

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Niveles de gallinaza, fertilización N-P-K y microorganismos
eficientes en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)
comunidad de Casaorcco - Carmen Alto (3300 msnm) - Ayacucho**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Presentado por:

Bach. Yudbert Mejia Bendezu

Asesor:

M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo

Ayacucho - Perú

2024

Alcanzar la meta propuesta de culminar con éxito la elaboración de este trabajo, fue gracias al apoyo y cariño de los miembros de mi familia, con sus sonrisas, palabras de aliento y amplia comprensión, hicieron que este trabajo se hiciera realidad.

Hago extensiva esta dedicatoria, a mis padres Pablo Mejia Machaca y Ana María Bendezu Parían, que con su ejemplo de lucha me forjaron para afrontar los retos, y me inculcaron la dedicación y continuidad al trabajo. A mis hermanas que en siempre me brindan su amparo.

Y en forma especial a Vanesa Taboada Pomahuacre por mostrar su amor infinito.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater, fuente de sabiduría y enseñanza; por brindarme la oportunidad de asimilar en sus aulas los conocimientos teóricos y prácticos afines a mi formación, para lograr mis metas y formarme como profesional; en especial a la Facultad de Ciencias Agrarias; Escuela Profesional de Agronomía.

Al Ing. Walter A. Mateu Mateo por su asesoramiento en la investigación, desde la labranza primaria, el manejo agronómico, evaluación y cosecha del producto y al Ing. Alex Tineo Bermúdez, por el asesoramiento en la evaluación y procesamiento estadístico de los resultados en su labor altruista, gentil y experiencia durante la ejecución del presente trabajo.

Expreso un grato reconocimiento al Ingenieros Rolando Bautista y Ponciano Ancco Pampa, personas respetables, que con su apoyo generoso contribuyeron en la ejecución de mi trabajo de investigación.

Quiero expresar especial agradecimiento a la Comunidad de Casaorcco, y en gratitud a la Señora Paulina Flores y a su Sr. esposo, por su apoyo en el préstamo de herramientas, equipos, y cuidado de la parcela experimental de quinua.

Pido a Dios que los bendiga y les ilumine en su camino, a cada uno de las personas, quienes me apoyaron para la culminación de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	viii
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
Resumen.....	1
Introducción	2
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	5
1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	5
1.2. VALOR NUTRITIVO DE LA QUINUA	5
1.3. TAXONOMÍA	7
1.4. MORFOLOGÍA DE LA QUINUA	8
1.4.1. Sistema radicular	8
1.4.2. El tallo	8
1.4.3. La hoja	9
1.4.4. Inflorescencia.....	9
1.4.5. Las flores	10
1.4.6. Fruto	11
1.4.7. Semilla.....	11
1.5. FENOLOGÍA DE LA QUINUA.....	11
1.5.1. Emergencia	12
1.5.2. Dos hojas verdaderas	12
1.5.3. Cuatro hojas verdaderas.....	13
1.5.4. Seis hojas verdaderas.....	13
1.5.5. Ramificación.....	13
1.5.6. Inicio de panojamiento	14
1.5.7. Panojamiento	14
1.5.8. Inicio de floración.....	14
1.5.9. Floración o antesis	14

1.5.10. Grano lechoso	15
1.5.11. Grano pastoso	15
1.5.12. Madurez fisiológica	15
1.6. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO.....	15
1.6.1. Clima	16
1.6.2. Altitud.....	16
1.6.3. Suelo	16
1.6.4. pH	17
1.6.5. Agua	17
1.6.6. Temperatura.....	17
1.6.7. Humedad relativa.....	17
1.6.8. Heladas	18
1.6.9. El viento.....	18
1.6.10. Radiación	18
1.6.11. Fotoperiodo.....	19
1.6.12. Rendimiento	19
1.7. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO.....	20
1.7.1. Preparación del suelo.....	20
1.7.2. Siembra.....	21
1.7.3. Abonamiento	22
1.7.4. Raleo o entresaque.....	23
1.7.5. Riego.....	23
1.7.6. Deshierbo.....	24
1.7.7. Aporque	24
1.8. PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	24
1.8.1. Plagas.....	24
1.8.2. Enfermedades	27
1.9. COSECHA	27
1.10. RENDIMIENTO	29
1.11. LA GALLINAZA COMO ABONO ORGÁNICO	30
1.11.1. Importancia del abonamiento orgánico	30
1.11.2. Ventajas del uso de gallinaza.....	33
1.12. LOS NUTRIENTES MAYORES	34
1.12.1. El nitrógeno	34

1.12.2. El fósforo	35
1.12.3. El potasio	36
1.13. LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES (M.E).....	36
1.13.1. Tipo de microorganismos	37
1.13.2. Modo de acción de los microorganismos	38

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA	40
2.1. UBICACIÓN DEL TERRENO EXPERIMENTAL.....	40
2.1.1. Ubicación del experimento.....	40
2.1.2. Antecedentes del campo experimental	40
2.1.3. Análisis físico y químico del suelo.....	40
2.1.4. Condiciones climáticas de lugar donde se ejecutó el experimento	42
2.2. MATERIALES Y EQUIPOS	45
2.2.1. Material genético	45
2.2.2. Análisis de la gallinaza	45
2.2.3. Fuentes de fertilizantes químicos	46
2.2.4. Microorganismos eficientes (E.M).....	46
2.2.5. Equipos y herramientas utilizados.....	46
2.3. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	47
2.3.1. Variables independientes	47
2.3.2. Variables dependientes evaluados	48
2.3.3. Diseño experimental y análisis estadístico	48
2.3.4. Instalación de la tesis	49
2.3.5. Conducción del experimento	52
2.3.6. Variables dependientes evaluadas	54
2.3.7. Rentabilidad económica	55

