2	4110220.80 **	14614.40 **	3634659.20 **
Tratamientos	(4)	4471814.40 **	84704.90 **	3369736.10 **
N Lineal	1	12196012.80 **	299200.53 **	8674714.13 **
N Cuadrático	1	5564832.00 **	34859.52 **	4718811.52 **
N Cúbico	1	119827.20 ns	3244.80 ns	83635.20 ns
N Cuártico	1	6585.60 ns	1514.74 ns	1783.54 ns
Error Experimental	8	285532.80	1259.65	264832.45
CV (%)		10.05	2.74	12.79
Promedio USD ha⁻¹		5318	1294	4024

** Estadísticamente: altamente significativo ($P \leq 0.01$); * significativo ($P \leq 0.05$); ns estadísticamente no significativo ($P \geq 0.05$).

Realizado por: Cajo J., 2022.

Los promedios y las pruebas de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ se muestran en la Tabla 14-4. Para las tres variables en estudio se muestran tres rangos de significación, **a**, **b** y **c**. Para las variables beneficio bruto y beneficio neto en USD ha⁻¹, los tratamientos T₃ (N 40 kg ha⁻¹) y T₄ (N 60 kg ha⁻¹), se muestran en el rango **a**, el tratamiento T₂ (N 40 kg ha⁻¹) en el rango **b**, el tratamiento T₁ (N 0 kg ha⁻¹) en el rango **c**, y el tratamiento T₅ (N 80 kg ha⁻¹) en el rango **ab**. En cambio, para la variable costo total en USD ha⁻¹, los tratamientos T₃ (N 40 kg ha⁻¹), T₄ (N 60 kg ha⁻¹) y T₅ (N 80 kg ha⁻¹), se muestran en el rango **a**, el tratamiento T₂ (N 40 kg ha⁻¹) en el rango **b** y el tratamiento T₁ (N 0 kg ha⁻¹) en el rango **c**.

Tabla 14-4: Promedios y prueba de LSD al 5% en USD ha⁻¹.

Tratamientos en estudio	Beneficio Bruto (USD ha ⁻¹)	Costo Total (USD ha ⁻¹)	Beneficio Neto (USD ha ⁻¹)
T1 = Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹	3384 c	1049 c	2335 c
T2 = Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹	4896 b	1191 b	3705 b
T3 = Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹	6080 a	1367 a	4713 a
T4 = Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹	6424 a	1432 a	4992 a
T5 = Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹	5808 ab	1428 a	4380 ab

. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Pr≤0.05).

Realizado por: Cajo J., 2022.

4.2. Discusión de los resultados

4.2.1. Agronómicas

4.2.1.1. Rendimiento

Los resultados obtenidos para la variable rendimiento del cultivo de chocho en t ha⁻¹, se evidencia que al incrementar las dosis de fertilización nitrogenada hasta los 60 kg ha⁻¹, contribuye a incrementar los rendimientos del cultivo. La fertilización nitrogenada a partir de 80 kg ha⁻¹ evidencia rendimientos decrecientes, por lo que no amerita aplicar más nitrógeno. En el cultivo de chocho la fertilización nitrogenada en exceso provoca hojas de color verde oscuro demasiado blandas y jugosas hasta la maduración, lo cual provocó ataques de plagas como el gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), y enfermedades como la roya (*Uromyces lupini*), el ciclo del cultivo se alargó y esto concuerda con lo que menciona Arcos (2013, p.67) en exceso de nitrógeno causa retardamiento en la maduración y de hecho en la floración y fructificación, a pesar de que el ciclo vegetativo ya ha terminado las plantas todavía se manifiestan verdes. Se mejoró el rendimiento del cultivo de chocho incrementado en un 90% al pasar de T₁ (N 0 kg ha⁻¹) al tratamiento T₄ (N 60 kg ha⁻¹), que fue el de mayor rendimiento, en comparación a dosis utilizadas de 0, 20, 40, y 80 kg ha⁻¹. Es importante mencionar que Caicedo y otros (2010, p.3) menciona que el no uso de fertilización nitrogenada se obtiene rendimientos de: 1 a 1.5 t ha⁻¹, lo que concuerda con la investigación, aquí se obtuvo 1.41 t ha⁻¹ con la dosis de T₁ (N 0 kg ha⁻¹) hay que resaltar que en leguminosas no se sugiere la aplicación de nitrógeno según Baca y otros (2000, p.45) el Brasil la fertilización biológica de soya con *B. japonicum* y 0% de fertilización química de nitrógeno ha llevado a este país a ser el segundo productor de soya a nivel mundial, siendo un éxito total la fijación biológica de nitrógeno, también el autor menciona que existen especies de leguminosas que necesitan un aporte

mínimo de nitrógeno para lograr potenciar los rendimientos, lo que se evidencia en la investigación al aportar 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno, con resultados muy favorables para mejorar el rendimiento en un 114% específicamente en el cultivo en estudio.

