



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniero Agropecuario.

Título del Anteproyecto de Investigación:

“EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) ADAPTADA A LA ZONA NORTE DE LA
PROVINCIA DE LOS RÍOS”

Autor:

Luis Aníbal Franco Alvarado

Auspicio Académico:

Ing. Diana Verónica Véliz Zamora, M.Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2018-2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Franco Alvarado Luis Aníbal**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Franco Alvarado Luis Aníbal

C.I. 120666968-9

AUTOR



Acreditada

Teléfonos : FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ : (593 -05) 753 300 / 753 303 / 752 177

[E.mail.info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec) /fcp_91@yahoo.es

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



CASILLAS

Guayaquil

:10672

Quevedo : 73

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Diana Véliz Zamora**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Franco Alvarado Luis Aníbal**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) ADAPTADA A LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Diana Véliz Zamora

DIRECTORA DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito Ing. Agron. M Sc. Diana Véliz Zamora, en calidad de Directora del Proyecto de Investigación titulado **“EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) ADAPTADA A LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS”**, de autoría de la estudiante de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, **Luis Aníbal Franco Alvarado**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 2%, el mismo que es permitido por el mencionado Software y los requerimientos académicos establecidos.

Urkund Analysis Result

Analysed Document:	tesis Franco Urkund (1).docx (D47896794)
Submitted:	2/13/2019 3:24:00 PM
Submitted By:	luis.franco2013@uteq.edu.ec
Significance:	2 %

Atentamente,

Ing. Agron. Diana Véliz Zamora M Sc.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) ADAPTADA A LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. GERARDO SEGOVIA F.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DR. CAMILO MESTANZA U.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DR. GREGORIO VASCONEZ M.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2018-2019

AGRADECIMIENTO

De ante le doy gracias a Dios por todas las bendiciones y propósitos que dispone en nuestro camino, por haberme brindado la oportunidad de tener una hermosa familia que me apoya y con tu guía bendicen mi camino.

A mis padres por ser los seres más especiales al poderme darme la vida en especial a mi madre Irma Alvarado Meza por su lucha y perseverancia en poder sacarme adelante día a día y Aníbal Franco Morales, junto con el apoyo inmenso y especial de mis padres abuelos Flavio Alvarado Montoya y Haydee Meza Ibarra que fueron mis guías e impulsores a seguir adelante apoyándome en cada momento, viendo junto a mi madre cada éxito y tropiezo en mi vida, agradezco de igual manera a mis tíos que siempre se mantuvieron unidos para darme fuerzas en todo momento, a mis dos hermanitos Thiago Stefano y Liam Isaac Rodríguez Alvarado que son el motor para triunfar en la vida, agradezco con todo mi corazón a la señorita Yelena Arévalo Alonso por todo ese apoyo, comprensión y amor brindado en esta etapa de mi vida junto a toda su familia Arévalo Alonso por acogerme en seno familiar como un hijo, y al Sr. Cleiner Rodríguez por su ayuda y apoyo brindado a mi madre y a mis hermanitos llegando a ser un gran amigo e impulsador en mi vida.

Agradezco a las autoridades de la Universidad Técnica estatal de Quevedo y a cada uno de los docentes que fueron formadores de mi vida universitaria, expresando un sincero y especial agradecimiento a la Ing. Diana Véliz Zamora, M.Sc., Ing. Camilo Mestanza Uquillas, PhD, Ing Gregorio Vásquez, PhD, y a cada uno de los integrantes de Quinua Team por todo el importante apoyo brindado en esta investigación enriqueciendo mi estructura profesional.

Luis Franco Alvarado

DEDICATORIA

Dedicada a mis padres en especial a mis dos madres Irma Alvarado Meza y Haydee Meza Ibarra y a mi padre abuelo Flavio Alvarado por la guía brindada y por permitir llegar a esta vida profesional y a enseñarme que con dedicación, perseverancia y amor se vencen los obstáculos en la vida.

También se la dedico a mis dos hermanos Thiago e Isaac Rodríguez Alvarado y la señorita Yelena Arévalo Alonso

Luis Franco Alvarado

RESUMEN

C. quinoa es un cultivo de gran importancia nutricional ya que aporta con vitaminas, minerales, fotoquímicos, aminoácidos, ácidos grasos no saturados, fibra y su principal característica es su alto contenido de proteína, lo cual ha despertado exponencialmente su consumo a nivel mundial, generando la realización de investigación basadas en su desarrollo y producción, lo cual permita conocer la eficiencia de utilización del nitrógeno como fuente mineral principal en el cultivo, donde se evaluó un genotipo de quinua adaptado a las condiciones climáticas de la finca experimental “La María” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, donde se empleó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos (0-50-100-150-200 kg N ha⁻¹) y 5 repeticiones y cada unidad experimental estuvo constituida por 10 plantas con fertilizaciones a los 20 - 40 y 60 DDS, los resultados que prevalecieron en el efecto de la utilización del N en el cultivo de *C. quinoa* fueron las disponibilidades menores de N en el suelo como es el caso de T1 que no se le aplicó N al suelo, por otra parte en el mayor contenido de N se evidenció en el T4 con 1,86 % en el tejidos vegetativos (tallos, hojas) y 2,71 % en el grano, absorbiendo 274,67 y 173,88 kg N ha⁻¹, obteniendo una producción de biomasa de 56,34 g pl⁻¹ (14,97 t ha⁻¹), un rendimiento de 22,87 g pl⁻¹ (6,40 t ha⁻¹), reflejando un IC de 0,43, destacándose en la producción de MF el T3 con 96,64 g pl⁻¹ (25,71 t ha⁻¹) y el T4 en las variables agronómicas con 107,21 cm de altura, 11,24 mm de diámetro 22,80 cm de raíz y un promedio de hojas de 1519.

Palabras claves: Eficiencia, Utilización, Nitrógeno, Quinua, Rendimiento

ABSTRACT AND KEYWORDS

C. quinoa is a crop of great nutritional importance as it provides vitamins, minerals, photochemicals, amino acids, unsaturated fatty acids, fiber and its main characteristic is its high protein content, which has awakened exponentially its consumption worldwide, generating the realization of research based on its development and production, which allows to know the efficiency of nitrogen use as the main mineral source in the crop, where a genotype of quinoa adapted to the climatic conditions of the experimental farm "La María" was evaluated. owned by the State Technical University of Quevedo, where a completely randomized design was used with 5 treatments (0-50-100-150-200 kg N ha⁻¹) and 5 repetitions and each experimental unit was constituted by 10 plants with fertilizations at 20 - 40 and 60 DDS, the results that prevailed in the effect of the use of N in the culture of *C. quinoa* were the lesser possibilities of N in the soil, as in the case of T1, which did not apply N to the soil, on the other hand, the higher content of N was evidenced in T4 with 1.86% in the vegetative tissues (stems, leaves) and 2.71% in the grain, absorbing 274.67 and 173.88 kg N ha⁻¹, obtaining a biomass production of 56.34 g pl⁻¹ (14.97 t ha⁻¹), a yield of 22 , 87 g pl⁻¹ (6.40 t ha⁻¹), reflecting an IC of 0.43, standing out in the production of MF the T3 with 96.64 g pl⁻¹ (25.71 t ha⁻¹) and the T4 in the agronomic variables with 107.21 cm of height, 11.24 mm of diameter, 22,80 cm of root and an average of leaves of 1519.

Keywords: Efficiency, Utilization, Nitrogen, Quinoa, Performance

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvii
INDICE DE ANEXOS	xviii
CÓDIGO DUBLÍN	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de la investigación.	4
1.1.1. Planteamiento del problema.	4
Diagnóstico.....	4
Pronóstico.....	5
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general.	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6
CAPÍTULO II.....	7

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual.....	8
2.2. Marco referencial.....	9
2.2.1. Origen.....	9
2.2.2. Distribución geográfica.....	9
2.2.3. Descripción botánica.....	10
2.2.4. Fases fenológicas.....	11
2.2.5. Requerimientos edafoclimáticos.....	13
2.2.5.1. Altitud.....	13
2.2.5.2. Suelo y pH.....	13
2.2.5.3. Precipitación y temperatura.....	13
2.2.6. Manejo del cultivo de quinoa.....	13
2.2.6.1. Preparación del terreno.....	13
2.2.6.2. Semilla.....	14
2.2.6.3. Siembra.....	15
2.2.6.4. Fertilización.....	15
2.2.6.5. Deshije o deshoje.....	16
2.2.6.6. Aporque.....	16
2.2.6.7. Riego.....	16
2.2.6.8. Control de malezas.....	16
2.2.6.9. Plaga.....	17
2.2.6.9.1. Polilla de la quinua (<i>Eurysacca quinoa</i>).....	17
2.2.6.10. Enfermedades.....	17
2.2.6.10.1. Mildiu (<i>Perenospora variabilis</i>).....	17
2.2.6.10.2. Podredumbre marrón del tallo (<i>Phoma exigua var foevata</i>).....	17
2.2.6.10.3. Moho verde (<i>Cladosporium sp.</i>).....	17
2.2.6.10.4. Podredumbre radicular o mal de almacigo.....	17

2.2.6.11.	Cosecha.....	18
2.2.7.	Propiedades de la quinua.....	18
2.2.8.	Nutrición vegetal.....	18
2.2.8.1.	Nutrientes.....	19
2.2.9.	Uso eficiente de nutrientes.....	21
2.2.10.	Exportación de nutrientes.....	22
2.2.11.	Eficiencia de absorción.....	22
2.2.12.	Eficiencia de utilización N.....	22
2.2.13.	Trabajos previos a la eficiencia de utilización del nitrógeno en el rendimiento de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	23
CAPÍTULO III.....		7
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		7
3.1.	Localización.....	26
3.1.1.	Características Agro-Climatológicas del Lugar Experimental.....	26
3.2.	Tipo de investigación.....	26
3.3.	Métodos de investigación.....	27
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	27
3.5.	Manejo del experimento.....	27
3.5.1.	Muestreo de suelo.....	27
3.5.2.	Preparación del sitio experimental.....	28
3.5.3.	Siembra.....	28
3.5.4.	Labores culturales.....	28
3.5.5.	Cosecha y postcosecha.....	29
3.5.6.	Evaluaciones.....	29
3.6.	Diseño de la investigación.....	29
3.7.	Dimensiones del campo experimental.....	30
3.8.	Instrumentos de investigación.....	31
3.8.1.	Variables a evaluar.....	31

3.8.1.1.	Crecimiento en fresco.	31
3.8.1.2.	Biomasa.	31
3.8.1.3.	Concentración de N en los tejidos y granos.	32
3.8.1.3.1.	Eficiencia de uso del N.	32
3.8.1.3.2.	Eficiencia de absorción del N.	32
3.8.1.3.3.	Eficiencia de utilización del N.	32
3.8.1.4.	Índice de cosecha.	33
3.9.	Tratamientos de los datos.	33
3.10.	Recursos humanos y materiales.	33
3.10.1.	Materiales de campo.	34
3.10.2.	Materiales, equipos y reactivos de laboratorio.	34
3.10.2.1.	Materiales y equipos.	34
3.10.3.	Materiales y equipos de oficina.	34
CAPÍTULO IV		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1.	Efecto del N en la eficiencia de uso y sus variables derivadas en el cultivo de <i>C. quinoa</i>	36
4.2.	Influencia de la concentración y absorción del nitrógeno disponible en la producción de biomasa y rendimiento fresco y en grano en el cultivo de <i>C. quinoa</i>	39
4.3.	Análisis del efecto del nitrógeno en el crecimiento vegetativo de las plantas de quinua.	44
CAPITULO V		46
5.1.	Conclusiones	47
5.2.	Recomendaciones	48
CAPITULO VI		49
6.1.	Literatura citada	50
CAPITULO VII.....		58
ANEXOS.....		58
7.1.	Croquis de campo	59

7.2.	Anexos de análisis de varianza	60
7.3.	Fotografías de la investigación	69
7.4.	Análisis de laboratorio	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Posición taxonómica de la quinua</i>	10
Tabla 2. <i>Características agrometeorológicas de la Finca Experimental “La María” UTEQ - Mocache</i>	26
Tabla 3. <i>Descripción de los tratamientos</i>	29
Tabla 4. <i>Características del experimento</i>	30
Tabla 5. <i>Esquema de Análisis de Varianza (ANDEVA)</i>	30
Tabla 6. <i>Promedios de la eficiencia de absorción del N (EAbN), en plantas de C. quinoa, bajo diferentes disponibilidades de N en la Finca Experimental “La María”. Quevedo 2018</i>	38
Tabla 7. <i>Promedios de concentración de N y N absorbido en los tejidos, grano y total en plantas de C. quinoa, bajo diferentes disponibilidades de N en la Finca Experimental “La María”. Quevedo 2018</i>	41
Tabla 8. <i>Promedios de rendimiento de biomasa de grano e índice de cosecha en plantas de C. quinoa, bajo diferentes disponibilidades de N en la Finca Experimental “La María”. Quevedo 2018</i>	43
Tabla 9. <i>Promedios de rendimiento fresco en plantas de C. quinoa, bajo diferentes disponibilidades de N en la Finca Experimental “La María”. Quevedo 2018</i>	44
Tabla 10. <i>Promedios del crecimiento vegetativo de C. quinoa a los 90 días, bajo diferentes disponibilidades de N en la Finca Experimental “La María”. Quevedo 2018</i>	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Distribución de la C. quinoa en Ecuador</i>	9
Figura 2. <i>Rendimiento de C. quinoa (t) del año 2016 en el Ecuador.</i>	10
Figura 3. <i>Etapas fenológicas de C. quinoa</i>	12
Figura 4. <i>Formas de preparación del suelo</i>	14
Figura 5. <i>Suministros y rutas del nitrógeno en el suelo.</i>	19
Figura 6. <i>Relación del rendimiento y eficiencia en el uso de nutriente</i>	21
Figura 7. <i>Esquema del uso eficiente del N.</i>	23
Figura 8. <i>Efecto del N en el rendimiento máximo del grano</i>	39
Figura 9. <i>Efecto del N en el rendimiento máximo del grano con diferentes disponibilidades</i>	39

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. <i>Modelo matemático de DCA</i>	31
Ecuación 2. <i>Eficiencia de uso de N</i>	32
Ecuación 3. <i>Eficiencia de absorción de N</i>	32
Ecuación 4. <i>Eficiencia de utilización de N</i>	32
Ecuación 5. <i>Índice de cosecha</i>	33

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Distribución de las parcelas experimentales para el análisis de la eficiencia de utilización del nitrógeno en el rendimiento de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).</i>	59
Anexo 2. <i>Análisis de varianza para la variable EAbN de los tejidos a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	60
Anexo 3. <i>Análisis de varianza para la variable EAbN de los granos a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	60
Anexo 4. <i>Análisis de varianza para la variable EAbN total a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	60
Anexo 5. <i>Análisis de varianza para la variable EUtN de los tejidos a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).</i>	61
Anexo 6. <i>Análisis de varianza para la variable EUtN de los granos a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).</i>	61
Anexo 7. <i>Análisis de varianza para la variable EUtN total a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).</i>	61
Anexo 8. <i>Análisis de varianza para la variable EUN de los tejidos a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).</i>	62
Anexo 9. <i>Análisis de varianza para la variable EUN de los granos a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).</i>	62
Anexo 10. <i>Análisis de varianza para la variable EUN total a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).</i>	62
Anexo 11. <i>Análisis de varianza para la variable concentración de N (%) en los tejidos a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	63
Anexo 12. <i>Análisis de varianza para la variable concentración de N (%) en el grano a la cosecha de la planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	63

Anexo 13. <i>Análisis de varianza para la variable concentración de N (%) total a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	63
Anexo 14. <i>Análisis de varianza para la variable N absorbido en los tejidos a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	64
Anexo 15. <i>Análisis de varianza para la variable N absorbido en el grano a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	64
Anexo 16. <i>Análisis de varianza para la variable N absorbido total a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	64
Anexo 17. <i>Análisis de varianza para la variable materia seca aérea (g) a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	65
Anexo 18. <i>Análisis de varianza para la variable materia seca radical (g) a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	65
Anexo 19. <i>Análisis de varianza para la variable materia seca total (g) a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	65
Anexo 20. <i>Análisis de varianza para la variable índice de cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	66
Anexo 21. <i>Análisis de varianza para la variable materia fresca aérea (g) a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	66
Anexo 22. <i>Análisis de varianza para la variable materia fresca radical (g) a cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	66
Anexo 23. <i>Análisis de varianza para la variable materia fresca total (g) a cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	67