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
3.1. ALTURA DE PLANTA (m).....	56
3.2. LONGITUD DE PANOJA (cm)	61
3.3. PESO DE PANOJA.....	66
3.4. PESO DE GRANO POR PANOJA.....	70

3.5. RENDIMIENTO	74
3.6. LOS NIVELES ÓPTIMOS QUE MAXIMIZAN EL RENDIMIENTO DEL GRANO DE QUINUA.....	82
3.7. RENTABILIDAD ECONÓMICA	83
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. <i>Valor nutritivo de granos de quinua en comparación con el arroz (contenido en 100 gr, parte comestible)</i>	6
Tabla 1.2. <i>Contenido centesimal de aminoácidos de quinua en comparación con la albúmina de huevo y la caseína de la leche (g de aminoácidos/100 de proteína).....</i>	7
Tabla 1.3. <i>Fases fenológicas del cultivo de quinua</i>	12
Tabla 1.4. <i>Requerimientos de humedad y temperaturas, de los tipos de quinuas según las zonas agroecológicas.....</i>	18
Tabla 1.5. <i>Rendimiento de seis variedades y dos líneas de quinua</i>	20
Tabla 1.6. <i>Elementos nutritivos en una tonelada de estiércol</i>	31
Tabla 1.7. <i>Contenido de N, P₂O₅ y K₂O expresado en porcentajes de gallinaza fresca y seca.....</i>	33
Tabla 1.8. <i>Caracterización de los diferentes tipos de gallinaza.....</i>	33
Tabla 2.1. <i>Características químicas y físicas del suelo del experimento. Casaorcco</i>	41
Tabla 2.2. <i>Características climáticas año 2019-. Estación Meteorológica INIA-Ayacucho</i>	43
Tabla 2.3. <i>Composición química de la gallinaza.....</i>	45
Tabla 2.4. <i>Codificación de los factores y sus respectivos niveles</i>	48
Tabla 2.5. <i>Niveles codificados y decodificado de cada tratamiento</i>	51
Tabla 2.6. <i>Cantidad de fertilizantes comercial aplicados por tratamiento</i>	51
Tabla 3.1. <i>Análisis de variancia para la altura de la planta.....</i>	56
Tabla 3.2. <i>Prueba de Duncan (0.05) para altura de planta de quinua</i>	58
Tabla 3.3. <i>Análisis de regresión de la altura de la planta de quinua.....</i>	59
Tabla 3.4. <i>Coefficiente de regresión polinomial para la altura de la planta de quinua</i>	60
Tabla 3.5. <i>Análisis de variancia de longitud de panoja de quinua</i>	62
Tabla 3.6. <i>Prueba de Duncan (0.05) de longitud de panoja (cm) de quinua</i>	63
Tabla 3.7. <i>Análisis de regresión para longitud de panoja de quinua.....</i>	64
Tabla 3.8. <i>Coefficiente de regresión para longitud de panoja de quinua</i>	64
Tabla 3.9. <i>Análisis de variancia para peso de panoja de quinua.....</i>	66
Tabla 3.10. <i>Prueba de Duncan (0.05) para peso de panoja de quinua.....</i>	67

Tabla 3.11.	<i>Análisis de regresión del peso de panoja de quinua</i>	68
Tabla 3.12.	<i>Coefficiente de regresión polinomial para el peso de panoja de quinua..</i>	68
Tabla 3.13.	<i>Análisis de variancia para peso de grano de quinua por panoja.....</i>	70
Tabla 3.14.	<i>Prueba de Duncan (0.05) para grano de quinua por panoja.....</i>	71
Tabla 3.15.	<i>Análisis de regresión para grano de quinua por panoja.....</i>	72
Tabla 3.16.	<i>Coefficiente de regresión polinomial para grano de quinua por panoja..</i>	73
Tabla 3.17.	<i>Análisis de variancia del rendimiento de grano de quinua Blanca de Junín en la comunidad de Casaorcco.....</i>	76
Tabla 3.18.	<i>Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de grano (kg.ha⁻¹) de quinua Blanca de Junín en la comunidad de Casaorcco</i>	77
Tabla 3.19.	<i>Análisis de regresión para el rendimiento de quinua Blanca de Junín, en la comunidad de Casaorcco.....</i>	80
Tabla 3.20.	<i>Coefficientes de regresión polinomial para el rendimiento de quinua Blanca de Junín, en la comunidad de Casaorcco.....</i>	81
Tabla 3.21.	<i>Valorización, comercialización y análisis de rentabilidad en la producción de quinua según tratamientos, en Casaorcco a 3300 msnm - Ayacucho.....</i>	85

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. <i>Diagrama ombrotérmico</i>	44
Figura 2.2. <i>Croquis de las parcelas experimentales</i>	50
Figura 2.3. <i>Croquis de la unidad experimental y cantidad de semilla de quinua</i>	52
Figura 3.1. <i>Superficie de respuesta para la altura de planta de quinua (N. fertilización-gallinaza)</i>	60
Figura 3.2. <i>Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en la altura de la planta</i>	61
Figura 3.3. <i>Superficie de respuesta para la longitud de panoja de quinua</i>	65
Figura 3.4. <i>Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en la longitud de panoja de quinua</i>	65
Figura 3.5. <i>Superficie de respuesta para el peso de panoja de quinua</i>	69
Figura 3.6. <i>Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en el peso de panoja de quinua</i>	69
Figura 3.7. <i>Superficie de respuesta para el peso de grano de quinua por panoja</i> ..	73
Figura 3.8. <i>Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en el peso de grano de quinua por panoja</i>	74
Figura 3.9. <i>Rendimiento de grano (kg.ha⁻¹) de quinua Blanca de Junín de acuerdo a los tratamientos estudiados en condiciones de Casaorcco-Ayacucho</i>	75
Figura 3.10. <i>Superficie de respuesta para el peso del rendimiento de grano de quinua Blanca de Junín en las condiciones de Casaorcco</i>	81
Figura 3.11. <i>Efecto de la Gallinaza y nivel de fertilización (NPK) en el rendimiento de grano de quinua Blanca de Junín en las condiciones de Casaorcco</i>	82
Figura 3.12. <i>Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en el rendimiento de grano de quinua Blanca de Junín en las condiciones de Casaorcco</i>	82
Figura 3.13. <i>Índice de rentabilidad según tratamiento, de grano de quinua Blanca de Junín en las condiciones de Casaorcco</i>	86