De los niveles de nitrógeno evaluado, la dosis optima fue de 60 kg ha⁻¹, logrando obtener 2.68 t ha⁻¹, los beneficios se incrementaron en un 114% en comparación al no uso de nitrógeno, cabe mencionar que también se incrementan los costos totales en un 37%, pero esto se ve reflejado en el aumento del rendimiento por la aplicación de nitrógeno.

4.2.2. Variable Física y químicas del suelo

4.2.2.1. Densidad aparente

Los resultados obtenidos de la variable densidad aparente en el suelo del cultivo de chocho, muestran que al aplicar dosis de nitrógeno desde 0 hasta 80 kg ha⁻¹, no tiene influencia sobre esta propiedad física, según Suquilanda (2017, p.31) la densidad aparente determina el contenido total de porosidad y esto refleja el grado de compactación y la facilidad de circulación del agua y del aire, demuestra que no existe alteración al aplicar diferentes dosis de nitrógeno, también Jaramillo (2002, p.186) menciona que la densidad aparente puede ser afectada por la textura, estructura, contenido de materia orgánica, humedad y grado de compactación, esto es clave para entender que la densidad aparente no se ve afectada por la aplicación de nitrógeno.

4.2.2.2. Humedad gravimétrica

Los resultados obtenidos de la variable humedad gravimétrica muestran que al aplicar dosis de nitrógeno desde 0 hasta 80 kg ha⁻¹, no tiene influencia sobre esta propiedad, no existe una tendencia al aplicar dosis crecientes de nitrógeno en rangos de 20 kg ha⁻¹, según Jaramillo (2002, p.153) las propiedades físicas del suelo estas compuestas por las fases sólidas, líquidas y gaseosas, la mismas que influyen en la compactación erosión y degradación física del suelo, por lo mencionado la humedad gravimétrica guarda relación entre la masa de la fracción líquida y la masa de la fracción sólida del suelo, entonces suelos más compactados su humedad gravimétrica será menor, y suelos que no están degradados y con buena cantidad de materia orgánica cercanas al 5% la humedad gravimétrica será mucho mayor.

4.2.2.3. Humedad volumétrica

Los resultados obtenidos de la variable humedad volumétrica muestran que al aplicar dosis de nitrógeno desde 0 hasta 80 kg ha⁻¹, no tiene influencia sobre esta propiedad, no existe una tendencia al aplicar dosis crecientes de nitrógeno en rangos de 20 kg ha⁻¹, según Jaramillo (2002, p.153) las propiedades físicas del suelo estas compuestas por las fases sólidas, líquidas y gaseosas, la mismas que influyen en la compactación erosión y degradación física del suelo, por lo mencionado la humedad volumétrica guarda relación entre el volumen de la fracción líquida y la volumen de la muestra del suelo, también Arcos (2013, p.67) menciona que al agregar material orgánico al suelo aumenta su porosidad, permeabilidad y aumenta su capacidad de retención de agua favoreciendo a la penetración de raíces de las plantas, la humedad volumétrica es una propiedad física que no guarda relación con la aplicación de nitrógeno.

4.2.2.4. Nitrógeno total

Los resultados obtenidos muestran que el modelo N cuadrático permite tener una buena apreciación de los resultados, se determinó que la mayor cantidad de nitrógeno total presente en el suelo se alcanza con el tratamiento T₄ (N 60 kg ha⁻¹); hay que recordar que la incorporación de dosis de fertilización nitrogenada superiores a los 60 kg ha⁻¹, no contribuye a incrementar los contenidos de nitrógeno total en el suelo, ya que los resultados muestran contenidos iguales e incluso inferiores. El ajuste de datos a este modelo fue de $R^2 = 0.125$.

Según Alvarado y otros (2000, pp.5-58) y Gilabert y otros (1990, pp.12-16) el valor del nitrógeno total está en referencia a la cantidad de nitrógeno en sus diferentes formas, esto implica que puede estar como proteínas, urea aminas entre otras formas, esto concuerda con los resultados, ya que se evidencia que hay un aumento de nitrógeno total al aumentar la dosis de nitrógeno progresivamente en cada tratamiento. Hay que mencionar que un exceso de urea al cultivo no ayuda al aumento del nitrógeno total del suelo, esto se debe a que el exceso no es aprovechado por el cultivo y el nitrógeno puede continuar su ciclo y perderse por diversos caminos ya sea por lixiviación volatilización.

4.2.2.5. Carbón orgánico total

Los resultados obtenidos de la variable carbón orgánico total muestran que al aplicar dosis de nitrógeno desde 0 hasta 80 kg ha⁻¹, no tiene influencia sobre esta propiedad, no existe una tendencia al aplicar dosis crecientes de nitrógeno en rangos de 20 kg ha⁻¹, según Martínez y otros (2008, p. 70) el valor de 1.55% de carbón orgánico total del suelo en todos los tratamientos, es debido a la incorporación de los residuos de la cosecha anterior del cultivo de cebada, estos materiales pueden estar poco alterados, o en forma de humus. Estos materiales se encuentran en la superficie o en el perfil del suelo, este indicador permite estudiar la cantidad de carbono

almacenada en el suelo, según los distintos tipos de manejos. En este caso la dosis de nitrógeno no tiene influencia en el contenido de carbón organito total en este ciclo de cultivo