Anexo 24. <i>Análisis de varianza para la variable rendimiento del grano (g) de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	67
Anexo 25. <i>Análisis de varianza para la variable altura (cm) a los 90 días de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	67
Anexo 26. <i>Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo (mm) a los 90 días de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	68
Anexo 27. <i>Análisis de varianza para la variable longitud de raíz (cm) a los 90 días de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	68
Anexo 28. <i>Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 90 días de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.</i>	68
Anexo 29. <i>Preparación del terreno para la siembra con azadón y motocultor.</i>	69
Anexo 30. <i>Proceso de germinación de las semillas de C. quinoa. mediante el método de siembra a chorro continuo</i>	69
Anexo 31. <i>Plantas de C. quinoa a los 8 días después de la siembra.</i>	70
Anexo 32. <i>Dosis de Urea de 50 kg N ha⁻¹ en relación a 2,5 m²</i>	70
Anexo 33. <i>Dosis de Urea de 100kg N ha⁻¹ en relación a 2,5 m²</i>	70
Anexo 34. <i>Dosis de Urea de 150kg N ha⁻¹ en relación a 2,5 m²</i>	70
Anexo 35. <i>Dosis de Urea de 200 kg N ha⁻¹ en relación a 2,5 m²</i>	70
Anexo 36. <i>Aplicación de la urea al 46% al cultivo de C quinoa</i>	70
Anexo 37. <i>Muestras de tejido vegetal de las plantas de C. quinoa a los 90 días.</i>	70
Anexo 38. <i>Molienda de tejidos vegetales de plantas de C. quinoa mediante molino manual.</i>	70
Anexo 39. <i>Molienda de tejidos vegetales de plantas de C. quinoa. mediante molino eléctrico.</i>	70
Anexo 40. <i>Trillaje de las plantas de C. quinoa.</i>	70
Anexo 41. <i>Limpieza del grano de C. quinoa</i>	70
Anexo 42. <i>Grano limpio de C. quinoa</i>	70
Anexo 43. <i>Análisis de laboratorio</i>	70

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Abreviación Significado

ANDEVA	Análisis de varianza
<i>C. quinoa.</i>	<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>
DDS	Días después de la siembra
EAb	Eficiencia de absorción
EAbN	Eficiencia de absorción de nitrógeno
EU	Eficiencia de uso
EUNt	Eficiencia de uso de los nutrientes
EUN	Eficiencia de uso del nitrógeno
EUt	Eficiencia de utilización
EUtN	Eficiencia de utilización del nitrógeno
MF	Materia fresca
MS	Materia seca
N	Nitrógeno
t	Toneladas
pl	planta

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) ADAPTADA A LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS”				
Autor:	Franco Alvarado Luis Aníbal				
Palabras clave:	Eficiencia	Utilización	Nitrógeno	Quinoa	Rendimiento
Fecha de publicación:					
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2019.				
Resumen:	<p><i>C. quinoa</i> es un cultivo de gran importancia nutricional ya que aporta con vitaminas, minerales, fotoquímicos, aminoácidos, ácidos grasos no saturados, fibra y su principal característica es su alto contenido de proteína, lo cual ha despertado exponencialmente su consumo a nivel mundial, generando la realización de investigación basadas en su desarrollo y producción, lo cual permita conocer la eficiencia de utilización del nitrógeno como fuente mineral principal en el cultivo, donde se evaluó un genotipo de quinua adaptado a las condiciones climáticas de la finca experimental “La María” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, donde se empleó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos (0-50-100-150-200 kg N ha⁻¹) y 5 repeticiones y cada unidad experimental estuvo constituida por 10 plantas con fertilizaciones a los 20 - 40 y 60 DDS, los resultados que prevalecieron en el efecto de la utilización del N en el cultivo de <i>C. quinoa</i> fueron las disponibilidades menores de N en el suelo como es el caso de T1 que no se le aplicó N al suelo, por otra parte en el mayor contenido de N se evidenció en el T4 con 1,86 % en el tejidos vegetativos (tallos, hojas) y 2,71 % en el grano, absorbiendo 274,67 y 173,88 kg N ha⁻¹, obteniendo una producción de biomasa de 56,34 g pl⁻¹ (14,97 t ha⁻¹), un rendimiento de 22,87 g pl⁻¹ (6,40 t ha⁻¹), reflejando un IC de 0,43, destacándose en la producción de MF el T3 con 96,64 g pl⁻¹ (25,71 t ha⁻¹)</p>				

	<p>y el T4 en las variables agronómicas con 107,21 cm de altura, 11,24 mm de diámetro 22,80 cm de raíz y un promedio de hojas de 1519.</p> <p>Palabras claves: Eficiencia, Utilización, Nitrógeno, Quinoa, Rendimiento</p> <p><i>C. quinoa</i> is a crop of great nutritional importance as it provides vitamins, minerals, photochemicals, amino acids, unsaturated fatty acids, fiber and its main characteristic is its high protein content, which has awakened exponentially its consumption worldwide, generating the realization of research based on its development and production, which allows to know the efficiency of nitrogen use as the main mineral source in the crop, where a genotype of quinoa adapted to the climatic conditions of the experimental farm "La María" was evaluated. owned by the State Technical University of Quevedo, where a completely randomized design was used with 5 treatments (0-50-100-150-200 kg N ha⁻¹) and 5 repetitions and each experimental unit was constituted by 10 plants with fertilizations at 20 - 40 and 60 DDS, the results that prevailed in the effect of the use of N in the culture of <i>C. quinoa</i> were the lesser possibilities of N in the soil, as in the case of T1, which did not apply N to the soil, on the other hand, the higher content of N was evidenced in T4 with 1.86% in the vegetative tissues (stems, leaves) and 2.71% in the grain, absorbing 274.67 and 173.88 kg N ha⁻¹, obtaining a biomass production of 56.34 g pl⁻¹ (14.97 t ha⁻¹), a yield of 22 , 87 g pl⁻¹ (6.40 t ha⁻¹), reflecting an IC of 0.43, standing out in the production of MF the T3 with 96.64 g pl⁻¹ (25.71 t ha⁻¹) and the T4 in the agronomic variables with 107.21 cm of height, 11.24 mm of diameter, 22,80 cm of root and an average of leaves of 1519.</p> <p>Keywords: Efficiency, Utilization, Nitrogen, Quinoa, Performance</p>
Descripción:	
URI:	

INTRODUCCIÓN.

La *Chenopodium quinoa* es un cultivo andino domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la Región Andina de Sud América (1) (2). Es una planta sagrada conocida como “Cereal Madre”. En realidad, no es propiamente un cereal si no una planta de hojas anchas perteneciente a la familia *Amaranthaceae* de la que se aprovechan tanto las hojas y sus semillas. Aportando nutricionalmente con vitaminas, minerales, fotoquímicos, aminoácidos y ácidos grasos no saturados además de ser ricas en fibra (3).

En Ecuador, las principales provincias productoras de quinua, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería son Carchi, Chimborazo, Imbabura y Pichincha, con una superficie sembrada de alrededor de 2 mil hectáreas al año y una producción total de 1400 toneladas métricas, acercándose a un promedio de 0,70 toneladas métricas por hectárea (entre 10 y 15 quintales por hectárea), mientras que según la Unidad de Almacenamiento (UNA EP), entre el año 2016 y 2017, la exportación de quinua paso de 100-400 toneladas métricas, a diferencia de las importaciones que han disminuido en los últimos 10 años, de 800 a 15 toneladas métricas (4) (2).

En la provincia de Los Ríos no se cultiva *C. quinoa* por falta de material genéticos para esta zona, donde se cuenta con condiciones agroclimáticas tropicales y la producción nacional se concentra en la zona de clima frío del Ecuador. La realización de esta investigación forma parte del proyecto FOCICYT desarrollado en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), que inicio en el año 2017, donde Zambrano y col. investigaron la adaptabilidad de 21 genotipos de quinua, que obtuvieron rendimientos promedios entre 0,8-19 toneladas métricas por hectárea (en relación a la siembra de un metro cuadrado) (5).

En este trabajo se estudiará el nitrógeno (N), ya que es un elemento importante para la *C. quinoa*, y es uno de los mayores nutrientes que en los cultivos limita los rendimientos. El nitrógeno incrementa el crecimiento vegetativo y la capacidad fotosintética de la planta; es decir, determina el número de hojas, el número de semillas por inflorescencia y por lo tanto determina el potencial de rendimiento. Una importante cantidad del nitrógeno absorbido por la planta llega a los granos a la madurez y contribuye a la cantidad de

proteína y realizar el papel de reserva en las semillas, manteniendo las mismas vivas sin ser plantadas (1).

La importancia del nitrógeno desde el punto de vista bio-edafológico se comprende inmediatamente, ya que no sólo constituye un factor vital para el desarrollo de las plantas, sino que interviene decisivamente en las transformaciones orgánicas que se producen en el suelo, cuya regulación permitirá aprovechar debidamente dicho elemento. El nitrógeno contenido en la tierra está dotado de gran movilidad y pluralidad de formas en que se presenta, lo cual dificulta su control. Por ello se pierden considerables porcentajes de nitrógeno libre, que pasa a la atmósfera, y también en la de sales solubles que se eliminan con las aguas de drenaje (6).

La eficiencia del uso de nitrógeno (EUN) es la proporción de rendimiento del grano por unidad de nitrógeno disponible en el suelo, incluido el nitrógeno del suelo residual presente, y el fertilizante nitrogenado. Sin embargo, no todo el nitrógeno disponible en la planta viene del fertilizante nitrogenado. La EUN es una función de la estructura edáfica, condiciones climáticas, interacciones entre el suelo y procesos bacterianos y la naturaleza de las fuentes de nitrógeno orgánicas e inorgánicas (7).

El estudio de la utilización del nitrógeno (EUtN) en la planta de *C. quinoa*, también llamado coeficiente de utilización del nitrógeno, representa la fracción de nitrógeno incorporado al suelo que es absorbido por el cultivo y que depende de las propiedades del sistema radical, su distribución en el suelo, el área superficial, de la absorción por unidad de área y del manejo.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Debido a la inexistencia de investigaciones sobre el cultivo de *C. quinoa* en la provincia de Los Ríos, no existe producción de quinua por la falta de adaptación en variedades o genotipos para la producción, y por ende el uso eficiente del nitrógeno como fuente mineral esencial para el desarrollo del mismo.

Actualmente la eficiencia de uso de nutrientes ha generado mayor atención debido al incremento del costo de los fertilizantes, el estancamiento del precio de las cosechas y la continua preocupación por el impacto ambiental, especialmente en nuestra zona, particularmente por la contaminación del agua, asociada con el uso exagerado de fertilizante y relacionada a la escorrentía que participa en la movilidad de los compuestos contaminantes. El manejo eficiente de los fertilizantes nitrogenados en los sistemas de producción agrícolas es fundamental para evitar aplicaciones excesivas, sin disminuir la rentabilidad del cultivo (8).

Diagnóstico.

El diagnóstico estratégico que se pretende llevar a cabo en esta investigación está enfocado mediante el método de análisis FODA, presentando las principales fuerzas y oportunidades, así como también las debilidades y amenazas en la eficiencia de utilización del nitrógeno en el cultivo de *Chenopodium quinoa* Willd.

Fortalezas.

- Genotipos introducidos y adaptados a la zona Norte de la Provincia de Los Ríos.

Debilidades.

- Falta de información sobre el manejo nutricional (N) en el cultivo de *C. quinoa* de zona tropical.

Oportunidades.

- Disponibilidad de campo y Laboratorio para el desarrollo de la investigación

Amenazas.

- Inadecuado manejo en la aplicación de dosis de nitrógeno.

Pronóstico.

La eficiencia de utilización de nitrógeno puede afectarse por la absorción del nutriente desde el suelo y la translocación al órgano de interés agronómico en el cultivo de *C. quinoa*.

1.1.2. Formulación del problema.

Teniendo en cuenta el manejo nutricional en el cultivo de *C. quinoa* se formula la siguiente pregunta de investigación.

¿Qué efecto obtendría el nivel de disponibilidad de nitrógeno del suelo en la eficiencia de utilización en el cultivo de *C. quinoa*?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Qué dosis es la óptima en el mayor desarrollo de las plantas de *C. quinoa*?

¿Cuál es la eficiencia de utilización de nitrógeno en el rendimiento del cultivo de *C. quinoa*?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Evaluar la eficiencia de utilización del nitrógeno (EUtN), en el rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) adaptada a la zona norte de la provincia de Los Ríos.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Evaluar la eficiencia de utilización del nitrógeno, en función de los cinco niveles de nitrógeno en *C. quinoa*.

- Identificar la dosis óptima de disponibilidad de nitrógeno de acuerdo a la mayor productividad en el cultivo de *C. quinoa*.
- Determinar el nitrógeno absorbido, biomasa, rendimiento e índice de cosecha, bajo los cinco niveles de aplicación del nitrógeno en condiciones de campo, al momento de la cosecha.

1.3. Justificación.

La *C. quinoa* es un cultivo que se adapta a la zona tropical del Ecuador y a su vez es considerada como un cultivo de alto valor nutricional que contribuye al desarrollo de la soberanía alimentaria, y en lo agronómico es una nueva alternativa para la producción sostenible y sustentable para los agricultores de esta zona.

El manejo adecuado de la nutrición de los cultivos, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, es una parte del proceso de producción que, en combinación con otros factores, fomenta el incremento en rendimiento y la calidad de las cosechas. Sin embargo, ante el incremento del precio de los fertilizantes y el efecto que se atribuye a su utilización excesiva sobre la contaminación del ambiente, es necesario hacer un uso cada vez más racional de los nutrientes. La eficiencia agronómica y la recuperación relativa del N permiten conocer con qué cantidad de N el cultivo alcanza su máxima producción y el porcentaje de ese elemento que es absorbido por las planta (9).

Todas estas son temáticas que deben ser estudiadas para contribuir al conocimiento de los determinantes fisiológicos del uso (captura y eficiencia de utilización) de recursos (nutrientes), y la interacción de los factores clima-suelo-nutriente-planta, lo cual se traducirá en una mejor utilización de los recursos disponibles con un menor impacto ambiental. (10).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Eficiencia de uso de nutrientes (EUNt).

Generalmente el uso eficiente de nutrientes describe que tan bien las plantas o un sistema de producción usan los nutrientes. La eficiencia puede verse a corto o largo plazo y puede basarse en el rendimiento (11).

Eficiencia de absorción (EAb).

La absorción de nutrientes es la cantidad de nutrientes extraídos por una planta durante su ciclo de vida. Las curvas de absorción no constituyen una herramienta de diagnóstico como el análisis foliar, más bien, contribuyen a dar solidez a los programas de fertilización, debido a que constituyen las cantidades mínimas a las que el cultivo debe tener acceso para producir un determinado rendimiento (12).

Eficiencia de utilización (EUt).

La eficiencia de utilización (EUt), es la capacidad de incorporar a los procesos metabólicos responsables de la productividad primaria o a los frutos los nutrientes en el cultivo de quinua (13).

Eficiencia de uso del nitrógeno (EUN).

EUN es la proporción de rendimiento del grano por unidad de nitrógeno disponible en el suelo, incluido el nitrógeno del suelo residual presente y el fertilizante nitrogenado. Sin embargo, no todo el nitrógeno disponible en la planta viene del fertilizante nitrogenado (7).

Urea.

La urea es el fertilizante más popular. Es el sólido granulado de mayor concentración de nitrógeno (N) (14).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Origen.