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Respuesta grafica de los factores de evaluación a los tratamientos aplicados.....	94
Anexo 2. Panel fotográfico	97

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Casaorcco, ubicado en el distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho; a una altitud de 3300 msnm, con objetivo de determinar los efectos de interacción y niveles óptimos de la aplicación de la gallinaza, fertilización NPK y microorganismos eficientes en el rendimiento de quinua. Se utilizó el Diseño 03 de Julio (D3J), con el cual se determinó 21 tratamientos en tres bloques, se consideró como población, al total de plantas de quinua de la variedad Blanca de Junín, para la evaluación de cada tratamiento se tomaron 6 plantas mediante una selección aleatoria en la parte central de las unidades experimentales, con las cuales se realizaron las evaluaciones de altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y de la parcela para el rendimiento, como resultado se obtuvo que la aplicación de 2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 kg.ha⁻¹ de NPK y 25 l.ha⁻¹ reportó 3831.3 kg.ha⁻¹ de grano de quinua, mientras que el nivel óptimo de rendimiento del grano de quinua se obtuvo con la aplicación de 1830 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 145-100-45 NPK kg.ha⁻¹ y 34 l.ha⁻¹ de EM, logrando un rendimiento de grano de quinua de 3785.12 kg.ha⁻¹. Se concluye que la combinación adecuada de los fertilizantes sintéticos y la gallinaza acompañado con ME permiten obtener buenos rendimientos de quinua.

Palabras clave. *Chenopodium quinoa* Willd, gallinaza, fertilización NPK, microorganismos eficientes.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es un cultivo andino que se originó en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia., domesticado hace miles de años por las antiguas culturas andina de Sud América. Existen evidencias de que fue alimento básico para las poblaciones pre-hispánicas hasta la época de la conquista. La introducción y expansión de cultivos como el trigo, cebada, avena, habas y arvejas, principalmente, relegó el cultivo de la quinua a zonas marginales de la sierra del Perú y Bolivia (Gómez. y Águila. 2016).

En el año 2013 el cultivo de quinua presenta una gran demanda externa, que hace que el cultivo se extienda a la costa, para ampliar la oferta, de tal manera que en el 2013 se alcanzó 52 mil t. En esta coyuntura, ese año fue denominado “Año Internacional de la Quinua”, por las Naciones Unidas y la FAO, permitiendo mostrar al mundo que la quinua es uno de los alimentos más completos del planeta. Llegando a su máximo cúspide en el año 2014 (MINAGRI 2017).

La aplicación de los fertilizantes en los suelos es muy importante ya que el cultivo absorbe los nutrientes del suelo unos más que otros, por tanto, existe un egreso o salida de los nutrientes al momento de la cosecha, la cual implica una disminución de nutrientes. Por ello es necesario la compensación de nutrientes previo una comparación del análisis de suelo, extracción del cultivo y el nivel de requerimiento del cultivo. Por tanto, no se puede tener una producción netamente sin fertilizante. (SOLID, OPD, 2010)

Según MINAG (2014) la superficie cultivada a nivel nacional es de 68,000 h⁻¹, con un rendimiento promedio de 1200 kg ha⁻¹ y una producción total de 114 300 t.

Según MINAGRI (2016) para el año 2016, el mayor volumen corresponde al departamento de Puno con 44.4 %, mientras que el departamento de Ayacucho representa

21 % de volumen nacional y dentro ello, Huamanga tiene el 41.5 % y Cangallo el 20.8 %. El rendimiento promedio de Ayacucho es 1400 kg ha⁻¹.

Actualmente, las causas de su bajo rendimiento en el cultivo de quinua, se atribuye a la aplicación de técnicas agronómicas deficientes, sumados al empobrecimiento de los suelos cultivados, principalmente por la falta de nutrientes; por tanto, es necesario emplear técnicas, inclinados a reducir los costos de los fertilizantes y aumentar los rendimientos en estos cultivos. Por otro lado, también existe una tendencia mundial de producir y consumir productos con bajos usos de productos agroquímicos.

Por ello, la alternativa actual es el uso de microorganismos eficaces (bacterias fototróficas, bacterias de ácido láctico y levadura), tecnología desarrollada por el Profesor Dr. Teruo Higa, en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón. El principio fundamental de esta tecnología es la introducción de un grupo de microorganismos benéficos, para mejorar la condición de los suelos, suprimir los microorganismos putrefactivos (inductores de enfermedades), y mejorar la eficacia en la utilización de la materia orgánica en los suelos. (InfoAgro, 2014).

