

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**“DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ASIMILACIÓN DEL
NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN
CONDICIONES CONTROLADAS”**

Por:

MARIA CANDELARIA NIEVEZ LIZARRAGA

Tesis de grado presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para obtener el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

GESTIÓN 2025

TARIJA-BOLIVIA

VºBº

.....
Ing. Sergio Fernando Mendoza Mendoza
DOCENTE GUÍA

.....
M.Sc. Ing. Milton Javier Caba Olguín
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

.....
M.Sc. Ing. Víctor Enrique Zenteno López
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

APROBADA POR:
TRIBUNALES:

.....
M.Sc. Ing. Víctor Enrique Zenteno López
TRIBUNAL

.....
M.Sc. Ing. Henry Esnor Valdez Huanca
TRIBUNAL

.....
Ing. Wilfredo Benitez Ordoñez
TRIBUNAL

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad de la autora.

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado en especial a Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta esta etapa tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, por guiarme y apoyarme en mi educación y en mi formación profesional y como persona, quienes con su amor y entrega incondicional guiaron mi camino.

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios por darme fortaleza y sabiduría para completar este proyecto, por ser el apoyo en aquellos momentos difíciles.

A mis padres Juan Carlos Nievez Churquina y Catalina Lizarraga por todo su apoyo y esfuerzo a lo largo de mi vida velando por mi bienestar y educación quienes con su amor y entrega incondicional guiaron mi camino.

A mis docentes, quienes me motivaron durante toda esta etapa de mi vida, agradecer por su paciencia, por compartir cada uno de sus conocimientos. Al Ing. Sergio Mendoza y al Ing. Wilfredo Benitez por su asesoramiento y por su ayuda en la preparación de este trabajo.

A mis amigos, por haber sido parte de este proceso y brindarme su apoyo y motivación en todo este proceso para cumplir mis metas y objetivos.

ÍNDICE

Introducción	1
Planteamiento del problema.....	2
Descripción del problema	2
Justificación.....	2
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Hipótesis.....	4
CAPÍTULO I	
Marco teórico	5
1.1. Origen de la lechuga.....	5
1.1.1. Etimología	5
1.2. Características morfológicas de la lechuga	5
1.2.1. Raíz	6
1.2.2. Tallo	6
1.2.3. Hojas	6
1.2.4. Flores y floración	6
1.2.5. Fruto	7
1.3. Taxonomía.....	7
1.4. Producción del cultivo.....	8
1.4.1. Producción mundial	8
1.4.2. Producción nacional	8

1.4.3.	Producción departamental.....	8
1.5.	Requerimiento del cultivo	8
1.5.1.	Requerimientos edafoclimáticos	8
1.5.1.1.	Clima.....	8
1.5.1.2.	Suelo.....	9
1.5.2.	Requerimientos nutricionales.....	9
1.6.	Fertilización nitrogenada.....	10
1.6.1.	El nitrógeno	10
1.6.2.	Ciclo del nitrógeno.....	11
1.6.2.1.	Fases del ciclo del nitrógeno	12
1.6.2.1.1.	Fijación.....	13
1.6.2.1.2.	Nitrificación	13
1.6.2.1.3.	Asimilación	13
1.6.2.1.4.	Amonificación.....	14
1.6.2.1.5.	Inmovilización.....	14
1.6.2.1.6.	Desnitrificación	14
1.6.3.	El nitrógeno en la agricultura.....	14
1.6.4.	El nitrógeno en la lechuga.....	15
1.6.5.	Perdidas de nitrógeno en el suelo.....	15
1.6.5.1.	Perdida de nitrógeno por lixiviación	15
1.6.5.2.	Perdidas de nitrógeno por volatilización.....	16
1.6.5.3.	Perdidas de nitrógeno por desnitrificación.....	17
1.7.	Fertilizantes químicos	17

1.8.	Urea	19
CAPÍTULO II		
	Marco metodológico	21
2.1.	Localización	21
2.2.	Ubicación del trabajo	21
2.3.	Límites territoriales	22
2.4.	Características climáticas	23
2.4.1.	Precipitación.....	24
2.4.2.	Viento.....	24
2.4.3.	Descripción del suelo	25
2.5.	Materiales.....	25
2.5.1.	Material vegetal.....	25
2.5.2.	Material de campo.....	26
2.5.3.	Material químico	26
2.5.3.	Material de registro	26
2.5.4.	Materiales de laboratorio.....	26
2.5.4.1.	Equipos.....	26
2.5.4.2.	Reactivos.....	27
2.5.5.	Material de gabinete.....	27
2.6.	Metodología	27
2.6.1.	Metodología estadística.....	27
2.6.2.	Características del diseño	27
2.6.3.	Descripción diseño	28