La *C. quinoa* es una planta cultivada desde hace más de 7.000 años (15). Esta especie es un cultivo que se originó de los Andes altos de la América del Sur los cuales se encuentran en las regiones del Altiplano de Bolivia y Perú, con una amplia variabilidad genética entre los países de Bolivia, Perú, Ecuador, Chile y Argentina (16).

2.2.2. Distribución geográfica.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), en el 2015 las zonas con mayor producción de quinua se dieron en las provincias de Imbabura, Chimborazo, Carchi y Pichincha, ver figura 1 (17).

En cuanto, al periodo de producción entre octubre del 2015 y agosto del 2016, la provincia de Pichincha presento mejor rendimiento $1,79 \text{ t ha}^{-1}$ con respecto a la media nacional con $1,36 \text{ t ha}^{-1}$; mientras que la zona de menor productividad fue Tungurahua con $1,19 \text{ t ha}^{-1}$, ver figura 2 (18).

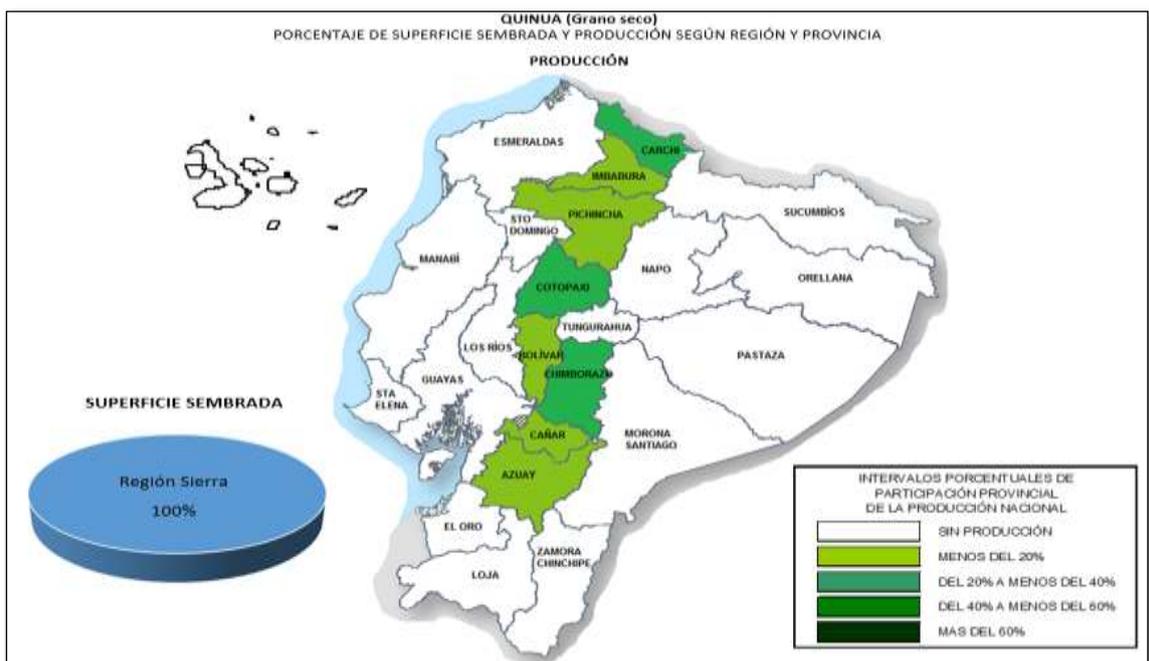


Figura 1. Distribución de la *C. quinoa* en Ecuador

FUENTE: (17)

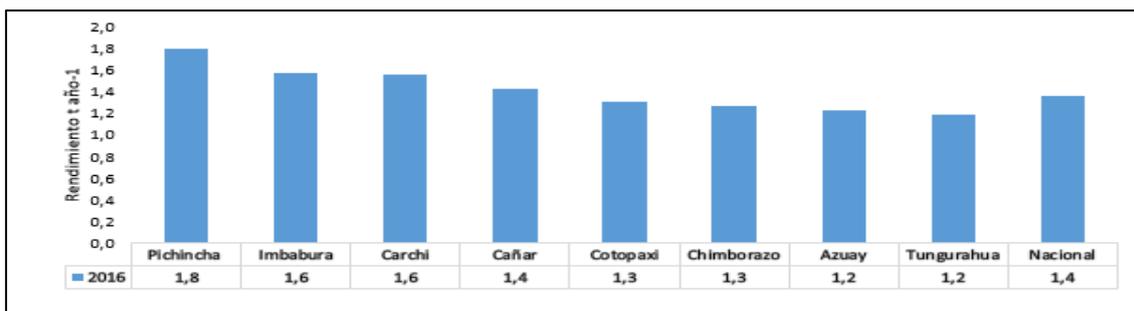


Figura 2. Rendimiento de *C. quinoa* (t) del año 2016 en el Ecuador.

FUENTE: (18).

2.2.3. Descripción botánica.

Según Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS) el cultivo de quinua se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera, ver tabla 1.

Tabla 1. Posición taxonómica de la quinua

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Genero	<i>Chenopodium</i>
Especie	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd

FUENTE: (19)

ELABORADO: AUTOR

Es una especie perteneciente a la familia *Amaranthaceae*. Planta herbácea de desarrollo anual o bianual y dicotiledónea; su morfología, coloración y fenología va a depender del genotipo y de las condiciones agroecológicas del cultivo (20) debido a que su alta plasticidad permite la adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas (21). Sin embargo, puede presentar estados fenológicos que van desde los 90 a 240 días, coloración de los genotipos que varían del verde, púrpura, amarillo, naranja hasta el rojo (22).

La raíz de *C. quinoa* es del tipo pivotante, consta de una raíz principal de la cual salen un gran número de raíces laterales muy ramificadas. La longitud de las raíces es variable, de

0.8 a 1.5 m. Su desarrollo y crecimiento está determinado por el genotipo, tipo de suelos, nutrición y humedad entre otros factores (1) (2).

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y angulosos a partir de las ramificaciones, de coloración variable desde el verde al rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color, verde rojo o púrpura (21).

La hoja posee pecíolo y lámina. Los pecíolos son acanalados en su lado superior, largos, delgados o muy variables. Las hojas de la parte inferior de la planta son de forma romboidal o triangular. Las más grandes llegan a medir hasta 10 – 15 cm de largo por 8-10 cm de ancho. Son de color verde cuando están tiernas, semejante a espinacas y, normalmente, están cubiertas de papilas, tanto en el as como en el envés (23).

La inflorescencia es una panoja, formada por un eje central, ejes secundarios y terciarios que sostienen a los glomérulos (grupos de flores) (24). Se puede observar tres tipos de panojas; en la glomerulada los glomérulos nacen del eje secundario; en la amarantiforme los glomérulos nacen en los ejes terciarios; la panoja es laxa cuando los ejes son largos (25).

Las flores son pequeñas, con tamaño máximo de 3 mm, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, pueden ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles, tienen 10% de polinización cruzada (21).

El fruto es un aquenio, formado por el perigonio en forma de estrella que contiene la semilla, es seco e indehisciente en la mayoría de los genotipos cultivados además tienen un borde afilado, dejando caer las semillas a la madurez y además tienen un borde redondeado (24)

2.2.4. Fases fenológicas.

La *C. quinoa* presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciadas, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta. Se han determinado doce fases fenológicas dentro del desarrollo del cultivo, figura 3 (26) (27).

- **Emergencia:** cuando la planta sale a la superficie, se produce entre los 7 y 10 días desde la siembra.
- **Dos hojas verdaderas:** momento de aparición de las dos hojas verdaderas.
- **Cuatro hojas verdaderas:** aparición de cuatro hojas verdaderas.
- **Seis hojas verdaderas:** aparición de seis hojas verdaderas y coloración amarilla de hojas cotiledonales.
- **Ramificación:** aparición de ocho hojas verdaderas, caída de hojas cotiledonales y crecimiento de “ramitas”. De los 31 a los 50 días desde la siembra.
- **Inicio de panojamiento:** se nota que va emergiendo del ápice de la planta.
- **Panojamiento:** emergencia de las primeras panojas con gran cantidad de hojitas, para luego sobresalir por encima de estas. De los 51 a los 99 días.
- **Inicio de la floración:** es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados.
- **Floración:** momento de apertura de las primeras flores en la parte apical de la panoja de los 100 a los 120 días.
- **Grano lechoso:** el grano al ser presionado presenta un líquido lechoso.
- **Grano pastoso:** el grano al ser presionado presenta consistencia pastosa de color blanco
- **Madurez fisiológica:** caracterizada por una panoja con colores opacos, desde amarillos a cafés, la consistencia del grano es dura y no presenta cambio al ser oprimido (20)
- **Madurez de cosecha:** Es cuando los granos sobresalen del perigonio, dando una apariencia de estar casi suelto y listo para desprenderse, la humedad de la planta es tal que facilita la trilla (28)

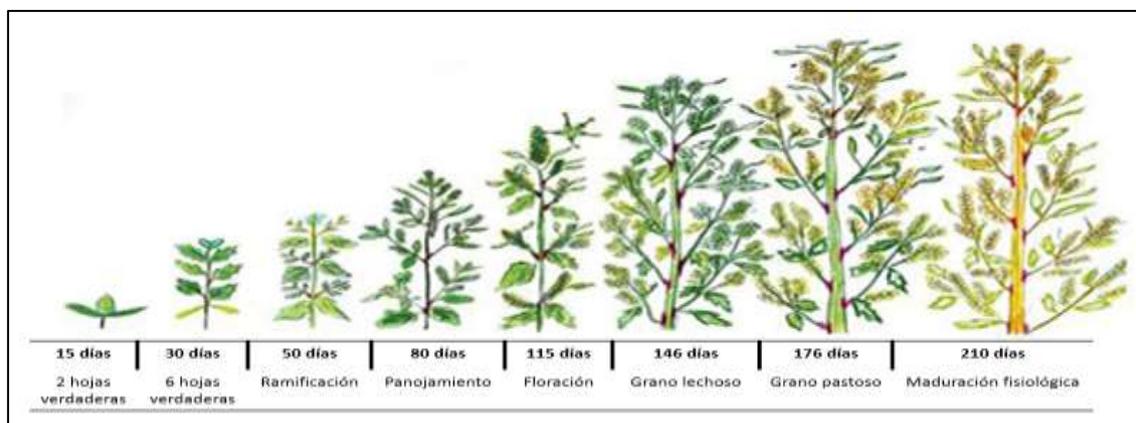


Figura 3. Etapas fenológicas de *C. quinoa*

FUENTE: (20)

2.2.5. Requerimientos edafoclimáticos.

2.2.5.1. Altitud.

La *C. quinoa* es un cultivo que crece desde el nivel de mar hasta los 4000 msnm, pero generalmente se desarrolla mejor desde los 2500 y 4000 m de altura. (29)

2.2.5.2. Suelo y pH.

La *C. quinoa* es un cultivo que prefiere los suelos francos con buen drenaje, semi-profundos, ricos en nutrientes especialmente nitrógeno, tolera bien los suelos salinos. Se han observado producciones aceptables en suelos arenosos y con déficit de humedad. La quinua puede crecer en una amplia variedad textural de suelos cuyo pH varía de 4.5 hasta 9, además las semillas germinan hasta con 56 mmhos/cm de concentración salina (30)

2.2.5.3. Precipitación y temperatura.

La disponibilidad de humedad es un factor preciso en la primera etapa del cultivo, a partir de que emerge hasta las primeras cuatro hojas verdaderas, el requerimiento mínimo de precipitación para la germinación es de 30 a 45 mm de 2 a 5 días, la cantidad óptima que necesita por campaña agrícola es de 300 a 500 mm de precipitación (24)

Generalmente la temperatura media para el crecimiento de la quinua es de 15° a 20°C. En determinadas fases fenológicas puede soportar -4°C siendo más tolerante en la fase de ramificación y la más susceptible la fase de floración y llenado de grano. (29)

2.2.6. Manejo del cultivo de quinoa.

2.2.6.1. Preparación del terreno.

La preparación del suelo para el cultivo de quinua viene dada en referencia a la tecnología disponible en el lugar y a factores topográficos del suelo. Así, en terrenos planos y grandes, la utilización de una mecanización agrícola mediante un tractor va ser factible

para la preparación del terreno para la siembra, en caso contrario, de disponer de terrenos accidentados, con pendiente elevada o de ubicación en laderas de los cerros, se va a tener que utilizar únicamente arado de yunta o la fuerza humana, ver figura 4 (31).

- **Funciones de la preparación del terreno.**

- Nutrir el suelo y airearlo
- Evitar el desarrollo de malezas y la propagación de plagas.
- Asegurar que la humedad penetre al suelo uniformemente.
- Garantizar la germinación.
- Evitar el empozamiento de agua (24)



Figura 4. *Formas de preparación del suelo* (32)

2.2.6.2. Semilla.

La semilla a utilizarse para el cultivo de quinua, debe ser de buena calidad y certificada por la autoridad competente ya que es la parte fundamental para asegurar la producción y alcanzar el máximo rendimiento, por lo tanto deberá tener un documento que garantice la calidad de la semilla (33).

Dentro de los requisitos que debe reunir una buena semilla de quinua, se presentan los siguientes:

- **Pureza genética:** de cien semillas, 99-100 deben ser semillas de la variedad elegida.

- **Pureza física:** las semillas deben ser de quinua, enteras, de buen tamaño, sin piedrecillas o restos de cultivo. También deben de carecer de semillas de malezas u otros granos nativos.
- **Poder germinativo y vigor:** de cien semillas, deben germinar de 80 a 100 semillas en un periodo de 3 a 5 días.
- **Libres de enfermedades** que se transmiten por semilla (31).

2.2.6.3. Siembra.

La siembra es la práctica de colocar la semilla en un suelo preparado a fin de facilitar las condiciones para la germinación y emergencia de las plantas (24)

Dentro de la densidad de siembra que se maneja, los requerimientos para una hectárea van de 8 a 12 Kg., según el sistema de siembra a utilizar, ya sea al voleo o en surcos este último va a una distancia entre surco de 40-50 cm. Otro tipo de siembra lo constituye la siembra indirecta, mediante trasplantes, donde la utilización de semilla va ser mínima; así, con un Kg. podemos cubrir una hectárea (31). La profundidad de siembra es la condición más importante que garantiza la germinación y está en relación a la cantidad de humedad del suelo.

- A mayor humedad menor profundidad de siembra 2 cm.
- A menor humedad mayor profundidad de siembra 3 cm. (24).

2.2.6.4. Fertilización.

Es la aplicación de nutrientes a la planta de acuerdo al resultado del análisis del suelo y a las necesidades del cultivo; la función que cumplen los fertilizantes son: contribuyen a lograr el crecimiento y desarrollo de las raíces, tallos, flores y frutos (24).

La fertilización orgánica es el de considerar los cultivos como un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto, es necesario implementar actividades que mejoren la disponibilidad de macro y micro nutrientes por acción biológica de microorganismos (34).

2.2.6.5. Deshije o deshoje.

Si la siembra fue directa y hecha con semilla de calidad, puede ser que algunos campos tengan una alta cantidad de plántulas, por lo que es necesario realizar un desahije o raleo que permitirá dar a las plántulas más espacio, nutrientes y aire para crecer (1).

2.2.6.6. Aporque.

Esta labor se recomienda realizar al inicio del panojamiento; después del deshierbo y fertilización complementaria se realiza para evitar el tumbado de plantas, y airear las raíces de la planta (1) (5).

2.2.6.7. Riego.

El riego se lo debe realizar a medida que el cultivo de quinua requerida para su crecimiento y desarrollo óptimo. Bajo condiciones de riego en costa se ha observado que el cultivo requiere entre 5000 a 10000 m³ con riego de gravedad y de 3500 a 7500 m³ con riego por goteo. La demanda de agua o cantidad aplicada varía por el clima (invierno, primavera, verano), el suelo (arenosos, francos, arcillosos, etc.), el cultivo-variedad (precoces o tardías), y el sistema de riego empleado (1).