A fin de comprobar lo señalado se realizó el presente trabajo con la finalidad de aumentar el rendimiento del cultivo a menor costo, social, ambiental y económico, en las condiciones de la Comunidad Campesina de Casaorcco, perteneciente al distrito de Carmen Alto – Ayacucho, persiguiendo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar el efecto de la gallinaza, fertilización N-P-K y Microorganismos Eficientes en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quínoa* Willd) bajo las condiciones de la comunidad de Casaorcco.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la interacción de los niveles de aplicación de la gallinaza, fertilización N-P-K y microorganismos eficientes, en la altura de la planta, peso de panoja, altura de panoja y rendimiento de grano de la quinua, variedad Blanca de Junín.

2. Determinar el nivel óptimo de rendimiento de grano de quinua, en merito a la interacción de la gallinaza, fertilización N-P-K y microorganismos eficientes.
3. Evaluar el efecto de niveles de gallinaza en rendimiento de quinua.
4. Evaluar el efecto de niveles de fertilización NPK en rendimiento de quinua.
5. Evaluar el efecto de niveles de Microorganismo Eficientes –EM en rendimiento de quinua.
6. Analizar la rentabilidad económica por tratamiento aplicado.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Zevallos (1984), señala que “el lugar de origen de la quinua no es conocido exactamente, se cree que sea Sud-América, probablemente La Hoya del Titicaca (Perú Bolivia), ya que en esta zona se puede encontrar la mayor cantidad de variedades y escapes de esta especie”.

En Ayacucho (Perú), Uhle reportado por Tapia (1979) sugiere “una antigüedad incluso anterior a los 5000 años A.C., como el inicio de la domesticación de esta planta”.

León (1964) sostiene que, “el centro de origen de la quinua es muy difícil de señalar. No se conoce en estado nativo, pues las plantas llamadas silvestres encontradas en el Perú y Bolivia, son más bien escapes del cultivo”.

La FAO (2019) menciona que,

la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido descrita por primera vez botánicamente por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú”. Esto fue corroborado por Gandarillas (1975), que indica que, “el área de dispersión geográfica de la quinua es bastante amplia, porque allí se encuentra la mayor diversidad de ecotipos tanto cultivados técnicamente como en estado silvestre.

1.2. VALOR NUTRITIVO DE LA QUINUA

FAO (2011) indica que la quinua se distingue por su valor nutritivo,

es considerada como el alimento más completo dentro de los vegetales. Su valor nutricional es comparado con muchos alimentos de origen animal como la carne, leche y huevos. Contiene en promedio de 12 a 16% de proteínas, unas 350 cal/100

g; un 70% de carbohidratos, además calcio, fósforo y hierro (118, 390 y 4.2 mg/100g, respectivamente). Asimismo, contiene una buena composición de aminoácidos esenciales que le dan una calidad de proteína equivalente a la leche y carne, aumentando así sus posibilidades de desarrollo como cultivo fuente de proteína.

Tabla 1.1

Valor nutritivo de granos de quinua en comparación con el arroz (contenido en 100 gr, parte comestible)

Producto	Proteína (%)	Vitaminas (mg)				Minerales (mg)			Calorías Cal/100gr	Carbohidra.
		B ₁	B ₂	B ₅	C	Ca	P	Fe		
Quinua	10.6	0.35	0.32	1.43	6.8	118	390	4.2	354	70
Arroz	6.1	0.11	0.07	2.96	----	8	130	1.6	359	79.1

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición La Composición de los Alimentos Peruanos 1986

Valencia (1993) menciona que, “en cuanto a proteína, 1 kg de quinua equivale a 1 kg de carne o 23 huevos de gallina o 4 litros de leche; y en sales minerales, 1 kg de quinua equivale a 3 kg de carne o 45 huevos de gallina”.

Zea Morales (2017) señala que,

en la naturaleza existen más de 300 diferentes aminoácidos, de los cuales el ser humano utiliza solo 20. Los de mayor interés son los que forman parte estructural de las proteínas, ya que son las moléculas más abundantes y tienen una gran diversidad en sus funciones, puesto que forman parte de enzimas, hormonas, neurotransmisores.

Es de gran importancia contar con proteínas en la dieta, como una fuente de aminoácidos; algunos de estos son realmente indispensables para los mamíferos, ya que éstos no pueden sintetizar sus esqueletos carbonados. Los seres humanos, son incapaces de sintetizar nueve de los veinte aminoácidos estándar que se utilizan en la síntesis de proteínas, estos aminoácidos, llamados esenciales (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano y valina), pueden ser elaborados por las plantas y diversos microorganismos a través de rutas metabólicas complejas. Aquellos aminoácidos que si es posible sintetizarse llaman aminoácidos no esenciales (alanina, arginina, asparagina,

ácido aspártico, citrulina, cisteína, cistina, ácido gama-aminobutírico, ácido glutámico, glutamina, glicina, ornitina, prolina, serina, taurina y tirosina).

Tabla 1.2

Contenido centesimal de aminoácidos de quinua en comparación con la albúmina de huevo y la caseína de la leche (g de aminoácidos/100 de proteína)

Aminoácidos	Proteínas de		
	Quinua blanca	Albúmina de huevo	Caseína de leche
Fenilalanina	4.05	1.30	6.30
Triptófano	1.30	1.50	1.30
Metionina	2.20	5.50	3.50
Leucina	6.83	9.40	10.0
Isoleucina	7.05	7.50	7.50
Valina	3.38	6.40	7.70
Lisina	7.36	6.50	8.50
Treonina	4.51	4.20	4.50
Arginina	6.76	6.10	4.20
Histidina	2.82	2.40	3.20

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición. La Composición de los Alimentos Peruanos 1996.

Usos de la quinua

Según Mujica (1993) menciona que, “la quinua tiene múltiples usos y se puede emplear en la alimentación humana, animal, medicina, industria; control de plagas y parásitos que afectan a los animales domésticos, la hoja e inflorescencia como hortaliza, como planta ornamental”.