4.2.2.6. Amonio

Los resultados obtenidos muestran que el modelo N cuadrático permite tener una buena apreciación de los resultados, se determinó que la mayor cantidad de amonio presente en el suelo se alcanza con el tratamiento T₄ (N 60 kg ha⁻¹) con 200.19 ppm; hay que recordar que la incorporación de dosis de fertilización nitrogenada superiores a los 60 kg ha⁻¹, no contribuye a incrementar los contenidos de amonio en el suelo, ya que los resultados muestran contenidos iguales e incluso inferiores. El ajuste de datos a este modelo fue de $R^2 = 0.125$. El valor obtenido de 200.19 ppm se debe a la aplicación de nitrógeno (urea), este tipo de fertilizante se hidroliza con facilidad por la acción de la enzima ureasa, produciendo amonio y amoniaco, de esta manera la urea se puede perder en forma de amoniaco por volatilización, esto es debido a que no existe presencia de humedad y está expuesta, en el experimento se incorpora al suelo a capacidad de campo y posterior a eso se cubrió con suelo, la urea también puede ser absorbido por las arcillas y la materia orgánica, luego la urea es nitrificador pero también puede ser absorbida directamente por la planta según Canguahuamin (2021, p.9). Queda claro que el nitrógeno que contiene la urea fue absorbida por el cultivo, por las arcillas y parte de la materia orgánica, y esto se ve reflejado en los aumentos de amonio al pasar de 0 hasta 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno, aplicando una dosis de 80 kg ha⁻¹ de nitrógeno no es favorable ya que este exceso de nitrógeno puede ser fácilmente desnitrificado o lixiviado (Jaramillo (2002, p.58).

4.2.2.7. Macronutrientes

Para el caso del fosforo no hay influencia al aplicar diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo, pero si presenta un aumento después de la cosecha, para la dosis 0, 40, 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno esto es debido a que en la siembra fue incorporado en todos los tratamientos superfosfato triple, evidenciando valores crecientes de fosforo en el suelo. Para la dosis 20 y 80 kg ha⁻¹ de nitrógeno no hay aumento, los valores se mantienen estables, debido a que el fosforo en el suelo es fijado por parte de los coloides y microorganismos del suelo, lo que causo disminución de la disponibilidad, esto es mencionado por Arcos (2013, p.85).

Para el caso del potasio no hay influencia al aplicar diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo, se presentó un consumo por parte del cultivo de chocho y se ve reflejado en los valores decrecientes del potasio, cabe mencionar que no se aplicó ninguna fuente potásica en la siembra, y es ahí sus valores decrecientes, según (Caicedo *et al*, 2010, p.2) no recomienda la fertilización potásica en el

cultivo de chocho, pero en la presente investigación se demuestra que hay un consumo por parte de la planta.

Para el caso de calcio y azufre no hay influencia al aplicar diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo, pero si presenta disminución de estos elementos en todos los tratamientos, y es debido a que el calcio está presente en las plantas en cantidades muy elevadas, de 0.1 a 0.5 % del material seco Arcos (2013, p.109), y específicamente en el cultivo demanda para la formación de la vaina , ya que el chocho tiene 54 mg por cada 100 g de porción comestible según Dávila (1987 citados en Castillo y Escudero, 2010, p.40). Para el caso del azufre la disminución se debe a la absorción de la planta, ya que según Arcos (2013, p.109), es un elemento esencial para la formación de proteínas conjuntamente con el nitrógeno ya que forma parte de los aminoácidos.

Para el caso del magnesio no hay influencia al aplicar diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo, pero si presenta un aumento después de la cosecha, para la dosis 0, 20, 40 kg ha⁻¹ de nitrógeno, esto es debido a que el suelo presenta materiales madre o dicho de otro modo materia orgánica que contiene cantidades de magnesio que son incorporados en el proceso de descomposición para la planta según Suquilanda (2017, p.36).

4.2.2.8. Micronutrientes

Para el caso del boro no hay influencia al aplicar diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo, se presentó un consumo por parte del cultivo de chocho y se ve reflejado en los valores decrecientes del boro, según Arcos (2013, p.124) el boro es esencial para formar parte de la pared celular en células vegetativas, lo que se traduce al consumo del cultivo.

Para el caso del zinc, cobre, hierro y manganeso no hay influencia al aplicar diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo, pero si presenta un aumento después de la cosecha, como se ha mencionado anteriormente el suelo presenta materia orgánica que contiene cantidades de zinc, cobre, hierro y manganeso que son incorporados en el proceso de descomposición para el aprovechamiento de la planta según Suquilanda (2017, p.36).