2.2.6.8. Control de malezas.

Las mayores preocupaciones de los productores, es la competencia que las arvenses ejercen a la quinua desde la emergencia del cultivo hasta la formación de las panojas. Varias de ellas tienen un crecimiento aéreo más rápido y/o un sistema radicular extensivo con mayor competencia por luz, agua y nutrientes (1) (34).

Las semillas de quinua, una vez sembradas, germinan y emergen en el suelo teniendo la apariencia de palitos de fósforo, muy pequeños y débiles. Las malezas que infestan los campos de quinua se clasifican en malezas de hoja ancha o dicotiledóneas y malezas de hojas angostas o gramíneas (1).

2.2.6.9. Plaga.

2.2.6.9.1. Polilla de la quinua (*Eurysacca quinoa*).

Desde las primeras etapas de desarrollo de la planta, las larvas se comportan como minadoras y pegadoras. A medida que crecen, abandonan las minas para infestar hojas nuevas y brotes. En la etapa de panojamiento, las larvas se localizan en el interior de las panojas, alimentándose de los granos (35).

2.2.6.10. Enfermedades.

2.2.6.10.1. Mildiu (*Perenospora variabilis*).

El mildiu es el patógeno más severo en la quinua. Los mayores daños de la enfermedad se presentan en las hojas, provocando la reducción del área fotosintética de la planta, y consecuentemente afecta negativamente en el desarrollo de la planta y en el rendimiento. La enfermedad provoca el enanismo (infección sistémica) y la defoliación prematura (1).

2.2.6.10.2. Podredumbre marrón del tallo (*Phoma exigua var foveata*).

Los síntomas iniciales son manchas pequeñas ubicadas en el tercio superior del tallo. En estos órganos se observan lesiones, de color marrón oscuro y bordes de aspecto vítreo, que pueden abarcar todo el diámetro del tallo. En el interior de estas lesiones, se pueden observar puntos negros llamados picnidios. (35).

2.2.6.10.3. Moho verde (*Cladosporium sp.*).

La enfermedad *Cladosporium sp.* Afecta principalmente el follaje desde la fase de panojamiento hasta la madurez fisiológica, se presenta simultáneamente o posterior a la aparición del Mildiu. Los síntomas iniciales aparecen en las hojas basales con pequeñas manchas de color verde, a manera de una esporulación felposa sobre el haz (36).

2.2.6.10.4. Podredumbre radicular o mal de almacigo.

Causado por un complejo de hongos de suelo, *Rhizoctonia sp.*, *Fusarium sp.*, *Pythium sp.* Esta enfermedad está cobrando importancia especialmente en las siembras bajo sistema de riego y en la costa (1).

2.2.6.11. Cosecha.

La cosecha debe programarse en forma oportuna. Demoran la cosecha significa tener los granos “almacenados” al medio ambiente y pueden perderse por granizadas, desgrane por exceso en el secado de la planta, lluvias inesperadas y el ataque de aves.

Para la realización de la cosecha se bene considerar los siguientes aspectos

- Humedad de los granos: Cuando la planta de quinua tiene los frutos o granos en estado pastoso con 45% de humedad, aproximadamente, alcanza la madurez fisiológica. Después de ello la planta entra en un proceso de secado o pérdida de humedad pasando por el estado rayable con la uña, asociado a un 20% de humedad, y grano “frágil bajo el diente” asociado con un 14% de humedad y alcanza la madurez de cosecha. Un proceso muy similar al descrito en los granos de cereales.
- Precipitaciones en época de cosecha.
- Programa de rotación de cultivos (1).

2.2.7. Propiedades de la quinua.

Varios autores consideran a la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) como el único alimento del reino vegetal que contiene todos los aminoácidos esenciales (37) (38) (39), además de oligoelementos, vitaminas, no contiene gluten y es una gran fuente de calcio, hierro y vitamina B (37). Debido a estas propiedades, a la quinua se la considera estrategia para la soberanía alimentaria (40).

En el 2013, la Asamblea de la Naciones Unidas y con el apoyo de la FAO declaro el año Internacional de la Quinua (AIQ), la cual tomo “las excepcionales cualidades nutricionales de la quinua, su adaptabilidad a diferentes agroecológicos y su contribución potencial en la lucha contra el hambre y la desnutrición” (41).

2.2.8. Nutrición vegetal.

La nutrición de los cultivos es una práctica insustituible en la actividad agraria y consiste en reponer al suelo aquellos nutrientes que se van agotando por propia extracción de los

cultivos, esta tiene por objetivo lograr la óptima productividad y calidad de las cosechas y a su vez evitar la pérdida de nutrientes al medio ambiente (42).

2.2.8.1. Nutrientes.

Son de gran importancia para el desarrollo de las plantas, estos pueden ser requeridos en cantidades ínfimas como, macronutrientes, primario y secundario en grandes cantidades y los macronutrientes o micro elementos en pequeñas cantidades, los macronutrientes, son necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los nutrientes primarios son nitrógeno, fósforo y potasio (43) citado por (44).

Los nutrientes esenciales son aquellos que tienen que estar presentes en el suelo en forma disponible para la planta y en óptimas concentraciones para su crecimiento, debe existir un balance adecuado entre las concentraciones de los nutrimentos solubles del suelo. Un adecuado suministro de nutrientes a través de la fertilización, es necesario para obtener el máximo rendimiento en la producción (45) citado por (44).

- **Nitrógeno.**

El nitrógeno (N) es el nutriente que más afecta el motor de crecimiento y la producción de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) (46). El N suple de 1 a 4 por ciento del extracto seco de la planta; es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3) o de amonio (NH_4). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas, ver figura 5 (47).

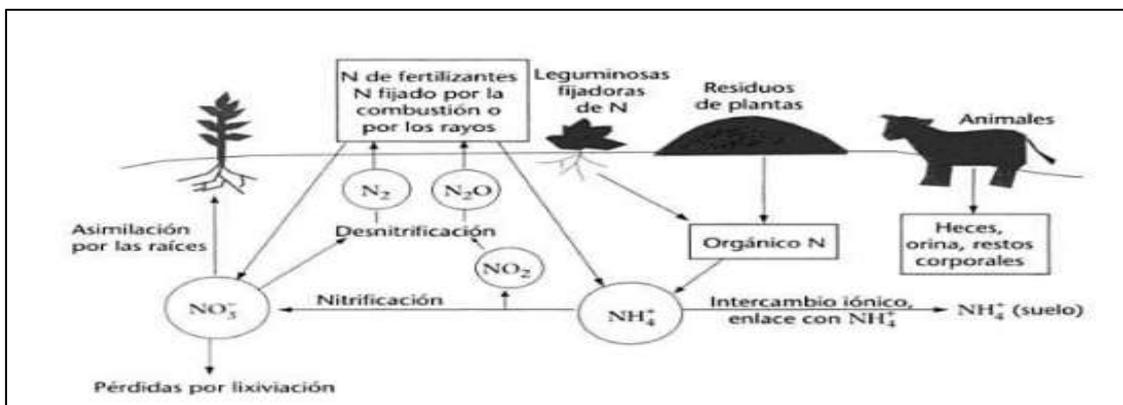


Figura 5. Suministros y rutas del nitrógeno en el suelo (48) adoptado por (49).

- **Nitrógeno atmosférico**

La Tierra es muy rica en nitrógeno, con más de 60.000 billones de toneladas, de los que el 94 por ciento se encuentran en la corteza terrestre. Del 6 por ciento restante, el 99,86 por ciento se halla en la atmósfera como nitrógeno molecular (N_2), y el 0,04 por ciento aparece en los organismos vivos, suelos y aguas, en forma de compuestos orgánicos e inorgánicos (50) citado por (51).

El nitrógeno atmosférico es un importante reservorio de nitrógeno, pero no está disponible para la mayoría de las plantas. Sólo las plantas leguminosas pueden utilizar el nitrógeno atmosférico en procesos biológicos que implican bacterias. Pequeñas cantidades de nitrógeno son depositadas en el suelo por la lluvia (52).

- **Nitrógeno en la planta.**

Se considera que este elemento, aproximadamente, constituye el 2% en peso seco de las plantas. En la planta, el nitrógeno se encuentra fundamentalmente bajo forma orgánica y en una pequeña proporción bajo formas inorgánicas, compuestos amónicos, nitritos y nitratos. El tallo de la planta parece ser el lugar preferente de almacenamiento, antes del cuajado de los granos de ahí que los valores máximos suelen observarse en el periodo que precede a la floración-fecundación (53) (54).

- **Nitrógeno en el suelo.**

El nitrógeno en el suelo se encuentra en diferentes formas: amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) y nitrógeno elemental (N_2), el cual es inerte excepto para aquellos microorganismos fijadores de nitrógeno. Para que pueda ser utilizado y esté disponible para las plantas tiene que estar en forma inorgánica, mineralizado. Las formas inorgánicas de nitrógeno se producen a partir de la descomposición de la materia orgánica del suelo o de la adición de fertilizantes nitrogenados. Esto es muy importante desde el punto de vista de fertilidad del suelo ya que estas tres formas asimilables (NH_4^+ , NO_2^- , y NO_3^-) suponen tan solo entre 2 y 5% del nitrógeno total del suelo. Las bacterias que viven en el suelo son las encargadas de la fijación nitrógeno (55).

2.2.9. Uso eficiente de nutrientes.

La eficiencia del uso de los nutrientes es definida como la biomasa total producida por la planta por unidad de nutrientes absorbidos, ver figura 6 (56). (57).

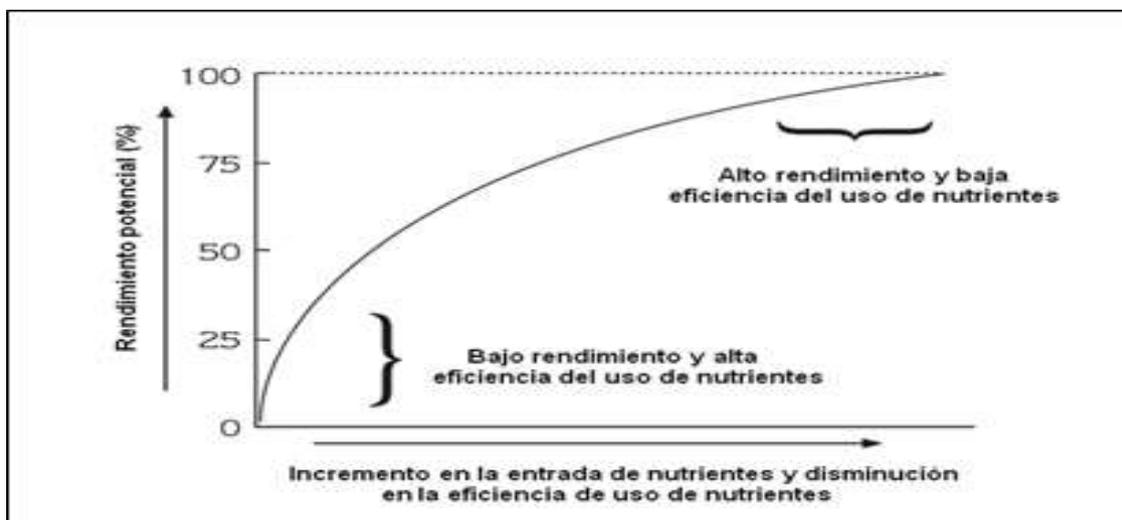


Figura 6. Relación del rendimiento y eficiencia en el uso de nutrientes (58) (59) citado por (10).

Una meta esencial de la agricultura, considerando la creciente demanda de la sociedad por alimentos, fibra y combustibles, la difícil situación económica mundial y las crecientes preocupaciones sobre la calidad del agua y el aire, es el mejoramiento simultáneo de la eficiencia de la productividad y de la eficiencia de uso los recursos, incluyendo la eficiencia de uso de los nutrientes (EUNt).

Las mejores prácticas de manejo (MPM) se pueden definir como acciones, aplicadas a los recursos, que han sido probadas con investigación y que entregan el mejor desempeño combinado de aspectos económicos, sociales y ambientales, los tres pilares de la sostenibilidad. Existen herramientas básicas para mejorar la EUN que al mismo tiempo cumplen con las demandas de sostenibilidad de la sociedad (60).

También el uso eficiente de nutrientes es un factor de gran importancia a nivel productivo, económico y ambiental. Hay que considerar que al incrementarse la eficiencia de uso de los nutrientes y consecuentemente la eficiencia global del sistema, se genera mayor potencialidad en beneficios económicos y sustentables en el largo plazo de producción (61) Citado por (42).

El uso eficiente de nutrientes es de mucha utilidad, debido a que con ello se puede diferenciar especies, genotipos y variedades por su capacidad de absorber y utilizar nutrientes para alcanzar sus máximos rendimientos, la EUNt puede ser medida mediante los índices agronómicos siguientes:

- Eficiencia Agronómica (EA): Es la relación que hay en el incremento del rendimiento en el cultivo por cada unidad de nutriente aplicado.
- Eficiencia de Recuperación de nutrientes (ERN): Es la relación entre el nutriente absorbido por el cultivo y el nutriente disponible que se encuentra en el suelo (42)

2.2.10. Exportación de nutrientes.

Se considera a los nutrientes que se van del campo a través de la fruta producida. Según AGQ (Labs & Technological Services) la extracción de nutrientes depende de diferentes factores tanto internos, como externos estos son: genética y ambiental. Es la cantidad de nutrientes que extrae un cultivo es de acuerdo con la variedad del tipo de suelo, las condiciones de clima y del manejo del cultivo (62) citado por (44).

2.2.11. Eficiencia de absorción.

La disponibilidad de nitrógeno (N) a la planta proveniente del suelo y del fertilizante es decir está gobernada por los procesos adsorción, precipitación, transporte y mineralización, los cuales son afectados directa o indirectamente por propiedades del cultivo y del suelo. El N aplicado al suelo y que no es absorbido por la planta o inmovilizado en la materia orgánica o en la biomasa microbiana es muy susceptible a pérdidas por volatilización, desnitrificación y lixiviación (63).

2.2.12. Eficiencia de utilización N.

Es la capacidad de incorporar los nutrientes (N) a los procesos metabólicos responsables de la productividad primaria o a los frutos (EUNt) (13). La baja eficiencia de utilización

de los fertilizantes nitrogenados (15 a 20%) se debe fundamentalmente a pérdidas por procesos, como: volatilización, lixiviación y desnitrificación, ver figura 7 (64).

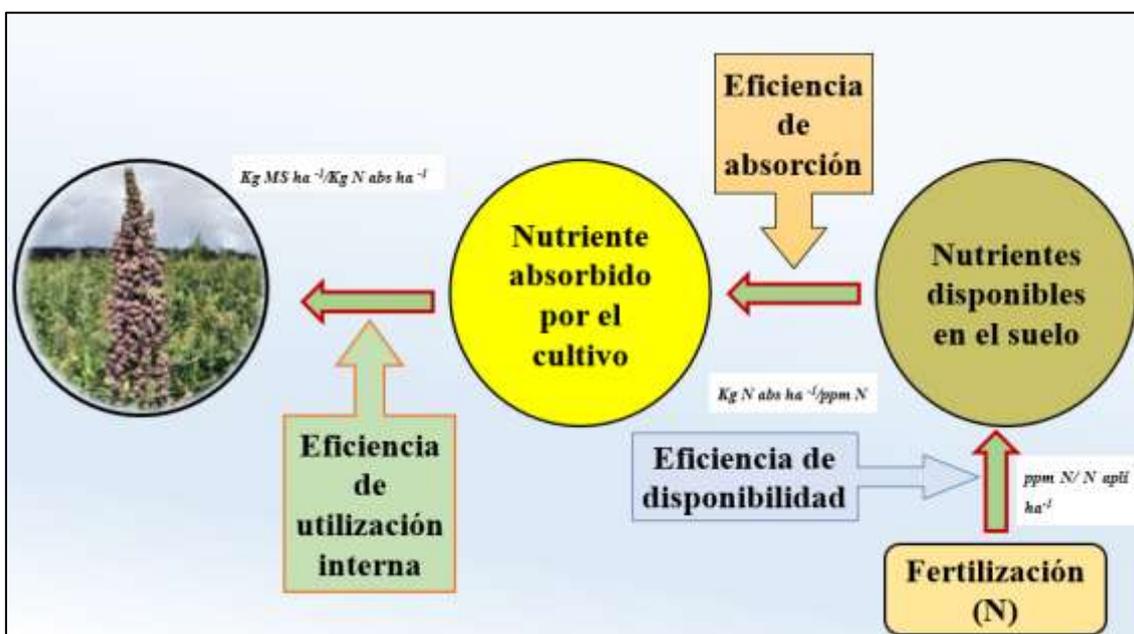


Figura 7. Esquema del uso eficiente del N.