1.3. TAXONOMÍA

Según Engler citado por Solano (1993), menciona que la quinua taxonómicamente está ubicada de la siguiente forma (Citado por Calderón, 2003):

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógama
Clase	: Dicotiledonea
Subclase	: Angiospermas
Orden	: Centrospermales
Familia	: Chenopodiáceas
Género	: Chenopodium
Sección	: Chenopodia
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.

1.4. MORFOLOGÍA DE LA QUINUA

Mujica y Jacobsen (2001) mencionan que, “la quinua es una planta herbácea anual de amplia dispersión geográfica; presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales.”

Mujica (1993), menciona que,

la planta, es erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece y de la fertilidad del suelo; las de valles fértiles tienen mayor altura que las que crecen a los 4000 msnm”.

1.4.1. Sistema radicular

Tapia (1979) menciona que,

la raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, a pesar de que pareciera ser una gran cabellera, esta se origina del periciclo, variando el color con el tipo de suelo donde crece, al germinar lo primero que se alarga es la radícula, que continúa creciendo y da lugar a la raíz, alcanzado en casos de sequía hasta 1.80 m de profundidad, y teniendo también alargamiento lateral, sus raicillas o pelos absorbentes nacen a distintas alturas y en algunos casos son tenues y muy delgadas, muy excepcionalmente se observa vuelco por efecto de vientos, exceso de humedad y mayormente es por el peso de panoja.

1.4.2. El tallo

Mujica (1993), menciona que,

El tallo es cilíndrico siendo mayor el grosor en la base que en el ápice su coloración es variable, desde el verde al rojo. Presenta en algunas variedades, pigmentaciones en las axilas el tallo puede ser ramificado en las razas cultivadas en los valles interandinos; en cambio el hábito sencillo es del altiplano. También menciona que el grosor del tallo es variable siendo mayor en la base que en el ápice, dependiendo de los genotipos y zonas donde se desarrolla. Existen genotipos ampliamente ramificado (quinuas de Valle) y otros de tallo único

(quinuas del altiplano), así como genotipos intermedios la ramificación depende del genotipo, densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes; la coloración del tallo es variable, desde el verde al rojo; muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color rojo o púrpura.

1.4.3. La hoja

Mujica (1993), señala que,

las hojas de quinua, presentan un polimorfismo marcado, siendo las inferiores rómbicas, deltoides o triangulares, midiendo hasta 15 cm. De largo por 12 cm de ancho. Las hojas pueden ser dentadas, aserradas o lisas. Además del tamaño de las hojas va disminuyendo según se hace en la planta, hasta alcanzar a las hojas que sobresalen de la inflorescencia que son lineales o lanceoladas midiendo apenas 10 mm de largo por 2 mm de ancho. La coloración de la hoja es muy variable de verde a rojo con diferentes tonalidades.

Gandarillas (1979) señala que,

las hojas tienen dos partes diferenciadas: El peciolo y la lámina. El peciolo de las hojas es largo y acanalado, su longitud depende de su origen; son más largos los peciolos que se originan directamente del tallo y más cortos los que se originan en las ramas. El color del peciolo puede ser verde, rosado, rojo y púrpura.

1.4.4. Inflorescencia

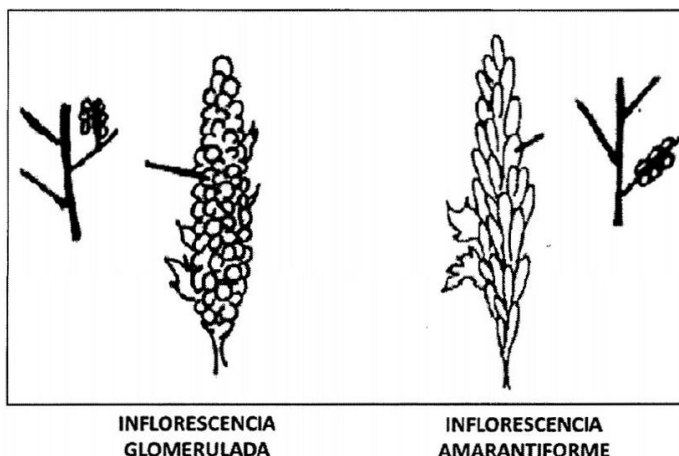
Tapia (1979), menciona que,

La inflorescencia ancestral es la glomerulada, la misma que es dominante que la amarantiforme, siendo esta última por lo tanto una mutante. Algunas veces la inflorescencia forma un racimo perfecto, debido a que los glomérulos son sueltos y los pedicelos largos señala que de acuerdo a la densidad puede ser laxa o compacta, lo cual depende de la longitud de los ejes secundarios y de los pedicelos. De acuerdo a su conformación, la inflorescencia se clasifica en:

Glomerulada, cuando los glomérulos están insertos al raquis principal mediante ejes glomerulares presentando formas globosas.

Amarantiforme, cuando los glomérulos están insertos directamente a lo largo del raquis principal.

Intermedia: Se caracteriza cuando los glomérulos insertos al raquis no están muy separados ni contiguos entre sí.



Según Apaza (2005), refiere que,

la inflorescencia es una panoja típica, constituida por un eje central, ejes secundarios y terciarios, que sostienen a glomérulos (grupo de flores). la longitud de la panoja varía entre 29 a 55 cm y el diámetro entre 6 y 12.7 cm. La panoja puede llegar a un peso de 91.10 a 114 g, incluyendo el grano. Cuando los glomérulos nacen del eje secundario la panoja es glomerulada; si los glomérulos nacen del eje terciario la panoja es amarantiforme y si los ejes son largos, la panoja es laxa.