2.6.4.	Diseño experimental en campo	29
2.7.	Modelo matemático.....	29
2.8.	Procedimiento experimental.....	30
2.8.1.	Construcción de invernadero	30
2.8.2.	Preparación del sustrato	30
2.8.3.	Toma de muestras del sustrato	30
2.8.4.	Llenado de macetas	30
2.8.5.	Trasplante.....	31
2.8.7.	Aporcado	31
2.8.8.	Fertilización.....	31
2.8.9.	Control de plagas.....	31
2.8.10.	Control de malezas	32
2.8.11.	Toma de datos	32
2.8.12.	Toma de muestras de hoja.....	32
2.8.13.	Cosecha	32
2.8.14.	Análisis de las muestras de hoja	33
2.9.	Variables respuesta.....	34
2.9.1.	Variables de crecimiento vegetativo	34
2.9.2.	Variables nutricionales.....	34

CAPÍTULO III

Resultados y discusión	36
3.1. Altura de la planta (cm).....	36
3.2. Número de hojas por planta	40

3.3.	Porcentaje de nitrógeno en la planta	43
3.4.	Peso seco de la planta (g/planta).	47
3.5.	Nitrógeno extraído por la planta (g/planta).....	50
3.6.	Porcentaje de asimilación del nitrógeno	52
3.7.	Nitrógeno en el sustrato postcosecha (kg/ha).....	56
3.8.	Pérdida de nitrógeno por lixiviación (mg/planta)	60

CAPÍTULO IV

Conclusiones y recomendaciones		65
4.1.	Conclusiones	65
4.2.	Recomendaciones.....	67
Bibliografía		68
Anexos		75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N.º 1: Clasificación taxonómica de la lechuga	7
Cuadro N.º 2: Requerimientos nutricionales del cultivo de lechuga	9
Cuadro N.º 3: Principales fertilizantes nitrogenados	18
Cuadro N.º 4: Composición de la UREA	19
Cuadro N.º 5: Características físicas y químicas de la UREA	20
Cuadro N.º 6: Temperaturas de la zona de estudio.	23
Cuadro N.º 7: Precipitación de la zona de estudio	24
Cuadro N.º 8: Caracterización del diseño	27
Cuadro N.º 9: Altura media de la planta (cm).....	36
Cuadro N.º 10: Análisis de varianza ANOVA para la altura media de las plantas.....	38
Cuadro N.º 11: Prueba de Tukey para los tratamientos	38
Cuadro N.º 12: Número de hojas por planta	40
Cuadro N.º 13: Análisis de varianza ANOVA para el número de hojas por planta....	41
Cuadro N.º 14: Prueba de Tukey para los tratamientos	42
Cuadro N.º 15: Porcentaje de nitrógeno en la planta	44
Cuadro N.º 16: Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de nitrógeno en la planta.....	45
Cuadro N.º 17: Peso seco de la planta (g/planta)	47
Cuadro N.º 18: Análisis de varianza ANOVA para el peso seco de la planta	48
Cuadro N.º 19: Nitrógeno extraído por la planta (g/planta).....	50
Cuadro N.º 20: Análisis de varianza para el nitrógeno extraído por la planta (g/planta)	52
Cuadro N.º 21: Porcentaje de asimilación del nitrógeno	53

Cuadro N.º 22: Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de asimilación del nitrógeno	54
Cuadro N.º 23: Prueba de Tukey para los tratamientos	55
Cuadro N.º 24: Nitrógeno en el suelo postcosecha	57
Cuadro N.º 25: Análisis de varianza ANOVA para el nitrógeno en el suelo postcosecha	58
Cuadro N.º 26: Prueba de Tukey para los tratamientos	59
Cuadro N.º 27: Pérdida de nitrógeno por lixiviación (mg/planta)	61
Cuadro N.º 28: Análisis de varianza ANOVA para la pérdida de nitrógeno por lixiviación mg/planta.....	62
Cuadro N.º 29: Prueba de Tukey para los tratamientos	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N.º 1: Ciclo del nitrógeno en la naturaleza	12
Figura N.º 2: Ubicación geográfica.....	22
Figura N.º 3: Gráfica de la altura media de la planta	39
Figura N.º 4: Gráfica del número de hojas por planta.....	43
Figura N.º 5: Gráfica del porcentaje de nitrógeno en la planta	46
Figura N.º 6: Gráfica del peso seco de la planta (g/planta).....	49
Figura N.º 7: Gráfica del porcentaje de asimilación	56
Figura N.º 8: Nitrógeno en el sustrato postcosecha	60
Figura N.º 9: Pérdida de nitrógeno por lixiviación (mg/planta).....	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N.º 1: Análisis del sustrato	75
Anexo N.º 2: Cálculos para las dosificaciones de los tratamientos	76
Anexo N.º 3: Carta de solicitud de la taxonomía del cultivo	80
Anexo N.º 4: Preparación del sustrato y llenado de macetas	81
Anexo N.º 5: Trasplante de plantines y labores culturales.....	82
Anexo N.º 6: Fertilización y toma de datos y muestras	83
Anexo N.º 7: Toma de muestra del sustrato postcosecha	84
Anexo N.º 8: Toma de muestras de lixiviado	85
Anexo N.º 9: Procesamiento de las muestras	85
Anexo N.º 10: Procesamiento de las muestras y análisis.....	86