2.2.13. Trabajos previos a la eficiencia de utilización del nitrógeno en el rendimiento de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)

En el trabajo de investigación *Fertilización nitrogenada en quinoa (Chenopodium quinoa Willd)* efectuado en la Estación Experimental El Nogal de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, Campus Chillán, indico una eficiencia de utilización del nitrógeno de 52,13% con una aplicación de 225 kg ha⁻¹ de nitrógeno (65).

En el trabajo de investigación *Evaluación de la dinámica del nitrógeno en el sistema suelo planta bajo condiciones de riego por goteo y secano en el cultivo de la quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*, realizado en el Altiplano Central de Bolivia, Municipio de Patacamaya, se observó que la eficiencia de utilización de nitrógeno fue mayor (33,64 kg) cuando no existe limitaciones de agua para el cultivo (riego), sin embargo bajo condiciones de secano se obtuvo una EUtN menor de 28,13 kg kg⁻¹ en promedio (66).

En el trabajo de investigación *Rendimiento y calidad de la quinua (Chenopodium quinoa Willd) con dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización en condiciones de La Molina*, se determinó que para la eficiencia de uso de nitrógeno se observó diferencias estadísticas, presentando un valor mayor el genotipo LM 89-77 con 46.02 kg de grano kg^{-1} N aplicado. Se presentó diferencias significativas para absorción de nitrógeno para el carácter biomasa. A nivel del sistema de fertilización, la aplicación edáfica o convencional alcanzó un mayor valor promedio igual a 60.12 kg ha^{-1} con respecto a la de fertiriego con un valor de 54.79 kg ha^{-1} . El genotipo LM 89-77 presentó la mayor absorción media de nitrógeno tanto en grano como en biomasa, con valores de 96.07 y 77.47 kg ha^{-1} ; respectivamente (67).

En esta investigación de *"Identificación preliminar de líneas mutantes de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) con mayor eficiencia en el uso de nitrógeno"* Se usó un diseño experimental de Bloques Incompletos Parcialmente Balanceados (BIPB) en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones, en condiciones de La Molina- Lima en la campaña 2012-2013. Para los caracteres agronómicos evaluados, tales como: rendimiento, días al 50% de la floración, días a la madurez; así mismo para los caracteres de calidad, tales como: contenido de proteína de grano, se encontraron líneas mutantes de quinua muy diferentes al testigo. De igual manera, para los caracteres de eficiencia del fertilizante nitrogenado. Se identificaron líneas mutantes de quinua variedad IM89 con ocho de los trece caracteres agronómicos, calidad y eficiencia del uso de fertilizantes y son: MQLM89-134, MQLM89- 153, MQLM89-92, MQLM89-14, MQLM89-152, MQLM89-82, MQLM89-52 y MQLM89-150, consideradas como líneas promisorias para estudios posteriores. Por su eficiencia en el uso de nitrógeno destacan: MQLM89-14, MQLM89-59, MQLM89-75, MQLM89-86, MQLM89-82, MQLM89-109, MQIM89-113, ~QLM89-131, MQ!Jd89-134, M~89-137, MQLM89-149 y MQLM89-152 (54).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La investigación bajo condiciones de campo se llevó a cabo en los terrenos de la Finca Experimental “La María” predios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizado en el kilómetro 7 ½. de la vía Quevedo El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 1° 3’18” de latitud sur y 79° 25’ 24” de longitud oeste, a una altura de 77,60 metros sobre el nivel del mar, el ensayo tuvo una duración de 4 meses en época seca (agosto-diciembre) del año 2018.

3.1.1. Características Agro-Climatológicas del Lugar Experimental.

En la siguiente tabla se muestra las características de las condiciones Agro-Climatológicas del lugar Experimental, ver tabla 2.

Tabla 2. *Características agrometeorológicas de la Finca Experimental “La María” UTEQ - Mocache.*

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	26
Humedad relativa, %	87,71
Precipitación anual mm	2271,29
Heliofanía, horas luz año ¹	915,56
Zona ecológica	Bh- T
Topografía	Plana

FUENTE: (68)

ELABORADO: AUTOR

3.2. Tipo de investigación.

El presente trabajo está basado en una investigación experimental, contribuyendo a la línea de investigación agrícola (Desarrollo de conocimiento y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semihúmedo del Litoral

Ecuatoriano). Siendo uno de estos cultivos la *C. quinoa*, en donde se estudió la eficiencia del uso de nutrientes (EUNt), determinando la Eficiencia de Absorción (EAb), la Eficiencia de Utilización (EUt), mediante el uso de nitrógeno a partir de la aplicación al suelo con relación a la capacidad de absorción de la planta.

3.3. Métodos de investigación.

El método de la observación permitió analizar el desarrollo de la quinua es decir sus características fenotípicas y agronómicas con la aplicación de cada una de las dosis nitrogenadas.

El método analítico se empleó para analizar la eficiencia de utilización de nitrógeno por la planta de *C. quinoa*, es decir la cantidad de nitrógeno que se encuentra disponible en cada una de las partes de la planta.

El método deductivo es el que fue empleado para estudiar cada una de las variables con la finalidad de obtener resultados en referencia a los objetivos propuestos dentro de la investigación.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

La información recopilada en la investigación se la obtuvo de fuentes primarias a través observación directa en el campo y fuentes secundarias tales como el análisis, libros, revistas científicas, artículos científicos, documentales, entre otros.

3.5. Manejo del experimento.

3.5.1. Muestreo de suelo.

Se recolectaron muestras de suelo antes de la preparación y post preparación de la superficie en investigación, donde se realizó un muestreo en equis “X”, en la cual se obtuvo 5 sub-muestras, de las cuales se obtuvo un kg de suelo para el análisis químico en el laboratorio.

3.5.2. Preparación del sitio experimental.

La superficie del trabajo experimental a evaluado tuvo una superficie de 352 m², en las que se evaluó 5 tratamientos y 5 repeticiones, donde las parcelas fueron distribuidas aleatoriamente. Esta actividad se realizó antes de la siembra, en la cual se hizo un pasado de arado de disco y dos pases de rastra, posteriormente se efectuó la delimitación de las parcelas, donde se realizaron dos pases de un motocultivador en la superficie de cada parcela.

3.5.3. Siembra.

El método de siembra se realizó mediante el método de chorro continuo con una densidad de siembra de 10 kg ha⁻¹, para el cual se utilizó un surcador manual que permitió realizar los surcos con un distanciamiento de 0,30 m entre surcos, donde se depositaron las semillas previamente envasadas en recipiente con punta cónica, mezcladas con arena para un mejor proceso de siembra y se las procedió a tapar con sustrato (mezcla de tierra con arena 1:1) en una capa muy fina.

3.5.4. Labores culturales.

En el manejo agronómico del cultivo de quinua se realizó las siguientes labores culturales.

- a) **Control de maleza.** - El control de maleza se realizó de forma manual, según la competencia con el cultivo por el agua, el sol, y el nutriente etc.
- b) **Riego.** - El método de riego es superficial, para compensar los niveles hídricos en condición a capacidad de campo, de acuerdo a la demanda atmosférica y necesidad de la planta.
- c) **Fertilización.** - El proceso de fertilización edáfica se realizó a los 20, 50 y 80 días después de la siembra.
- d) **Control de plagas y enfermedades.** - Se realizó dependiendo la necesidad e incidencia de las mismas.

3.5.5. Cosecha y postcosecha.

La cosecha se realizó de forma manual a los 120 días después de la siembra cuando alcanzó su madurez fisiológica terminal. Posteriormente la cosecha se realizó el trillaje de la planta para la obtención del grano. Una vez realizado este proceso los granos fueron ventilados para su limpieza y separación de las impurezas.

3.5.6. Evaluaciones

Para el estudio de los objetivos planteados se seleccionaron 10 plantas por repetición, en total 250 plantas por tratamiento. En el cual se efectuó la toma de los datos agronómicos a los 90 y 120 días después de la siembra, para el cumplimiento de las variables propuestas, los análisis de la eficiencia de utilización del N, fueron evaluados en el Laboratorio de suelos-agua y el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

3.6. Diseño de la investigación.

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), conformado por 5 tratamientos, 5 repeticiones y 10 observaciones. La explicación por la que se utilizó este diseño es por presentar condiciones parcialmente homogéneas en el campo del experimento, ver tabla 3.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos.

N°	Tratamientos (N, Kg ha ⁻¹)	Repeticiones	UE	Total
1	0	5	10	50
2	50	5	10	50
3	100	5	10	50
4	150	5	10	50
5	200	5	10	50
Total				250

3.7. Dimensiones del campo experimental.

El establecimiento de las parcelas experimentales se realizó con las siguientes características Tabla 4. En el cual se especifican las dimensiones totales y de sus respectivas parcelas.

Tabla 4. *Características del experimento.*

Características	Cantidad
Unidades experimentales	25
Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	5
Tamaño de parcelas	2,5 m ²
Número de hileras	4
Distancia entre hileras	0,30 m
Distancia entre repeticiones	2 m
Separación de parcelas	2 m
Área total del ensayo	416 m ²

ELABORADO: AUTOR

Para determinar las diferencias estadísticas entre tratamientos se empleó la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabla 5. *Esquema de Análisis de Varianza (ANDEVA).*

Fuente de Variación	Formula	Grados de libertad
Tratamientos	t-1	4
Error experimental	t (r-1)	20
Total	t*r-1	24

ELABORADO: AUTOR

El modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable respuesta i “esimo” efecto de las observaciones

μ = Valor de la media general

T_i = Efecto de los tratamientos en estudio

E_{ij} = Error experimental o efecto aleatorio.

3.8. Instrumentos de investigación.

Entre los instrumentos de la investigación se encuentran los datos a evaluados en el campo de manera directa y estudios a realizados en el laboratorio de manera de experimental que permitieron obtener resultados mediante las variables dependientes e independientes planteadas.

3.8.1. Variables a evaluar.

3.8.1.1. Crecimiento en fresco.

Se midió la altura de planta (desde el tallo hasta el ápice de la panoja, cm pl^{-1}), diámetro del tallo (en la base inferior de la planta, mm pl^{-1}) lo cual se realizó con pie de metro, longitud radical (desde el tallo hasta la punta de la raíz, cm pl^{-1}). En el laboratorio, las plantas fueron lavadas, posteriormente separada la materia fresca (MF) en parte aérea (tallo, ramas, hojas, flores, panoja y grano) y parte radicular (raíz) para ser pesadas con una balanza analítica de precisión y expresada en g MF pl^{-1} .

3.8.1.2. Biomasa.

Una vez registradas las variables en fresco cada estructura de la planta, fueron trozada y posteriormente secadas hasta lograr un peso constante y se registró la materia seca (MS), separando entre la biomasa aérea, radical y total, con el propósito de determinar la

importancia que tiene cada órgano en la contribución a la MS total durante el crecimiento. Los datos fueron expresados en g MS pl⁻¹.

3.8.1.3. Concentración de N en los tejidos y granos.

Para la determinación de la concentración de nitrógeno en los tejidos y granos del cultivo de *C. quinoa* se utilizó el método de Kjeldahl mediante el proceso de digestión, destilación y titulación. Para el cual se necesitó 100 g de cada muestra molidas y tamizadas a una abertura 1 mm.

3.8.1.3.1. Eficiencia de uso del N.

Es la relación entre la biomasa producida por cada N disponible en el suelo, por lo que, se estimó entre la multiplicación de la EAbN y la EUtN en todas las partes vegetales y tratamientos.

$$EUN = EAbN \times EUtN$$

Ecuación 2

3.8.1.3.2. Eficiencia de absorción del N.

Se determinó para todos los tratamientos y se expresó como la cantidad de N absorbido en los tejidos vegetales en función del nivel de N disponible en el suelo.

$$EAbN = \frac{Kg\ N\ absorbido\ ha^{-1}}{mg\ N\ disponible\ kg^{-1}\ suelo}$$

Ecuación 3

3.8.1.3.3. Eficiencia de utilización del N.

Es la cantidad de MS que se produce por cada N absorbido en el tejido y se determinó dividiendo el contenido de MS para el contenido de N absorbido en los órganos en cada tratamiento.

$$EUtN = \frac{Kg\ MS\ ha^{-1}}{Kg\ N\ absorbido\ ha^{-1}}$$

Ecuación 4

3.8.1.4. Dosis optima

Se determinó mediante la intersección de la curva del rendimiento y la eficiencia de uso del nitrógeno llevados a porcentajes, que indican el punto donde existe un mayor rendimiento y una mejor EUN con una dosis adecuada.

3.8.1.5. Índice de cosecha.

Es la proporción que existe entre la biomasa que se cosecha (grano) respecto a la biomasa total (parte aérea más raíz), expresada en porcentaje.

$$Ic = \frac{\text{Peso grano limpio}}{\text{Peso total de la planta}} \quad \text{Ecuación 5}$$

3.8.1.6. Rendimiento del grano

El rendimiento de grano se estimó a partir de la cosecha un metro lineal de cada parcela y se hicieron los cálculos establecidos para su expresión en g pl⁻¹.

3.9. Tratamientos de los datos.

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza ANOVA y las medias fueron comparadas mediante la prueba del Test de Tukey ($P \leq 0,05$), con la utilización del paquete estadístico de Software STAFGRAPHICS versión 6,3 y GRAPHPADPRISM.

3.10. Recursos humanos y materiales.

Para el desarrollo de esta investigación enfocado en la “Eficiencia de utilización del nitrógeno en el rendimiento de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) adaptada a la zona norte de la Provincia de Los Ríos” se contó con la contribucion de talentos humanos como la tutora de titulación del proyecto de investigación Ing. Véliz Zamora Diana, el cootutor Dr. Mestanza Uquillas Camilo, estudiantes colaboradores como Arévalo Alonso Yelena, Santana Chavez Jose, el Autor del proyecto de investigacion Franco Alvarado Luis

Anibal y técnico encargado de el laboratorio Ing. Ramos Lourdes responsable del Laboratorio de Bromatología de la UTEQ.

3.10.1. Materiales de campo.

- Semillas de quinua genotipo O3
- GPS
- Surcador manual
- Estacas de madera
- Alambre de pua
- Azadones
- Rastrillo
- Machetes
- Calibrador
- Bomba de mochila
- Equipo de riego
- Sharan
- Lona
- Cinta métrica
- Estaquillas de caña
- Piolas
- Fundas de papel

3.10.2. Materiales, equipos y reactivos de laboratorio.

3.10.2.1. Materiales y equipos.

- Balanza analítica, sensible al 0,1 mg
- Espatula
- Molino electrico con criba de 1 mm
- Bandejas de aluminio
- Estufa

3.10.3. Materiales y equipos de oficina.

- Bolígrafos
- Calculadora
- Cámara digital
- Computadora
- Hoja de cálculo Excel
- Hojas de papel A4
- Registro de apuntes
- Programa estadístico Software libre
- Marcador

CAPÍTULO IV

RESUTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto del N en la eficiencia de uso y sus variables derivadas en el cultivo de *C. quinoa*.

La eficiencia del uso del N (EUN), puede ser analizada e interpretada con la característica de absorber el fertilizante aplicado de manera más eficiente para un mejor desarrollo y aumento en la producción de los cultivos (*C. quinoa*), optimizando los recursos (N) mediante un mejor uso (absorción y utilización).