Gandarillas (1974) reporta que, “algunas veces la inflorescencia está claramente diferenciada del resto de la planta, siendo terminal y sin ramificaciones; pero en otras no existe una diferenciación clara debido a que el eje principal tiene ramificaciones dándole una forma cónica a la panoja”.

1.4.5. Las flores

Apaza y Delgado (2005), señalan que,

las flores son pequeñas (3mm), incompletas, sésiles y constituida por una corola formada por cinco sepaloideas, pueden ser hermafroditas (pistilo y estambre) ubicadas en la parte superior del glomérulo, pistiladas (femeninas) ubicadas en la parte inferior del glomérulo y androestériles (pistilo y estambre estériles), lo que indica que podría tener hábito autógamo como alógamo, faltando determinar con precisión el porcentaje de alogamia en algunos genotipos, en general se indica que

tiene 10 % de polinización cruzada(Rea, 1969), sin embargo en algunas variedades alcanza hasta el 80 % como en Kcancolla (Piarta.).Las flores preresentan, un androceo con cinco estambres 19 (pentémeras), curvos de color amarillo y filamentos cortos y un gineceo con estigma central plumoso y ramificado, con dos a tres ramificaciones estigmáticas, ovario elipsoidal, supero, unilocular. En cuanto a las aberraciones florales se pueden encontrar, flores tetraováricas, androceo con 3, 4, 6 y 7 estambres, estambres con tecas deformadas y en algunos casos completamente vacíos.

1.4.6. Fruto

Mujica (1993) afirma que,

el fruto es un aquenio, que se deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico-lenticular, levemente ensanchando hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez fisiológica y en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección, el contenido de humedad del fruto a la cosecha es 14.5%.

1.4.7. Semilla

Tapia (1979) manifiesta que,

el pericarpio del fruto es pegado a la semilla, presenta alveolos y en algunas variedades se puede separar fácilmente. Para consumirlo algunas poblaciones de los andes separan en pericarpio tostando y luego frotándolo con los pies en el mortero de piedra, a fin de separar la saponina del grano la cual se encuentra pegada al pericarpio, a las semillas se le considera grandes cuando miden de 2.2 a 2.6 mm; medianos de 1.8 a 2.1 y pequeño, menor a 1.8 mm.

1.5. FENOLOGÍA DE LA QUINUA

Mujica y Canahua (1989) señalan que,

la fenología, es el estudio de los cambios externos diferenciables y visibles que muestran las plantas como resultado de sus relaciones con las condiciones

ambientales (temperatura, luz, humedad, suelo) donde se desarrollan, durante el período vegetativo y reproductivo. Los mismos autores mencionan que la quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciables, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta, se han determinado doce fases fenológicas.

Tabla 1.3

Fases fenológicas del cultivo de quinua

Fases de desarrollo	Número de días después de la siembra (dds)
Emergencia	7 a 10
Dos hojas verdaderas	15 a 20
Cuatro hojas verdaderas	25 a 30
Seis hojas verdaderas	35 a 45
Ramificación	45 a 50
Inicio de panojamiento	55 a 60
Panojamiento	65 a 70
Inicio de floración	75 a 80
Floración o antesis	90 a 100
Grano lechoso	100 a 130
Grano pastoso	130 a 160
Madurez fisiológica	160 a 180

Fuente. Mujica y Canahua (1989)

1.5.1. Emergencia

León (2003) manifiesta que, “la emergencia es cuando la plántula emerge del suelo y extiende las hojas cotiledonales, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas; si el suelo está húmedo, la semilla emerge al cuarto día o sexto día de la siembra”.

Apaza (2005) indica que “la emergencia sucede de 6 a 8 días de la siembra los cotiledones emergen a la superficie del suelo, la raíz empieza a desarrollarse, por el cual la plántula inicia a abastecerse de agua y nutrientes del suelo e inicia el proceso de fotosíntesis”.

1.5.2. Dos hojas verdaderas

León (2003) señala que, “esta fase ocurre a los 10 a 15 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido en las raíces. En esta fase la planta también es resistente a la falta de agua, pueden soportar de 10 a 14 días sin agua”.

Apaza (2005) menciona que, “esta fase ocurre de 16 a 20 días después de la siembra, las plántulas miden de 1.5 a 2 cm de altura, longitud de hoja 0.7 a 1.0 cm, ancho de hoja 0.3 a 0.6 cm y longitud de raíz 6.5 a 8.3 cm”.

1.5.3. Cuatro hojas verdaderas

Mujica y Cahuana (1989) indica que, “ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía; sin embargo, es muy susceptible al ataque de masticadores de hojas como Diabrotica de color”.

Apaza (2005) afirma que, “esta fase ocurre entre 38 a 42 días después de la siembra. Fase fenológica crítica en presencia de veranillos prolongados, competencia de malezas y ataque de gusanos cortadores”.

1.5.4. Seis hojas verdaderas

Mujica y Canahua (1989) indican que,

en esta fase se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento, se notan hojas axilares, desde el estadio de formación de botones hasta el inicio de apertura de botones de ápice a la base. Esta fase ocurre de los 35-45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando se presentan bajas temperaturas y al anochecer.

1.5.5. Ramificación

Mujica y Canahua (1989) indican que,

se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja. Ocurre de 45 a 50 días de la siembra, en esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice sino por debajo de este. En caso de bajas temperaturas que afectan a las plantas, se produce el “colgado” del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinuas de valle.