4.2.2.9. Económico

Los resultados muestran que el beneficio bruto en USD ha⁻¹, se incrementó en 80% y 90%, al pasar del tratamiento T₁ (N 0 kg ha⁻¹), a los tratamientos T₃ (N 40 kg ha⁻¹) y T₄ (N 60 kg ha⁻¹), respectivamente, que fueron los tratamientos con mayor beneficio bruto; el costo total en USD ha⁻¹, se incrementó en 30%, 37% y 36%, al pasar del tratamientos T₁ (N 0 kg ha⁻¹), a los

tratamientos T₃ (N 40 kg ha⁻¹), T₄ (N 60 kg ha⁻¹) y T₅ (N 80 kg ha⁻¹), respectivamente, que fueron los tratamientos con mayor costo total; y, el beneficio neto en USD ha⁻¹, se incrementó en 102% y 114%, al pasar del tratamiento T₁ (N 0 kg ha⁻¹), a los tratamientos T₃ (N 40 kg ha⁻¹) y T₄ (N 60 kg ha⁻¹), respectivamente, que fueron los tratamientos con mayor beneficio neto. Esto muestra que al incrementar las dosis de fertilización desde 0 hasta 60 kg ha⁻¹ de N se puede obtener mejores beneficios brutos y beneficios netos en el cultivo de chocho, pero también se incrementa el costo total en el cultivo de chocho.

CONCLUSIONES

- La investigación sobre la “Evaluación de la dosis óptima de Nitrógeno en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) variedad INIAP-450-Andino 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 chocho y el beneficio neto en USD ha⁻¹. Es evidente que el uso de 60 kg ha⁻¹ de N, es la mejor dosis de fertilización para mejorar el rendimiento y los beneficios netos, que se ven reflejados en el incremento del rendimiento del cultivo de chocho en al menos 90%, al pasar del no uso de N hasta el nivel de 60 kg ha⁻¹ de N.
- Se evaluó la influencia del Nitrógeno en los micro y macro nutrientes antes y después del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), en donde se probó que no existe influencia del N en los micro y macronutrientes del suelo, los micro y macronutrientes del suelo están fluctuando de acuerdo a la incorporación de fertilizantes, materia orgánica y por la misma clase de suelo.
- Se evaluó la dosis óptima de nitrógeno en los beneficios económicos del cultivo de chocho, el tratamiento T₄ (N 60 kg ha⁻¹) mostró un beneficio neto de 4992 USD que es superior al tratamiento testigo con un 114% de incremento.
- En la física del suelo se concluye que las dosis de fertilización nitrogenada no tienen influencia ya que la parte física del suelo fluctúa por acciones físicas y mecánicas; con respecto a la parte química, tiene influencia en el aumento de la molécula de amonio, y de nitrógeno total.
- 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, el incremento del 114% en el beneficio neto, que representa el uso del N en dosis de 60 kg ha⁻¹ en comparación con la práctica de no uso del N, puede ser motivador para su adopción.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer uso de la dosis de 60 kg ha^{-1} de N para mejorar en un 90% la productividad y en un 114% los beneficios netos con el cultivo de chocho en la zona de estudio y sus alrededores más cercanos con similitudes ambientales.
- Es importante que los estudios de investigación en colaboración con los productores sigan proporcionando información de los beneficios del uso del N, para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola de esta comunidad.
- Probar con fertilizantes nitrogenados diferentes a la urea, para comparar su eficiencia y su impacto en el suelo y en el ambiente.
- Realizar aplicaciones nitrogenadas de origen orgánico y sintético, con el fin de no salinizar los suelos y así mantener un equilibrio.

BIBLIOGRAFÍA

AGUERO, Silvia. Sistemas de producción de *Lupinus mutabilis* Sweet ‘chocho’ en terrazas y laderas con fertilización fosfatada en Cajamarca [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Peru. 2018. pp. 21-22. [Consulta: 2022-05-18]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3090/aguero-aguilar-silvia-doris.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

ALMEIDA, José. Evaluación del rendimiento de cuatro ecotipos de chocho (*Lupinus mutabilis*), en el Centro Experimental San Francisco [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador. 2015. pp. 8-12. [Consulta: 2022-04-18]. <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/355/1/252%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20rendimiento%20de%20cuatro%20ecotipos%20de%20chocho%20%28Lupinus%20mutabilis%29%2C%20en%20el%20Centro%20Experimental%20San%20Francisco.pdf>

ALVARADO, S.; et al. *Metodologías de análisis físico químico de suelo, aguas y foliares*. Quito-Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 2000 pp. 5-58.

ALWANG, Jeffrey; et al. “Conservation agriculture in the Andean highlands: Promise and Andean Mountain cropping systems of Ecuador”. *Soil science*, vol. 15, n° 3 (2014), (United State of America) pp. 130-140.

ARCOS, F. *Texto básico, Fertilización*. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, 2013, pp. 67-79.

AVALOS, C.; & CASTRO, J. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en un sistema de producción de sorgo usando dos fuentes nitrogenadas y dos métodos de aplicación [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 2017. pp. 19-23. [Consulta: 2022-08-12]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/3467/1/tnf04a945.pdf>

BACA, Beatriz; et al. “Fijación biológica de nitrógeno”. *Ciencia y cultura elementos* [En línea], 2000, (México). 7(38), pp43-49. [Consulta: 10 octubre 2022]. ISSN 0187-9073 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/294/29403808.pdf8418>

BAKER, A. “Colorimetric determination of nitrate in soil and plant extracts with brucine”. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. vol. 17, n° 3 (1969), (United State of America) p. 802.