Según los valores presentados en la tabla 6, indica que existió diferencias altamente significativas entre las variables propuestas. La EAbN se vio afectada con respecto a las diferentes disponibilidades de N, reduciéndose con el incremento de las dosis de N aplicadas, siendo el T1 que logró las más alta EAbN a diferencia del T5 que logró los valores más bajo. En la EAbN de los tejidos y grano el T1 obtuvo 8,37 y 2,64 kg N ppm N disponible en el suelo, 3,62 y 2,14 kg N ppm N disponible en el suelo en el T5, obteniendo un decrecimiento del 57% en los tejidos y 19% en el grano.

La eficiencia de utilización del nitrógeno (EUtN), es la capacidad que tiene la planta de incorporar los nutrientes a los procesos metabólicos responsables de la productividad en el cultivo de *C. quinoa* mediante la cantidad de biomasa producida en función del N absorbido por los tejidos y el grano, los mismos que fueron afectados significativamente ($p < 0,01$) por las diferentes disponibilidades de N, mostrando el T1 los valores mas altos en la EUtN con 62,44 y 46,22 kg kg⁻¹ en los tejidos y granos respectivamente a diferencia del T4 quien presento los mas bajos valores con 54,06 y 36,93 kg kg⁻¹, obteniendo una reduccion del 13 % en los tejidos y el 20 % en los granos.

Estos valores fueron superiores a los presentados por Caballero (66), quien evaluó la dinamica del nitrogeno en el sistema suelo-planta bajo condiciones de riego por goto y secano en *C. quinoa* en las condiciones climaticas del Antiplano Central de Bolivia con la aplicación de 120 kg N ha⁻¹, derterminando una EUtN no mayor a 35 kg kg⁻¹ sin la limitación de agua para el cultivo, mientras que en las condiciones de secano obtuvo un promedio menor de 28,13 kg kg⁻¹, valores superiores a los de Caballero los obtuvo Sanchez (54), que realizó la identificacion preliminar de lineas mutantes de *C. quinoa* con mayor eficiencia en el uso de nitrogeno, obtuvo una EUtN de 48,17 kg kg⁻¹ con una

aplicación de 80 kg N ha⁻¹, valores similares a los de Sanchez los obtuvo Berti *et al.*, (65), quien evaluó 4 dosis de nitrógeno y 2 genotipos de quinua obteniendo una EUtN del 50% en el genotipo FARO con una dosis de fertilización de 150 kg N ha⁻¹.

Según los resultados de la tabla 6, indican que la mayor EUN en las plantas de *C. quinoa* se presentó en las dosis más bajas aplicadas en los tratamientos e iban reduciendo a medida que se presentaban dosis más altas de N disponible en el suelo, siendo el T1 quien registro en los tejidos, granos y total 524,03, 132,43 y 646,53 Kg MS ppm⁻¹ N, seguido del T2 obtuvo una EUN en los tejidos, granos y total de 357,57 , 122,49 y 490 Kg MS ppm⁻¹ N, reduciendo en un 32, 8 y 24% en relación a las dosis aplicadas de 0 y 50 kg N ha⁻¹, a diferencia del T5 que obtuvo una EUN de 207,34, 79,84 y 287,18 Kg MS ppm⁻¹ N, en los tejidos granos y total, disminuyendo en un 60, 40 y 56 % en relación a las dosis aplicadas de 0 y 200 kg N ha⁻¹.

Según Deza (67), en su investigación en dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización presentó una EUN de 46,02 % en el rendimiento y una EUN de 41,17 – 64,73 % en la biomasa en el genotipo LM-8977, en las condiciones climáticas de La Molina. Según Lopez (13), la eficiencia de uso de nitrógeno es un concepto fisiológico que permite evaluar la capacidad que poseen las plantas para tomar nitrógeno del suelo e incorporarlo a los procesos metabólicos responsables de la productividad primaria o a los frutos y, al mismo tiempo, permite identificar y seleccionar de las poblaciones de plantas, genotipos sobresalientes por estas características. Hoffman *et al.*, (69) a su vez indican que mantener una elevada EUN es importante, no solo por la productividad parcial de este nutriente o por su impacto en la rentabilidad del sistema agrícola, sino por el control del potencial de contaminación.

Tabla 6. Promedios de la eficiencia de absorción del N (EAbN), en plantas de *C. quinoa*, bajo diferentes disponibilidades de N en la Finca Experimental “La María”. Quevedo 2018.

Tratamientos	EAbN (kg N abs ha ⁻¹ / mg N kg ⁻¹)						EUtN (kg MS ha ⁻¹ / kg N abs ha ⁻¹)						EUN (EAbN * EUtN)					
	Tejidos		Grano		Total		Tejidos		Grano		Total		Tejidos		Grano		Total	
T1	8,37	d	2,64	ab	11,02	c	62,44	b	46,22	bc	108,66	c	524,03	c	132,43	bc	646,53	d
T2	6,23	c	2,84	b	9,07	bc	57,39	a	46,67	c	104,06	bc	357,57	b	122,49	c	490,00	c
T3	5,37	bc	2,78	ab	8,15	b	55,09	a	42,26	b	97,34	ab	295,57	ab	117,46	bc	412,59	bc
T4	4,39	ab	2,73	ab	7,12	ab	54,06	a	36,93	a	90,99	a	235,22	a	100,56	ab	335,78	ab
T5	3,62	a	2,14	a	5,76	a	57,20	a	37,45	a	94,66	a	207,34	a	79,84	a	287,18	a
\bar{x}	5,60		2,63		8,22		57,24		41,91		99,14		323,95		110,56		434,42	
CV (%)	13,68		13,94		12,94		4,50		5,49		3,88		14,71		14,41		14,19	

Medias en sentido vertical con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Según la figura 8, se muestra el rendimiento del grano y la EUN relativa en función del N disponible en el suelo, donde indica que el rendimiento tuvo una tendencia creciente y la EUN presentó una tendencia decreciente, logrando estimar el punto de unión de ambas curvas, lo cual determina la mayor productividad con la mejor EUN. La dosis optima de N se dio en 62 kg de N con un rendimiento del 65% (4,17 t ha⁻¹) de rendimiento total Según García (70), dice que el valor optimo crítico es aquel que alcanza el 90-95% del rendimiento relativo máximo. Este valor crítico se compara como un standard con el valor determinado en la muestra a diagnosticar.

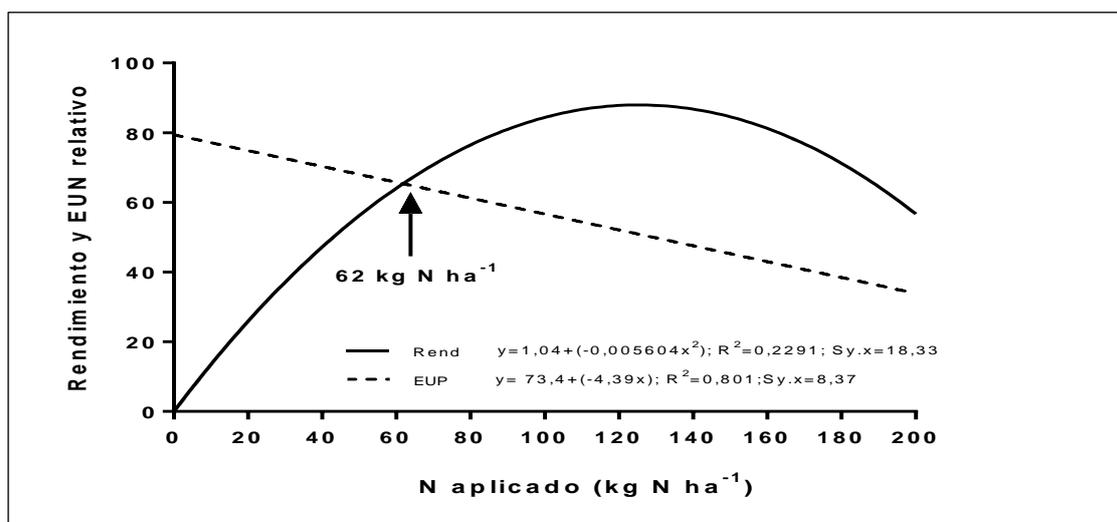


Figura 8. Efecto del N en el rendimiento máximo del grano, en el cultivo de *C. quinoa*

Según la figura 9. Se muestra el mayor rendimiento de grano en función del N disponible en el suelo, donde indica que el rendimiento tuvo una tendencia creciente hasta la aplicación de 110 kg N ha⁻¹ con un rendimiento del 90% del rendimiento total.

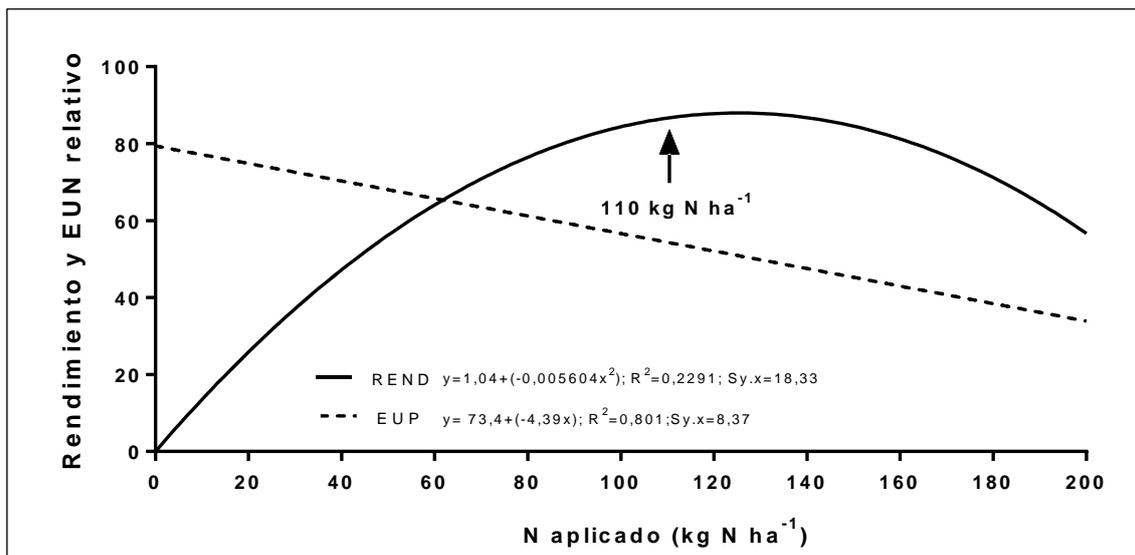


Figura 9. Efecto del N en el rendimiento máximo del grano con las diferentes disponibilidades.

4.2. Influencia de la concentración y absorción del nitrógeno disponible en la producción de biomasa y rendimiento fresco y en grano del cultivo de *C. quinoa*.

La concentración de N en la biomasa del cultivo de *C. quinoa* fue dependiente a las diferentes disponibilidades de N, mostrando diferencias altamente significativas entre los tratamientos, obteniendo un mayor porcentaje de concentración de nitrógeno en los tejidos en el T3 con 1,82 % y en el T4 con 1,86 %, a diferencia del grano que la concentración de N fue mayor en las disponibilidades más altas como es el T4 con 2,71% y el T5 con 2,67 %, obteniendo una mayor concentración de N en la planta de *C. quinoa* en el T4 con 4,57% seguido del T5 con 4,42%.

Valores inferiores fueron publicados por Berti *et al.*, (65) quienes determinaron cuatro dosis de fertilización nitrogenada en *C. quinoa* obteniendo a los 225 días en los genotipos FARO y UDEC10 un contenido de nitrógeno de 0,83 y 1,26 %, valores superiores a los de Berti fueron presentados por Sánchez (54) quien evaluó el porcentaje de nitrógeno en inflorescencia de 63 líneas mutantes de quinua obteniendo un valor que varía de 1,16-2,67%, encontrando el mayor contenido de nitrógeno en la línea mutante MQLM89-35, donde hace referencia a lo expuesto por Fonseca (71) que menciona que al igual que los cereales, en la etapa final del cultivo se disminuye el contenido de nitrógeno de la envoltura floral por la translocación del nitrógeno a las envolturas florales del grano.

La absorción del N forma parte fundamental del desarrollo, crecimiento y productividad de las plantas de *C. quinoa*, mostrando diferencias altamente significativas entre los tratamientos, destacándose en la absorción de N el T4 con 279,67, 173,88 y 453,55 kg N ha⁻¹ en los tejidos, granos y total respectivamente con la aplicación de 150 kg N ha⁻¹ a diferencia del T1 que con la absorción del N disponible en el suelo alcanza una absorción de 168,91, 53,37 y 222,28 kg N ha⁻¹ en los tejidos, granos y total respectivamente, obteniendo una diferencia de 40, 70 y 51 % entre la aplicación de 0 y 150 kg N ha⁻¹.

Estos valores fueron superiores a los presentados por Caballero (66), que en su investigación indica que el cultivo de *C. quinoa* absorbió 127 kg N ha⁻¹ con la aplicación de 120 kg N ha⁻¹, valores superiores a los de Caballero los obtuvo Deza (67), en su

investigación en dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización presentó una absorción de N en el cultivo de 276,38 kg N ha⁻¹.

Tabla 7. Promedios de concentración de N y N absorbido en los tejidos, grano y total en plantas de *C. quinoa*, bajo diferentes disponibilidades de N en la Finca Experimental “La María”. Quevedo 2018.

Tratamientos	% Concentración N			N absorbido (kg N ha ⁻¹)		
	Tejidos	Grano	Total	Tejido	Grano	Total
T1	1,60 a	2,18 a	3,78 a	168,91 a	53,37 a	222,28 a
T2	1,74 ab	2,14 a	3,89 ab	219,00 a	99,83 b	318,36 bc
T3	1,82 b	2,37 a	4,19 bc	261,25 ab	135,04 c	396,29 cd
T4	1,86 b	2,71 b	4,57 d	279,67 ab	173,88 d	453,55 d
T5	1,75 ab	2,67 b	4,42 cd	189,49 a	111,87 bc	301,36 ab
\bar{x}	1,75	2,41	4,17	223,66	114,80	338,37
CV (%)	4,61	5,13	3,93	15,62	15,04	14,66

Medias en sentido vertical con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Según los valores promedios registrados en la tabla 8, indica que el análisis de varianza entre los tratamientos mostró diferencias altamente significativas en todas las variables, siendo los tratamientos T3 (100 kg N ha⁻¹) y T4 (150 kg N ha⁻¹), las dosis que se destacaron en el rendimiento de biomasa seca al momento de la cosecha (120 días), con un peso aéreo promedio en el T3 de 51,26 g pl⁻¹, un peso radical de 2,85 g en el T4 de 53,49 g pl⁻¹ el peso aéreo y un peso radical de 2,86g. obteniendo una biomasa seca total en el T3 de 54,11 g pl⁻¹ y en el T4 de 56,34 g pl⁻¹.

En esta investigación los valores fueron inferiores a los de Mahmoud (72), en donde evaluó diferentes fechas de siembra y la salinidad del agua de riego con una fertilización base el cultivo de *C. quinoa* en las condiciones climáticas del Cairo, Egipto. Bajo invernadero, donde el mayor rendimiento se obtuvo en la siembra con una salinidad del agua de 0,6 dS m⁻¹ obteniendo un valor de 1026,8 g m² (120,1 g pl⁻¹) de biomasa seca. A diferencia de Deza (67), quien obtuvo valores superiores a los de Mahmoud con una producción de biomasa seca de 4968,8 kg ha⁻¹ (388,19 g pl⁻¹) con una fertilización de 100 kg de N ha⁻¹, 90 kg de P₂O₅ ha⁻¹ y 100 kg de K₂O₅ ha⁻¹.

De acuerdo a los valores registrados en la tabla 8, indica que el análisis de varianza en los tratamientos mostró diferencias altamente significativas, siendo el tratamiento T4 (22,87 g pl⁻¹) el que destacó con un mayor rendimiento en grano por planta de *C. quinoa* cosechada con un nivel de disponibilidad de 150 kg N ha⁻¹, a diferencia de las disponibilidades de N mayores y menores a la del T4 que presentaron un menor rendimiento de grano.