1.5.6. Inicio de panojamiento

Mujica y Canahua (1989) indican que,

la inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta etapa ocurre el ataque de la primera generación de *Eurissacca quinoae*, formando nidos, enrollando las hojas y haciendo minas en las hojas.

1.5.7. Panojamiento

Mujica y Canahua (1989) sostienen que,

la inflorescencia sobresales con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman, asimismo se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta el inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicionales.

1.5.8. Inicio de floración

Mujica y Canahua (1989) mencionan que,

es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a los 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas, se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón.

1.5.9. Floración o antesis

Mujica y Canahua (1989) señalan que,

la floración es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra. Esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C, se debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran cerradas, así mismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa se presentan

altas temperaturas que superan los 38 °C y se producen aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas.

1.5.10. Grano lechoso

León (2003) refiere que,

el estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, aproximadamente ocurre a los 100 a 130 días después de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento disminuyéndolo drásticamente.

1.5.11. Grano pastoso

Mujica y Canahua (1989) mencionan que,

el estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de *Eurisacca quinoae* causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano.

1.5.12. Madurez fisiológica

León (2003) indica que,

la madurez fisiológica es cuando el grano formado presenta resistencia a la penetración de las uñas por la presión, esto ocurre a los 160 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 15%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento y defoliación completa de la planta. En esta fase la presencia de lluvia es perjudicial porque hace perder la calidad y sabor del grano.

1.6. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

León (2003) manifiesta que,

las condiciones climáticas y el suelo tienen influencias muy marcadas en la producción y productividad de la quinua. El clima está determinado por una serie de factores tales como altitud, precipitación, temperatura, latitud, vientos, iluminación. Dado a su cultivo en zonas marginales de los andes altos, la quinua

se enfrenta con altos riesgos ambientales como heladas, sequías prolongadas, granizo, vientos fuertes, suelos pobres y ácidos.

1.6.1. Clima

Lescano (1981) indica que,

la quinua por ser una planta muy plástica y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa y a la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas”.

1.6.2. Altitud

Tapia (2001) indica que,

la quinua presenta una enorme variabilidad genética para adaptarse a diferentes condiciones medio ambientales, así puede ser cultivada desde el nivel del mar hasta los 4000 metros de altitud, y con precipitaciones pluviales de 200 a 1000 mm anuales. Con respecto a esto último, se tiene que las variedades del sur de Chile necesitan mucha lluvia para crecer en oposición a la quinua del sur del altiplano o de los salares, en Bolivia, que reporta que se desarrollan con una precipitación de 150 a 250 mm anuales.

1.6.3. Suelo

Mujica y Jacobsen (2001) señalan que,

la quinua prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio. También puede adaptarse a suelos franco arenosos, arenosos o franco arcilloso, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estados.

1.6.4. pH

Apaza y Delgado (2005) señalan que,

el pH óptimo para el cultivo de quinua oscila entre 6.5 a 8.0, aunque tolera bien valores de 9.0, como también en condiciones de suelos ácidos, equivalentes de 4.5 a 5.5 de pH, con una marcada defoliación y menor rendimiento.

1.6.5. Agua

León (2003) indica que,

la quinua es un organismo eficiente en el uso del agua, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar al déficit de humedad, sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo.

Mujica y Jacobsen (2001) manifiestan que,

en caso de utilizar riegos, estos deben ser periódicos y ligeros. Los sistemas de riego pueden ser por gravedad, por aspersión o por goteo. Si se utiliza riego por goteo, se debe sembrar en líneas de dos surcos para aprovechar mejor el espacio y la humedad disponible de las cintas de riego. Las fases fenológicas en las cuales la precipitación es más importante son la germinación, la formación del botón floral, la floración y el llenado inicial del grano (Mujica, et al. 1998 citado por Mendoza 2013).

1.6.6. Temperatura

León (2003) manifiesta que,

la temperatura media adecuada para la quinua está alrededor de 15 - 20 °C, sin embargo, se ha observado que con temperaturas medias de 10 °C se desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25°C sin embargo también toleran temperaturas extremas de -1 °C hasta 38 °C, pero produce aborto de flores y muerte de estigmas y estambres.

1.6.7. Humedad relativa

Lescano (1981) manifiesta que,

la quinua crece sin mayores inconvenientes desde el 40% en el altiplano hasta el 100% de humedad relativa en la costa, esta alta humedad relativa se presenta en

los meses de mayor desarrollo de la planta (enero y febrero), lo que facilita que prosperen con mayor rapidez las enfermedades fungosas como es el caso del mildiu, por ello en zonas con alta humedad relativa se debe sembrar variedades resistentes al mildiu.

Tabla 1.4

Requerimientos de humedad y temperaturas, de los tipos de quinuas según las zonas agroecológicas

Grupo agroecológico	Precipitación (mm)	Temperatura mínima (°C)
De valle	700 - 1 500	3 °C
De altiplano	400 - 800	0 °C
De los salares	250 - 400	-1 °C
Del nivel del mar	800 -1 500	5 °C
Yungas	1000 - 2 000	11 C

Fuente: Tapia (2000).

1.6.8. Heladas

Salinas et al., (2008) define a la quinua como,

un cultivo que resiste fuertemente a los efectos del frío y las heladas, puesto que en el altiplano (que es su lugar de origen) está constantemente afectado por los descensos bruscos de temperatura y en algunos casos a la presencia de heladas de considerable intensidad. Él agrega que la respuesta de la quinua está supeditada a la fase fenológica en que se encuentra, a la intensidad y la duración de la helada a la humedad relativa y a la carga genética de la planta.