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), pp2747-2753. [Consulta: 12 mayo 2022]. ISSN 2334-2501 Disponible en: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2019.04.0280>

BARRERA, V.; et al. “Integrated management of natural resources in the Ecuador Highlands”, *Agricultural Sciences*, vol. 3, n° 5 (2012), (United State of America) pp. 768-779.

CAICEDO, V.; et al. *INIAP-450 Andino Variedad de chocho (Lupinus mutabilis Sweet)*. Quito-Ecuador: INIAP, 2010, pp. 1-10.

CANGUAHUAMIN, Patricia. Evaluación de dos polímeros adherentes y dos recubrimientos órgano - minerales en urea, Sangolquí, Rumiñahui, Pichincha, 2021 [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2021. pp. 6- 9. [Consulta: 2022-08-15]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8076/1/PC-002100.pdf>

CAÑADAS, Luis. *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Quito-Ecuador: Banco Central del Ecuador, 1983, pp. 52-60.

CASTILLO, Verónica & ESCUDERO, Andrea. Obtención de yogurt enriquecido con Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) como aporte a la recuperación y revalorización de los cultivos andinos en la comunidad santa Isabel [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2010. pp. 30-41. [Consulta: 2022-08-21]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/370/1/UNACH-EC-IAGRO-2010-0003.pdf>

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>

CLEEMPUT, Oswald; & BOECKY, Pascal. “Alteración del ciclo del nitrógeno por las actividades agrícolas y sus consecuencias ambientales y para la salud”. *Gayana Bot* [En línea], 2005, (Colombia). 62(2), pp98-109. [Consulta: 05 noviembre 2022]. ISSN 0016-5301 Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432005000200005&lng=es&nrm=iso. ISSN 0016-5301. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432005000200005>.

DELGADO, J. “Crop residue is a key for sustaining maximum food production and for conservation of our biosphere.”. *Revista de conservación de suelos y aguas* [En línea], 2010, (United State of America). 65(5), pp108-116. [Consulta: 18 octubre 2022]. ISSN 111A-116A Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262603327_Crop_residue_is_a_key_for_sustaining_maximum_food_production_and_for_conservation_of_our_biosphere

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) pp. 130-140.

FUENTES, Wilfrido & GONZÁLEZ, Oswaldo José. Estimación de la mineralización neta de nitrógeno del suelo en sistemas agroforestales y a pleno sol en el cultivo del Café (*coffea arabica* L.), en el pacífico de Nicaragua, departamento de Carazo [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 2007. pp. 19- 23. [Consulta: 2022-10-25]. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp34f954.pdf>

GILABERT, J.; et al. (1990). *Manual de métodos y procedimientos de referencia*. Maracay (Venezuela.), Centro Nacional de Investigación Agropecuaria. pp. 12-6.

GUTIÉRREZ, Fabio; & RINCÓN, Laura. “Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos”. *Revista colombiana de biotecnología* [En línea], 2012, (Colombia). 14(1), pp285-295. [Consulta: 12 junio 2022]. ISSN 1909-8758 Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32889/32937>

JARAMILLO, D., *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2002, p. 186.

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, pp. 201-206.

MARTÍNEZ, Islainne Viera. Evaluación de la entrega de nitrógeno inorgánico a partir de tres materiales utilizados en agricultura orgánica [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Chile, Santiago, Chile. 2012. pp. 6- 8. [Consulta: 2022-08-15]. Disponible en: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116104/martinez_islainne.pdf?sequence=1

MARTÍNEZ, Eduardo; et al. “Carbono orgánico y propiedades del suelo”. *Ciencia del suelo y nutrición vegetal* [En línea], 2008, (Chile). 8(1), pp68-96. [Consulta: 10 octubre 2022]. ISSN 0718-2791 Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000100006&script=sci_arttext8418

MORALES, E.; et al. "Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 10, n° 8 (2019), (México) pp. 1875-1886.

PACHECO, Julia; et al. “Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos”. *Ingeniería* [En línea], 2002, (México). 6(3), pp73-81. [Consulta: 20 julio 2022]. ISSN 1665-529X Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46760308.pdf>

PLATA, Jhannette. Comportamiento agronómico de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), bajo tres densidades de siembra en la comunidad Marka Hilata Carabuco, la Paz [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia. 2016. pp. 6- 12. [Consulta: 2022-06-12]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6821/T2193.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RAUSCH, Analía. Modelos empíricos de fertilización nitrogenada en cebada cervecera [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. 2015. pp. 14- 15. [Consulta: 2022-09-20]. Disponible en: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2515/Tesis%20de%20Magister%20ANALIA%20RAUSCH.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RODRÍGUEZ, Adriana. Evaluación “in vitro” de la actividad antibacteriana de los alcaloides del agua de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) [En línea] (Trabajo de titulación).

(Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2009. pp. 9-20.
[Consulta: 2022-05-18]. Disponible en:
<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/05/996381/evaluacion-in-vitro-de-la-actividad-antibacteriana-de-los-alcal-salyY8M.pdf>

SINALUISA, Fredy; et al. “Valoración de la relación C/N de dos cultivos de cobertura Vicia (Vicia stenophylla) y Centeno (Secale cereale) en tres localidades de la provincia de Chimborazo”. *Polo del Conocimiento* [En línea], 2022, (Ecuador). 7(2), pp1683-1695. [Consulta: 18 octubre 2022]. ISSN 2550-682X Disponible en:
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3673/8418>

SOTO, Emma; et al. “Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno”. *Revista Iberoamericana de Ciencias* [En línea], 2016, (México). 3(5), pp98-102. [Consulta: 12 junio 2022]. ISSN 2334-2501 Disponible en:
<http://reibci.org/publicados/2016/oct/1800105.pdf>

SUQUILANDA, Manuel. *Manejo agroecológico de suelo*. Quito-Ecuador: Medios Públicos EP, 2017, p. 31.

VALVERDE, F. *Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador*. Quito-Ecuador: INIAP, 2001, pp. 12-13



ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS INICIAL DE LA DENSIDAD APARENTE INICIAL DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.

TRATAMIENTO	Densidad aparente g/cc
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,28
R1T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	1,26
R1T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,28
R1T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	1,16
R1T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,24
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,11
R2T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	1,27
R2T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,19
R2T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	1,20
R2T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,21
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,28
R3T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	1,29
R3T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,16
R3T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	1,17
R3T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,20

Fuente: Laboratorio INIAP 2022

Realizado por: Cajo J., 2022.

ANEXO B: ANÁLISIS INICIAL DE MACRONUTRIENTES PRINCIPALES DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.

TRATAMIENTO	N (ppm)	P (ppm)	K (meq/100g)
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	83,24	78,99	0,74
R1T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	95,82	101,16	0,91
R1T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	97,04	84,33	0,93
R1T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	119,20	61,84	0,71
R1T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	93,96	71,23	0,52
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	95,80	82,05	0,87
R2T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	58,45	84,99	0,86

R2T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	92,87	75,78	0,74
R2T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	86,80	77,11	0,82
R2T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	84,81	94,73	0,64
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	93,74	78,71	0,81
R3T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	44,25	62,76	0,80
R3T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	81,58	106,74	1,00
R3T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	85,17	102,33	1,40
R3T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	102,14	90,46	0,79

Fuente: Laboratorio INIAP 2022

Realizado por: Cajo J., 2022.

ANEXO C: ANÁLISIS INICIAL DE MACRO NUTRIENTES SECUNDARIOS DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.

TRATAMIENTO	S (ppm)	Mg (meq/100g)	Ca (meq/100g)
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	5,80	5,01	17,33
R1T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	6,02	4,86	18,61
R1T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	6,57	5,19	19,74
R1T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	7,33	5,06	18,66
R1T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	6,75	5,09	20,20
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	5,91	4,93	19,73
R2T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	7,91	4,33	16,63
R2T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	5,74	4,29	18,83
R2T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	6,10	4,54	18,39
R2T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	7,67	4,50	14,24
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	4,88	4,53	18,89
R3T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	4,87	3,69	19,50
R3T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	5,82	4,35	16,53
R3T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	7,12	4,55	15,55
R3T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	5,43	4,88	17,12

Fuente: Laboratorio INIAP 2022

Realizado por: Cajo J., 2022.

ANEXO D: ANÁLISIS INICIAL DE MATERIA ORGÁNICA (MO) Y NITRÓGENO (N) TOTAL.

TRATAMIENTO	MO (%)	N Total %
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,8	0,15
R1T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	2,1	0,16
R1T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	2,7	0,09
R1T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	2,5	0,18
R1T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	2,6	0,18
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	2,1	0,18
R2T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	2,3	0,17
R2T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	2,5	0,18
R2T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	2,8	0,18
R2T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	3	0,17
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	2,9	0,18
R3T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	2,9	0,16
R3T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	2,9	0,17
R3T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	3,1	0,18
R3T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	2,6	0,17

Fuente: Laboratorio INIAP 2022
Realizado por: Cajo J., 2022.

ANEXO E: ANÁLISIS INICIAL DE MICRO NUTRIENTES EN CADA PARCELA EXPERIMENTAL.

TRATAMIENTO	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,40	14,05	101,57	3,42	0,51
R1T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	1,31	14,68	151,58	4,46	0,39
R1T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,22	14,13	96,45	3,09	0,41
R1T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	1,33	13,75	101,01	3,28	0,41
R1T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	0,85	13,65	99,07	3,20	0,35
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,53	15,11	99,44	2,25	0,47
R2T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	2,24	13,46	147,72	3,50	0,42
R2T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,20	12,72	83,23	2,49	0,34

R2T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	1,19	12,72	91,62	2,65	0,37
R2T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,50	13,63	205,18	4,25	0,38
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,28	13,23	101,28	3,56	0,32
R3T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	1,10	10,84	40,30	2,96	0,29
R3T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,60	12,79	136,24	4,00	0,37
R3T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	1,35	12,84	142,18	5,12	0,42
R3T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,14	14,23	107,08	2,75	0,37

Fuente: Laboratorio INIAP

Realizado por: Cajo J., 2022.