En un estudio realizado por Caballero (66) se reportan valores menores en el rendimiento del grano de *C. quinoa* con la aplicación de diferentes niveles de estiércol que contenían entre 125, 250 y 500 kg de N ha⁻¹, siendo el de mayor rendimiento la dosis de 60 kg de estiércol que contenían 500 kg de N ha⁻¹ con 13,41±2,31 g pl⁻¹. Seguido de García *et al.*, (73) quien en su investigación obtuvo un rendimiento en grano de 210 y 228 g m² (10,5 – 11,4 g pl⁻¹), con una fertilización química de (15N-15P-15K) en las condiciones climáticas de Ventaquemada - Boyaca. A diferencia de Zambrano *et al.*, (5), obtuvo valores superiores a los planteados en la tabla 8, donde alcanzo un rendimiento de 35,49 g pl⁻¹ evaluando el mismo genotipo en una densidad de siembra de 0,3 x 0,2 m entre los meses de Agosto-Diciembre del año 2017, Por otro lado, Schmöckel *et al.*, (74) afirman que los ácidos nucleicos y las proteínas son los constituyentes de mayor importancia para el protoplasma de las células. Por esta razón, la deficiencia de nitrógeno inhibe la división celular con una marcada reducción en el crecimiento de órganos, como tallos y hojas.

Según la proporción que existe entre la biomasa que se cosecha (grano) respecto a la biomasa total (tallos-ramas-hojas), el índice de cosecha presente en la tabla 8, indica que el análisis de varianza entre los tratamientos presentó diferencias altamente significativas con las diferentes disponibilidades de N en el suelo, logrando una mejor translocación de los nutrientes al grano en el T4 con 0,43 a diferencia del T1 con un 0,23 de la producción total de la planta. Esta respuesta fue similar a la obtenida por Pinargote (2), Deza (67) y Mamani (75), donde Pinargote evaluó el mismo genotipo y en las mismas condiciones climáticas con una fertilización base alcanzando un IC de 0,44, Deza evaluó dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización obteniendo un IC de 0,47 bajo riego por goteo y 0,43 en seco y Mamani obtuvo un índice de cosecha de 0,43 con una aplicación de 30 t ha⁻¹ de estiércol. (75).

Tabla 8. Promedios de biomasa, rendimiento del grano e índice de cosecha en plantas de *C. quinoa*, bajo diferentes disponibilidades de N en la Finca Experimental “La María”. Quevedo 2018.

Tratamientos	Materia Seca (g)			*Rendimiento grano (g pl ⁻¹)	Índice de cosecha
	Aérea	Radical	Total		
T1	37,77 a	1,72 a	39,49 a	8,83 a	0,23 a
T2	44,90 ab	2,40 ab	47,30 ab	16,63 bc	0,37 b
T3	51,26 b	2,85 b	54,11 b	20,40 cd	0,40 bc
T4	53,49 b	2,86 b	56,34 b	22,87 d	0,43 c
T5	38,78 a	2,40 ab	41,18 a	14,93 b	0,38 bc
\bar{x}	45,24	2,45	47,68	16,73	0,36
CV (%)	13,93	19,28	13,49	14,06	8,69

Medias en sentido vertical con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

* El rendimiento de grano al 13% de humedad al momento de la cosecha

De acuerdo a los valores promedios de la tabla 9, indica que el análisis de varianza en los tratamientos mostró diferencias altamente significativas, siendo los tratamientos T3 y T4, las dosis que se destacaron en la producción de materia fresca aérea al momento de la cosecha, con un peso promedio en el T3 de 91,84 g pl⁻¹ y el T4 de 87,50 g pl⁻¹.

El análisis de varianza para la materia fresca radical presentó diferencias significativas entre los tratamientos, donde el T4 con 4,90 g obtuvo un mayor crecimiento radical a diferencia del T1 con 3,91 g.

En los datos analizados de la tabla 9, muestra que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos para la variable materia fresca total, donde los tratamientos T3 con 96,64 g pl⁻¹ y el T4 con 92,40 g pl⁻¹ obtuvieron una mayor producción de materia fresca con dosis de 100 y 150 kg N ha⁻¹. Valores superiores obtuvo Bora, *et.al.*, (76) en la producción de biomasa fresca a la cosecha con un valor de 45250 kg ha⁻¹ con una fertilización base controlada en las condiciones climáticas de la Granja orgánica agrícola ubicada en Atenas en el sur de Grecia, valores menores a los de Bora los obtuvo Pinargote (2), quien evaluó el genotipo O3 a los 60 días obteniendo un valor promedio de 108,88 g pl⁻¹ en la parte aérea y un peso radical de 9,20 g.

Tabla 9. Promedios de rendimiento fresco en plantas de *C. quinoa*, bajo diferentes disponibilidades de N en la Finca Experimental “La María”. Quevedo 2018.

Tratamientos	Materia Fresca					
	MF Aérea (g)		MF Radical (g)		MF total (g)	
T1	65,26	a	3,91	a	69,17	a
T2	67,34	a	4,23	ab	71,58	a
T3	91,84	b	4,80	ab	96,64	b
T4	87,50	b	4,90	b	92,40	b
T5	65,27	a	4,40	ab	69,17	a
\bar{x}	75,34		4,45		79,79	
CV (%)	7,81		11,42		7,55	

Medias en sentido vertical con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.3. Análisis del efecto del nitrógeno en el crecimiento vegetativo de las plantas de *C. quinoa*.

Considerando los valores promedios de la tabla 10, indica que existió una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, en la variable altura de la planta, y una diferencia altamente significativa en las variables diámetro del tallo y número de hojas con la aplicación de N, siendo los tratamientos T4 (150 kg N ha⁻¹) y T3 (100 kg N ha⁻¹) los que obtuvieron mejores rendimientos en el crecimiento vegetativo a los 90 días en las plantas de *C. quinoa* con 107,21 cm de altura, 11,24 mm de diámetro y un número de hojas de 1519 en el T4 y 106,40 cm de altura, 11,23 mm de diámetro y un número de hojas de 1363 en el T3.

Datos similares registrados por Zambrano (5), donde evaluó el mismo genotipo en la zona norte de la provincia de Los Ríos encontró una altura a los 90 días de 107,91 cm, y un diámetro del tallo de 11,8 mm mediante una fertilización base en plantas de quinoa, valores similares reflejo la investigación realizada por Deza (67), en La Molina Perú, donde aplicaron distintas densidades de siembra a diferentes genotipos con una fertilización base nitrogenada, lo cual arrojó resultados que alcanzaron una altura de 106 a 122 cm. Esto indica que la aplicación de N adecuada contribuye al desarrollo de los órganos vegetales en las plantas de *C. quinoa*, lo cual concuerda con Berti *et al.*, (65), quienes determinaron cuatro dosis de fertilización nitrogenada en *C. quinoa* obteniendo

valores superiores en la altura de la planta en un rango de 121,7 -142,7 cm con una dosis de 150 kg N ha⁻¹ en las condiciones climáticas de Chillan-Chile.

Tabla 10. Promedios del crecimiento vegetativo de *C. quinoa* a los 90 días, bajo diferentes disponibilidades de N en la Finca Experimental “La María”. Quevedo 2018.

Tratamientos	Altura (cm)		Diámetro del tallo (mm)		Numero de hojas		Longitud Radical (cm)	
T1	87,71	a*	8,33	a	502	a	17,87	a
T2	100,04	ab	10,20	ab	1020	bc	20,68	a
T3	106,40	b	11,23	b	1363	cd	20,42	a
T4	107,21	b	11,24	b	1519	d	22,10	a
T5	97,36	ab	9,92	ab	733	ab	18,12	a
\bar{x}	99,74		10,18		1027		19,69	
CV (%)	9,32		11,34		23,04		12,30	

Medias en sentido vertical con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

En este estudio se evaluó la eficiencia de la utilización del nitrógeno en el rendimiento del cultivo de *C. quinua*, bajo distintas disponibilidades de N, resultando las siguientes conclusiones:

- Las eficiencias de utilización de N, se afectaron con las mayores disponibilidades de N en el suelo.
- La dosis óptima de disponibilidad de N en el suelo que logró la mayor productividad en el cultivo de *C. quinoa* fue de 62 kg N ha⁻¹.
- De acuerdo a la dosis de mayor producción el N absorbido en el cultivo de *C. quinoa* fue de 279,67 kg N ha⁻¹ en tejidos vegetativos (tallos, hojas) y 173,88 kg N ha⁻¹ en el grano, obteniendo una producción de biomasa de 53,49 g pl⁻¹ (14,97 t ha⁻¹), un rendimiento de 22,87 g pl⁻¹ (6,40 t ha⁻¹) y un índice de cosecha de 0,43.

5.2. Recomendaciones.

- Se recomienda analizar estos resultados dependiendo del objetivo de interés (investigativo o productivo) para decidir el criterio de eficiencia o rendimiento.
- Si el objetivo es analizar la mayor eficiencia de utilización se recomienda aplicar 150 kg N ha⁻¹ durante el ciclo productivo de la *C. quinua*.
- Analizando el mayor rendimiento de la *C. quinua*, se recomienda aplicar 450 kg N ha⁻¹ durante el ciclo productivo del cultivo.
- No usar dosis demasiado elevadas para la fertilización nitrogenada en el cultivo de *C. quinoa*, debido a que el cultivo no lo asimila incrementando la contaminación del suelo.
- Determinar si la absorción del N, rendimiento de grano y biomasa del cultivo de *C. quinoa* se mantiene en la misma tendencia productiva en época lluviosa.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada.

1. Gómez Pando L, Aguilar Castellanos E. Guía de cultivo de la quinua. Segunda Edición ed. FAO , Molina UNAL, editors. Lima-Peru; 2016.
2. Pinargote J. Producción de biomasa y determinación del índice de cosecha en genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en la finca experimental La María. Tesis de Pregrado. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2018.
3. IMP SERCO. La quinua y sus beneficios. Discovery dsalud. 2016 Abril;(1).
4. Ministerio de Agricultura y Ganadería (. agricultura.gob.ec. [Online].; 2017 [cited 2018 Abril 26. Available from: <http://www.agricultura.gob.ec/2017-ano-clave-para-ecuador-en-exportacion-de-quinua/>.
5. Zambrano CK, Mestanza Uquillas C, Pinargote Alava J. Evaluación agronómica de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en las condiciones agroclimáticas de la zona de Mocache, provincia de Los Ríos. Tesis de Grado. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Departamento de investigación; 2018.
6. Perdomo C. Área de suelos y aguas. Tesis Doctoral. Montevideo: Universidad de la República Facultad de Agronomía; 2015.
7. Verhulst N, François I, Grahmann K. Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación México: CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo; 2015.
8. González TA, Figueroa VU, Rangel P, Núñez HG, Luna OJ, Guadalupe &AGO. Uso eficiente y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero en suelos diferentes. Scielo. 2016 marzo; 7(2).
9. Zamudio González B, Tadeo Robledo M, Espinosa Calderón A, Martínez Rodríguez JN, Celis Euan DI, Valdivia Bernal R, et al. Eficiencia agronómica de fertilización al suelo de macro nutrientes en híbridos de maíz. Scielo. 2015 Noviembre; 6(7).

10. Véliz ZD. Evaluación de las eficiencias de uso del fósforo y radiación solar en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) en suelos volcánicos del sur de Chile. tesis de magister. Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias; 2012.
11. Garcia F, Salvagiotti F. Eficiencia de uso de nutrientes en sistemas agrícolas del Cono Sur de Latinoamérica. Simposio. San Jose, Costa Rica: XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo.; 2014.
12. Bertsch F. Estudios de Absorción de Nutrientes como Apoyo a las Recomendaciones de Fertilización. *Informaciones Agronómicas*. ipni. 2015 Abril;(57).
13. Lopez RJC. Estudio de la Eficiencia en el uso del Nitrógeno en el Café. Fragmento de la tesis del autor para optar el título de Magíster en Sistemas de Producción Agropecuaria. Cenicafe. 2009;; p. 350.
14. Castle J. Urea. *Teagasc*. 2017;(2).
15. Mújica A. El origen de la quinua y la historia de su domesticación.: *Tierra Adentro* ; 2015.
16. Choque Estrada R. Influencia de tres bacterias fijadoras de nitrógeno con y sin abonamiento en suelos degradados, en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Estación Experimental de Patacamaya. Tesis de grado. La Paz- Bolivia: Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Agronomía. Carrera de Ingeniería Agronómica; 2017.
17. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos I. Índice de Publicación ESPAC Quito-Ecuador: INEC; 2016.
18. Monteros A. Rendimientos de Quinua en el Ecuador 2016 (octubre 2015-agosto 2016). Dirección de Análisis y Procesamientos de la Información Coordinación General del Sistema de Información Nacional Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. Quito- Ecuador; 2016.

19. ITIS. itis.gov. [Online].; 2018 [cited 2018 07 12. Available from: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506567#null.
20. Veloza RC, Romero GG, Gomez PJ. Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana norte de Bogotá. Scielo. 2016 Julio; 19(2).
21. Apaza V, Cáceres G, Estrada R, Pinedo R. Catalogos de Variedades Comerciales en Peru. Primera ed. FAO , editor. Peru; 2013.
22. Costas S. Variabilidad genética de *Chenopodium quinoa* Willd. en el Noroeste Argentino y su relación con la dispersión de la especie. Tesis doctoral. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata ; 2014.
23. Hide. scribd.com. [Online].; 2015 [cited 2018 Mayo 19. Available from: <https://es.scribd.com/user/39873282/Hide777>.
24. Aguilar C. Cultivo de la quinua en Áncash Peru; 2016.
25. Bravo FS. Factibilidad de un semillero de Quinua; 2013.
26. Mujica A, A C. Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).In curso taller, fenologías de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica Salcedo-Perú; 1989.
27. Zingaretti A, De Vita M, Garcia M, Ruiz M, Barcena N, Roquero G, et al. Fenología de cuatro ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) sembrados en otoño e invierno (contraestacion), en el Valle de Tullum, San Juan, Argentina. 2014.
28. Mina CD. Evaluación agronómica de líneas F5 de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en dos localidades de la serranía. Ecuador. Tesis de Grado. Quito-Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas; 2014.
29. Tambo LF. Evaluación del efecto de abonos orgánicos en variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el centro Experimental de Quipaquipani, Viacha.

- Tesis de Grado. La Paz Bolivia: Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Ciencias Agroomicas; 2014.
30. Martinez AC. Sistema de riego y niveles de nitrogeno en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. La Molina 89. tesis de Pregrado. Lima- Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2018.
 31. Rosas HG. "Evaluación agronómica de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo dos sistemas de cultivo en la unión-Leticia, Tarma". Tesis de Grado. Lima-Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomia; 2015.
 32. DRA DRdA. El cultivo de Quinua en Ancash Peru; 2015.
 33. Agrocalidad. Buenas Practicas Agricolas para la Quinua Ecuador; 2015.
 34. FAO. Recopilacion de experiencias con pequeños productores. Consideraciones sobre el manejo agronomico del cultivo de quinua en el departamento de Nariño Bogota; 2016.
 35. Cruces LM, Callohuari Y. Guia de Identificacion y control de las principales plagas y enfermedades que afectan a la quinua en la zona andina; 2016.
 36. Saravia R, Plata G, Gandarillas A. Plagas y Enfermedades de la Quinua Cohabamba-Bolivia; 2014.
 37. PRO ECUADOR. Analisis sectorial quinua Quito-Ecuador; 2015.
 38. PROINPA. La quinua. Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial Bolivia; 2011.
 39. Quiroga C, Escaleras R, Aroni G, Bonifacio A, Gonzales JA, Villca M, et al. Procesos Tradicionales e Innovaciones Tecnologicas en la Cosecha, Beneficiado e Industrializado de la Quinua. En Estado de arte de la quinua en el mundo 2013 Santiago de Chile; 2014.