ANEXO F: ANÁLISIS FINAL DE DENSIDAD APARENTE FINAL DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.

TRATAMIENTO	Densidad aparente g/cc
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,17
R1T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	1,21
R1T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,13
R1T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	1,11
R1T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,03
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,05
R2T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	1,2
R2T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,11
R2T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	1,12
R2T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,2
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,19
R3T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	1,15
R3T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,17
R3T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	1,18
R3T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,18

Fuente: Laboratorio INIAP 2022

Realizado por: Jhon, Cajo, 2022

ANEXO G: ANÁLISIS FINAL DE MACRONUTRIENTES PRINCIPALES DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.

TRATAMIENTO	N (ppm)	P (ppm)	K (meq/100g)
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	130,00	95,00	0,51
R1T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	140,00	98,00	0,80
R1T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	90,00	149,00	0,69
R1T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	150,00	76,00	1,08
R1T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	170,00	105,00	0,36
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	150,00	99,00	0,67
R2T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	160,00	82,00	0,79
R2T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	170,00	106,00	0,57
R2T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	180,00	84,00	0,63
R2T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	120,00	47,00	0,71
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	120,00	109,00	0,85
R3T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	130,00	66,00	0,44
R3T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	150,00	89,00	0,99
R3T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	200,00	123,00	1,25
R3T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	150,00	102,00	1,00

Fuente: Laboratorio INIAP 2022

Realizado por: Cajo J., 2022.

ANEXO H: ANÁLISIS FINAL DE MACRO NUTRIENTES SECUNDARIOS DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL.

TRATAMIENTO	S (ppm)	Mg (meq/100g)	Ca (meq/100g)
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	4,30	5,42	16,74
R1T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	4,00	5,06	16,25
R1T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	4,30	4,95	17,51
R1T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	4,10	5,34	16,81
R1T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	3,70	4,92	17,62
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	3,60	4,81	17,83
R2T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	4,00	4,49	16,20
R2T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	3,60	4,72	19,32

R2T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	4,10	4,56	17,51
R2T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	2,80	4,66	16,23
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	2,80	4,98	17,95
R3T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	3,10	4,96	18,81
R3T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	5,50	4,48	15,33
R3T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	4,20	4,29	14,49
R3T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	3,80	4,60	15,92

Fuente: Laboratorio INIAP 2022
Realizado por: Cajo J., 2022.

ANEXO I: ANÁLISIS FINAL DE MATERIA ORGÁNICA (MO) Y NITRÓGENO (N) TOTAL.

TRATAMIENTO	MO (%)	N Total %
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	2,46	0,13
R1T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	2,44	0,14
R1T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	2,79	0,09
R1T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	2,46	0,15
R1T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	2,79	0,17
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	2,79	0,15
R2T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	3,12	0,16
R2T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	2,46	0,17
R2T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	2,79	0,18
R2T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	2,13	0,12
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	2,79	0,12
R3T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	2,46	0,13
R3T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	2,79	0,15
R3T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	2,79	0,20
R3T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	3,12	0,15

Fuente: Laboratorio INIAP 2022
Realizado por: Cajo J., 2022.

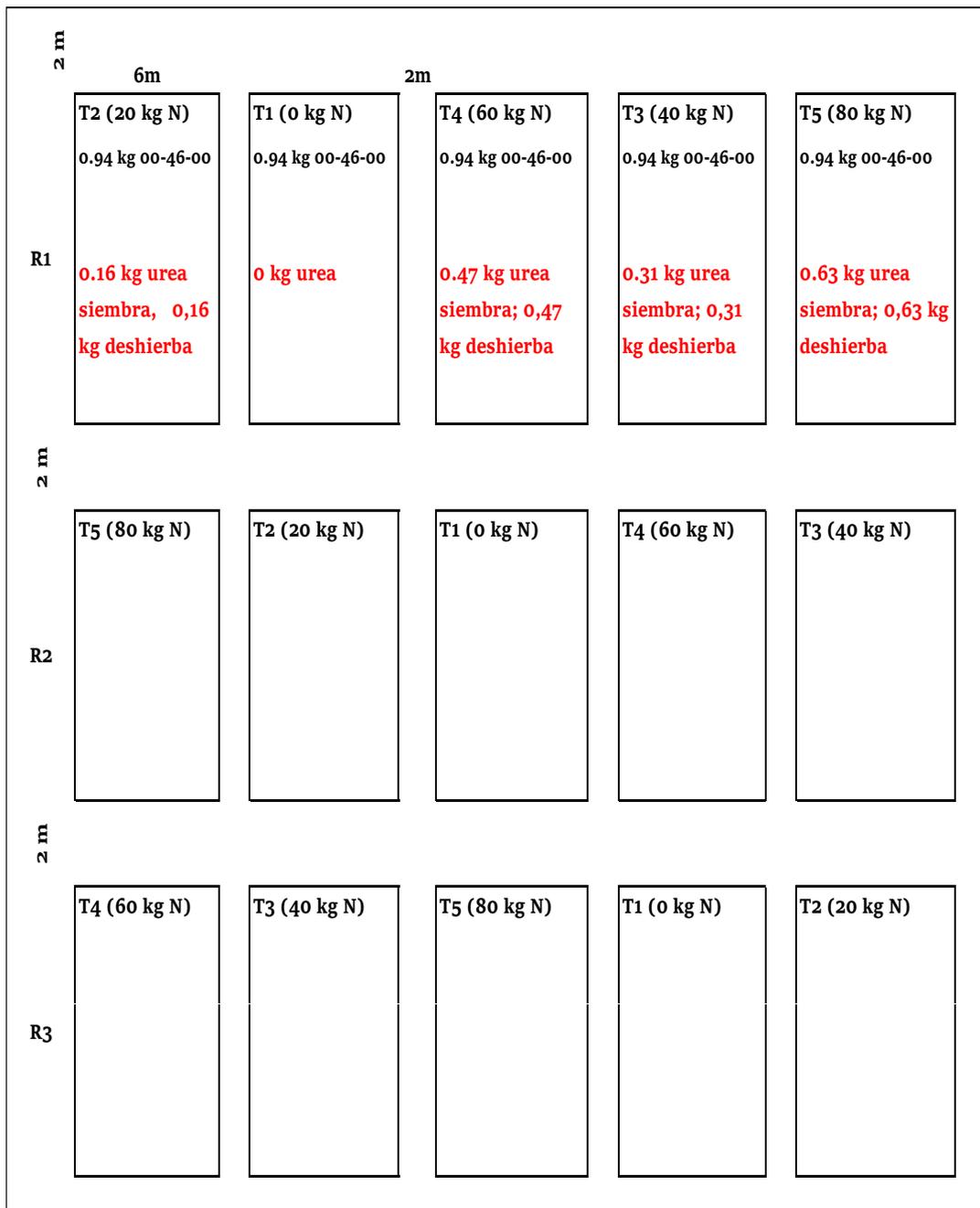
ANEXO J: ANÁLISIS FINAL DE MICRO NUTRIENTES EN CADA PARCELA EXPERIMENTAL.

TRATAMIENTO	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	2,20	17,30	188,00	24,30	0,30
R1T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	2,00	16,90	154,00	22,50	0,27
R1T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	2,30	17,10	167,00	29,60	0,26
R1T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	2,00	16,10	133,00	29,60	0,28
R1T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,90	17,70	191,00	11,70	0,24
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	2,00	15,90	144,00	21,70	0,28
R2T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	1,80	15,30	150,00	22,30	0,27
R2T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,70	16,20	129,00	22,30	0,24
R2T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	1,70	17,20	145,00	22,30	0,24
R2T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,20	16,20	146,00	7,00	0,29
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹)	1,80	16,50	123,00	22,60	0,22
R3T2 (Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹)	1,20	16,30	101,00	15,60	0,22
R3T3 (Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹)	1,90	15,00	161,00	30,50	0,28
R3T4 (Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹)	2,10	14,60	192,00	27,50	0,29
R3T5 (Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹)	1,90	16,80	173,00	13,60	0,26

Fuente: Laboratorio INIAP

Realizado por: Cajo J., 2022.

ANEXO K: CROQUIS DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE



Realizado por: Cajo J., 2022.

ANEXO L: CÁLCULOS DE FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO Y FOSFORO

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: Cajo J., 2022.

ANEXO M: COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL

Niveles nitrógeno en chocho	Rendimiento total chocho (t ha ⁻¹)	Costo total de chocho en dólares	Beneficios brutos de chocho en dólares	Beneficios netos de chocho en dólares
Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹	1,38	1043,8	3313,00	2269,53
Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹	1,61	1160,56	3863,00	2702,76
Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹	2,26	1317,02	5413,00	4096,31
Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹	2,44	1389,2	5850,00	4460,79
Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹	2,24	1392,51	5377,00	3984,15
Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹	1,42	1050,86	3407,00	2355,80

Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹	1,77	1188,82	4237,00	3047,84
Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹	2,31	1327,62	5553,00	4225,71
Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹	2,43	1387,18	5823,00	4436,14
Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹	2,12	1371,31	5097,00	3725,34
Nitrógeno 0 kg ha ⁻¹	1,43	1053,13	3437,00	2383,53
Nitrógeno 20 kg ha ⁻¹	2,74	1229,44	6570,00	5340,55
Nitrógeno 40 kg ha ⁻¹	3,03	1457,05	7263,00	5806,27
Nitrógeno 60 kg ha ⁻¹	3,16	1521,16	7593,00	6072,16
Nitrógeno 80 kg ha ⁻¹	2,9	1520,43	7067,00	5546,23

Realizado por: Cajo J., 2022.



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Jhon Patricio Cajo Vega
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



D.B.R.A.J.
Ing. Cristhian Fernando Castillo

0190-DBRA-UTP-2023