40. Zurita A, Jacobsen S, Razzaghi F, Alvarez R, Ruiz K, Morales A, et al. Respuesta a la sequia y adaptacion de la Quinoa. En estado del arte de la quinua en el mundo en 2013 Santiago de Chile; 2014.
41. FAO , (INIA) INdIA. Catalogo de variedades comerciales de quinua en el Peru Peru; 2013.
42. Intriago RA, Poveda SJ. Evaluacion del Uso Eficiente de nutrientes (NPK) en dos hibridos de pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo protectores de cultivos. tesis de titulacion. Santa Ana - Manabi - Ecuador: Universidad Tecnica de Mnabi, Carrera Agronomica; 2017.
43. FAO. Los fertilizantes y su uso; 2002.
44. Demera CC. Niveles de fertilizacion en las propiedades quimicas del suelo y la eficiencia en el uso de nutrientes CV Dominico Harton El Carmen: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi; 2018.
45. Lopez A, Espinoza J. Manual de nutricion y fertilizacion de banano: IPNI; 1995.
46. Corpoica. Modelo productivo del cultivo de pimenton bajo condiciones protegidas en el oriente Antioqueño Antioquia; 2014.
47. Guaman H. Manual de nutricion y fertilizacion de la quinua Peru: FUNART; 2012.
48. Manahan E. Introduccion a la quimica ambiental Mexico D.F.: Reverte; 2007.
49. Herrera Ossa KA. Niveles de fertilización en las propiedades químicas del suelo y la eficiencia en el uso de nutrientes *CV Curare Enano*. Tesis de grado. El Carmen: Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabi; 2018.
50. Figueroa MJ. Fijación biológica del nitrógeno. UDO Agricola. 2004; 4(1): p. 105-107.
51. Corrales RMLC, Caycedo LL, Gómez MMA, Ramos RSJ, Rodríguez TJN. *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. Scielo. 2017 junio-julio; 15(27).

52. Smart Fertilizer Management. [Online].; 2016 [cited 2018 07 12. Available from: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/nitrogen>.
53. Navarro G. Quimica agricola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal.; 2003.
54. Sanchez VM. Identificacion preliminar de lineas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con mayor eficiencia en el uso de nitrogeno. Tesis de grado. Lima-Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomia; 2015.
55. MiRiego. Blogspot. [Online].; 2017 [cited 2018 05 31. Available from: <https://miriego-blog.com/2017/03/15/el-nitrogeno-en-el-suelo/>.
56. Puentes Y, Menjivar J, Aranzazu F. Eficiencia en el uso de nitrogeno, fosforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Bioagro. 2014 mayo-agosto; 26(2).
57. Gourley CJ, Ruselle DL AyMP. Plant Nutrition efficiency: A comparison of definitions and suggested improvement. Plant Soil; 1994.
58. Dibb D. The mysteries (myths) of nutrient use efficiency. Better Crops. 2000; 84(3).
59. Terry R. Improving Nutrient Use Efficiency. Georgia. Turk. J. Agric. 32. 2008; 177(182).
60. Espinoza J, Garcia F. Uso eficiente de nutrientes San Jose Costa Rica: IPNI; 2009.
61. Ciampitti IA, O. GF. Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. IPNI. 2007.
62. AGQ (&TS. [Online].; 2010 [cited 2018 06 27. Available from: <http://www.agq.com.es/doc-es/extraccion-total-dinamica-absorcion-nutrientes-cultivo-esparrago-verde>.
63. Espinoza J, Francisco M. Búsqueda de eficiencia en el uso de nutrientes en banano. Researchgate. 2008.

64. Ramos LC, G. A, A. PL, A. MG. Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cascara en fertirriego. *Tierra Latinoamericana*. 2002; 20(4).
65. Berti M, Rosemarie Wilckensfelicitas Hevia HSIV, Mendez. C. Fertilización nitrogenada en quinoa (*Chenopodium quinoa* WILLD). *Ciencia e Investigación Agraria*. 1996; 27(2).
66. Caballero MAR. Evaluación de la dinámica del nitrógeno en el sistema suelo planta bajo condiciones de riego por goteo y secano en el cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. 2015 Junio; 2(1): p. 7-118.
67. Deza MDP. Rendimiento y calidad de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización en condiciones de La Molina. Tesis de grado. Lima-Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía; 2018.
68. Departamento Agrometeorológico del INIAP. Información agrometeorológica de la Finca Experimental "La María". Quevedo, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Estación Experimental Tropical Pichilingue; 2018.
69. Hoffman M,FC,MS,BA&EO2LndileudnecdiI27. .
70. García F. Diagnostico para recomendación de fertilización nitrogenada en cultivos de interés agronómico: ResearchGate; 2007.
71. Fonseca M. Evaluación del rendimiento y del contenido de proteínas del grano de la variedad de quinoa "Blanca de Junín" (*Chenopodium quinoa* Willd) influenciados por el abonamiento nitro-fosfatado. Tesis de Pregrado. Lima-Perú: UNALM; 1985.
72. Mahmoud A. Production of quinoa. *Soil SciELO*. 2017; 57(3).
73. García M,GJ,MD,DY. Respuesta agronómica de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad dulce de soracá a la fertilización en Ventaquemada - Boyacá. ResearchGate. 2017 Octubre.

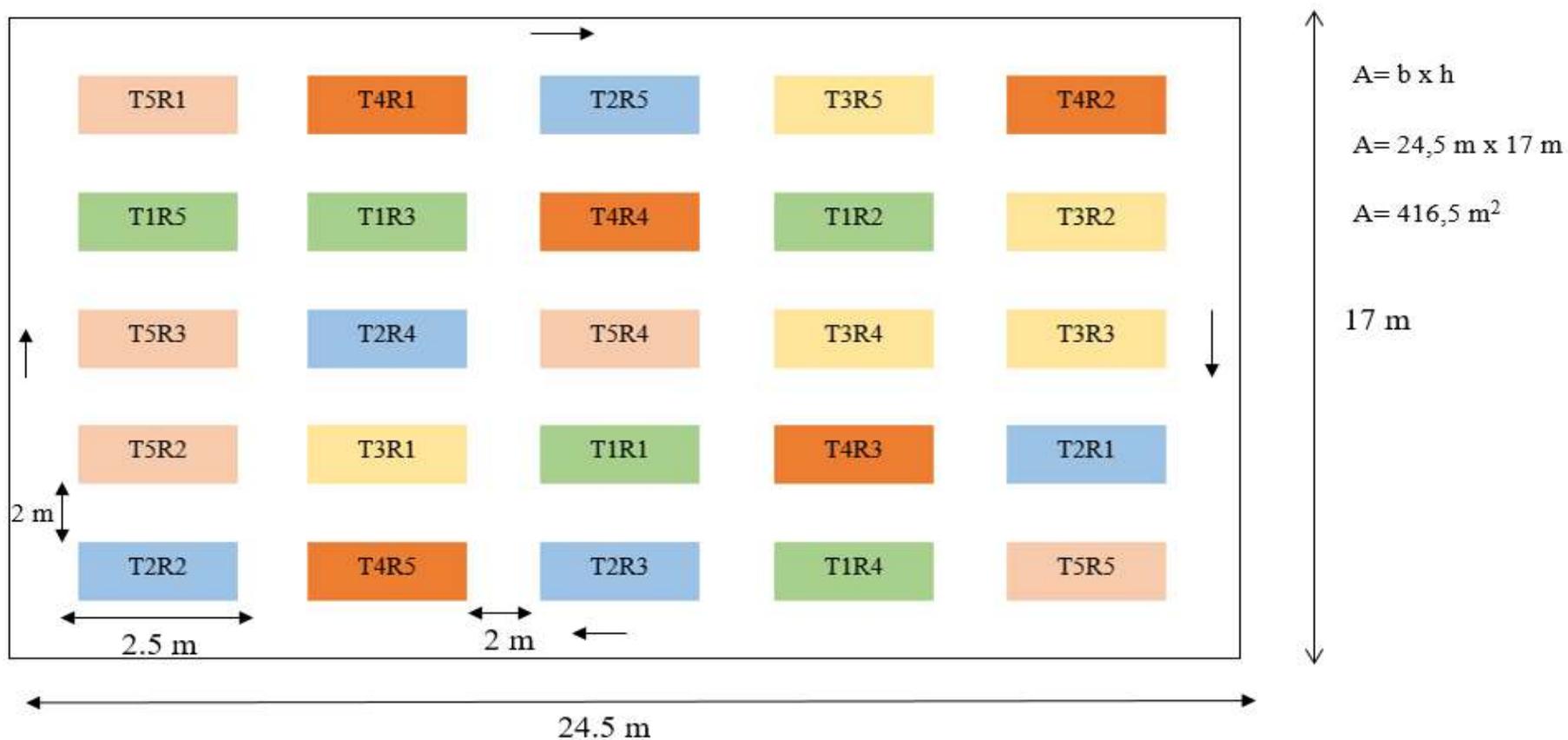
74. Schmockel SM,DJ,RR,TM,&JDE. Identification of putative transmembrane proteins involved in salinity tolerance in *Chenopodium quinoa* by integrating physiological data, RNAseq, and SNP analyses.. *Frontiers in plant science*. 2017 June; 8.
75. Mamani RP. Exportación y balance de nitrógeno en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo diferentes niveles de abono en la comunidad de Callapa. Tesis de Pregrado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés; 2011.
76. Bora F, Donici A, Ciubuca A, 2015 *PEeaDTaAoEaRSBUH*, 72(2):461–2.. Drought Tolerance among Accessions of Eggplant and Related Species. *Bull UASVM Horticult*. 2015; 72(2): p. 461-462.
77. Godon R. Determinación de la dosis óptima física y económica de Nitrógeno para el cultivo de maíz con tres modelos de respuesta, Azuero, Panamá, 2000-2002. *Ciencia Agropecuaria*. 2004 January.

CAPÍTULO VII

ANEXOS.

7.1. Croquis de campo.

Anexo 1. Distribución de las parcelas experimentales para el análisis de la eficiencia de utilización del nitrógeno en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).



7.2. Anexos de análisis de varianza.

Anexo 2. *Análisis de varianza para la variable EAbN de los tejidos a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	67,44	16,86	28,75**	2,87	4,43
Error	20	11,73	0,59			
Total	24	79,17				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 3. *Análisis de varianza para la variable EAbN de los granos a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	1,59	0,40	2,96*	2,87	4,43
Error	20	2,68	0,13			
Total	24	4,27				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 4. *Análisis de varianza para la variable EAbN total a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	79,07	19,77	6,36**	2,87	4,43
Error	20	22,66	1,13			
Total	24	101,73				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 5. *Análisis de varianza para la variable EUtN de los tejidos a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd).*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	209,20	52,30	7,89**	2,87	4,43
Error	20	132,60	6,63			
Total	24	341,79				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 6. *Análisis de varianza para la variable EUtN de los granos a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd).*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	430,14	107,54	20,30**	2,87	4,43
Error	20	105,93	5,30			
Total	24	536,07				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 7. *Análisis de varianza para la variable EUtN total a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd).*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	1022,48	255,62	17,27**	2,87	4,43
Error	20	296,09	14,80			
Total	24	1318,57				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 8. *Análisis de varianza para la variable EUN de los tejidos a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd).*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	317328,46	79332,11	34,95**	2,87	4,43
Error	20	45397,18	2269,86			
Total	24	362725,64				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 9. *Análisis de varianza para la variable EUN de los granos a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd).*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	8560,11	2140,03	8,44**	2,87	4,43
Error	20	5073,64	253,63			
Total	24	13633,75				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 10. *Análisis de varianza para la variable EUN total a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd).*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	399823,09	99955,77	26,29**	2,87	4,43
Error	20	76040,47	3802,02			
Total	24	475863,56				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 11. *Análisis de varianza para la variable concentración de N (%) en los tejidos a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	0,19	0,05	7,08**	2,87	4,43
Error	20	0,13	0,01			
Total	24	0,32				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 12. *Análisis de varianza para la variable concentración de N (%) en el grano a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	1,43	0,36	23,18**	2,87	4,43
Error	20	0,31	0,02			
Total	24	1,73				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 13. *Análisis de varianza para la variable concentración de N (%) total a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	2,25	0,56	20,95	2,87	4,43
Error	20	0,54	0,03			
Total	24	2,79				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 14. *Análisis de varianza para la variable N absorbido en los tejidos a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	43683,80	10920,95	8,95**	2,87	4,43
Error	20	24407,77	1220,39			
Total	24	68091,57				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 15. *Análisis de varianza para la variable N absorbido en el grano a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	39533,37	9883,34	33,17**	2,87	4,43
Error	20	5959,01	297,95			
Total	24	45492,37				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 16. *Análisis de varianza para la variable N absorbido total a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	159246,65	39811,66	16,18**	2,87	4,43
Error	20	49211,90	2460,60			
Total	24	208458,55				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 17. *Análisis de varianza para la variable materia seca aérea (g) a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	1009,45	252,36	6,36**	2,87	4,43
Error	20	794,14	39,71			
Total	24	1803,59				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 18. *Análisis de varianza para la variable materia seca radical (g) a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	4,32	1,08	4,86**	2,87	4,43
Error	20	4,44	0,22			
Total	24	8,76				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 19. *Análisis de varianza para la variable materia seca total (g) a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	1129,58	282,39	6,83	2,87	4,43
Error	20	827,24	41,36			
Total	24	1956,82				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 20. *Análisis de varianza para la variable índice de cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	0,11	0,03	28,67**	2,87	4,43
Error	20	0,02	0,0011			
Total	24	0,13				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 21. *Análisis de varianza para la variable materia fresca aérea (g) a la cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	3435,20	858,80	24,71**	2,87	4,43
Error	20	695,06	34,75			
Total	24	4130,27				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 22. *Análisis de varianza para la variable materia fresca radical (g) a cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	3,32	0,83	3,21*	2,87	4,43
Error	20	5,16	0,26			
Total	24	8,48				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 23. *Análisis de varianza para la variable materia fresca total (g) a cosecha de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	3627,92	906,98	24,92**	2,87	4,43
Error	20	728,00	36,40			
Total	24	4355,92				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 24. *Análisis de varianza para la variable rendimiento del grano (g) de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	583,86	145,97	26,37**	2,87	4,43
Error	20	110,69	5,53			
Total	24	694,55				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 25. *Análisis de varianza para la variable altura (cm) a los 90 días de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	1253,62	313,40	3,63*	2,87	4,43
Error	20	1727,62	86,38			
Total	24	2981,24				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 26. *Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo (mm) a los 90 días de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	28,47	7,12	5,34**	2,87	4,43
Error	20	26,67	1,33			
Total	24	55,14				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 27. *Análisis de varianza para la variable longitud de raíz (cm) a los 90 días de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	64,93	16,23	2,73 NS	2,87	4,43
Error	20	119,05	5,95			
Total	24	183,98				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

Anexo 28. *Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 90 días de la planta de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la eficiencia de utilización del nitrógeno.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamientos	4	3586029,58	896507,39	15,99**	2,87	4,43
Error	20	1121022,56	56051,13			
Total	24	4707052,14				

NS= No significativo

*= Significativo

**= Altamente significativo

7.3. Fotografías de la investigación



Anexo 29. *Preparación del terreno para la siembra con azadón y motocultor.*



Anexo 30. *Proceso de germinación de las semillas de C. quinoa. mediante el método de siembra a chorro continuo.*



Anexo 31. *Plantas de C. quinoa a los 8 días después de la siembra.*



Anexo 32. *Dosis de Urea de 50 kg N ha⁻¹ en relación a 2,5 m²*



Anexo 33. Dosis de Urea de 100kg N ha^{-1} en relación a $2,5\text{ m}^2$



Anexo 34. Dosis de Urea de 150kg N ha^{-1} en relación a $2,5\text{ m}^2$.



Anexo 35. Dosis de Urea de 200 kg N ha^{-1} en relación a $2,5 \text{ m}^2$.



Anexo 36. Aplicación de la urea al 46% al cultivo de *C. quinoa*.



Anexo 37. *Muestras de tejido vegetal de las plantas de C. quinoa a los 90 días.*



Anexo 38. *Molienda de tejidos vegetales de plantas de C. quinoa mediante molino manual.*



Anexo 39. *Molienda de tejidos vegetales de plantas de C. quinoa. mediante molino eléctrico.*



Anexo 40. *Trillaje de las plantas de C. quinoa.*



Anexo 41. *Limpieza del grano de C. quinoa.*



Anexo 42. *Grano limpio de C. quinoa.*