1.6.9. El viento

Tapia (2001) indica que,

cuando las lluvias vienen acompañadas de fuertes vientos, producen el volcamiento o acame de la quinua, lo que incide posteriormente en la baja de los rendimientos por la interrupción que sufre el desarrollo normal de la planta. Los granos no llenan las panojas, produciéndose lo que se conoce como vaneamiento.

1.6.10. Radiación

Mújica y Jacobsen (2001) señalan que,

la quinua soporta radiaciones extremas en las zonas altas de los andes; sin embargo, estas altas radiaciones permiten compensar las horas de calor necesarias

para cumplir con su período vegetativo y productivo. En la zona de mayor producción de quinua del Perú (Puno), el promedio anual de la radiación global (RG) que recibe la superficie del suelo, asciende a 462 cal/cm²/día, y en la costa de Arequipa alcanza a 510 cal/cm²/día. Mientras que en el altiplano central de Bolivia (Oruro), la radiación alcanza a 489 cal/cm²/día y en La Paz es de 433 cal/cm²/día, sin embargo, el promedio de radiación neta (RN) recibida por la superficie del suelo o de la vegetación, llamada también radiación resultante alcanza en Puno 176 y en Arequipa 175, mientras que en Oruro 154 y en la Paz, Bolivia 164, solamente debido a la nubosidad y la radiación reflejada por el suelo.

1.6.11. Fotoperiodo

Mújica y Jacobsen (2001) indica que,

la complejidad de la respuesta fotoperiódica de la quinua es tal, que durante el llenado de grano y pre – anthesis, pueden afectar el crecimiento de semillas; además la misma respuesta es afectada por la temperatura. Lescano (1981) indica que la quinua por su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos de días cortos, de días largos e incluso indiferentes al fotoperiodo, adaptándose fácilmente a estas condiciones de luminosidad, prospera adecuadamente con tan solo 12 horas diarias en el hemisferio sur sobre todo en los Andes de Sud América, mientras que en el hemisferio norte y zonas australes con días de hasta 14 horas de luz prospera en forma adecuada, como lo que ocurre en las áreas nórdicas de Europa. En la latitud sur a 15°, alrededor del cual se tiene las zonas de mayor producción de quinua, el promedio de horas de luz diaria es de 12.19, con un acumulado de 146.3 horas al año.

1.6.12. Rendimiento

Zevallos (1984), reporta que,

los rendimientos obtenidos son muy diversos, debido principalmente al suelo, humedad, variedad y los cuidados culturales practicados, así mismo señala que los rendimientos van desde los 450 kg/ha hasta los 5000 kg/ha, pudiéndose conseguir promedios que van desde los 1500 a 2000 kg ha⁻¹”.

Fernández (1986) señala que, “en Allpachaka (Ayacucho) a 3600 m.s.n.m; con seis variedades comerciales y dos líneas de quinua, obtuvo los siguientes rendimientos”:

Tabla 1.5*Rendimiento de seis variedades y dos líneas de quinua*

Orden de mérito	Variedad	Rendimiento (kg.ha⁻¹)
Primeo	Allpachaka 1	2,756.30
Segundo	Blanca de Junín	2,512.50
Tercero	Kancolla	2,465.60
Cuarto	Cheweca	2,331.30
Quinto	Blanca de Juli	1,906.30
Sexto	Sajama	1,809.40
Séptimo	Allpachaka	1,778.10
Octavo	Rosada de Junín	1,368.80

Fuente: Fernández (1986).

El mayor rendimiento de la línea Allpachaka, se debería por su adaptación a la zona de ensayo tal vez por su carácter genético conformado principalmente por la tolerancia mostrada al ataque de kcona – kcona y granizada; además alcanzó la mayor longitud y diámetro de panoja

1.7. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

1.7.1. Preparación del suelo

Mújica y Jacobsen (2001) señalan que,

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.

Gómez (2012) recomienda seguir las siguientes labores:

Aradura: Aprovechando la humedad del suelo, se debe trabajar a una profundidad mayor a 30 cm, donde se va a conseguir desmenuzar, voltear, enterrar las malezas y los residuos de cosecha aún presentes en el campo. Otro beneficio, será el airear el suelo, donde con la labor se podrá romper algún grado de compactación que pudiera haber. Dentro del cultivo de la quinua, esta labor permitirá un mayor desarrollo de las raíces de la quinua, una mayor penetración del agua de lluvia o

de riego y una eliminación de huevos y larvas de algunos insectos dañinos para el cultivo.

Desterronado: Al realizar la aradura del campo se va a tener terrones grandes, los cuales necesitan ser desmenuzados. El desterronado debe realizarse con una rastra de discos, pasándolos dos veces en sentidos diferentes, donde se debe procurar tener terrones muy pequeños que no puedan afectar el tamaño de los granos de quinua durante la siembra y establecimiento del cultivo.

Nivelado: La labor de nivelación se puede efectuar con un tablón nivelador atado detrás del implemento de la rastra. Va ser importante esta labor en los terrenos que serán conducidos bajo riego, ya que permitirá una buena conducción y/o distribución del agua y con ello una germinación uniforme, así como evitar encharcamientos en el campo.

Surcado: Va permitir establecer la distancia entre surcos en campo, dependiendo del equipo de campo o la maquinaria empleada, al cual se le adiciona ramas en forma transversal a la reja, para que efectuara una mejor expansión del surco, debiendo tener una profundidad aproximado de 20 cm.

1.7.2. Siembra

Mujica et al., (1989) señala que,

la época de siembra debe considerar muchos factores, entre ellos las condiciones climáticas del lugar y la variedad que se va a utilizar. En el caso de la siembra en los andes, las fechas coinciden con los inicios de la lluvia, entre los meses de octubre y diciembre.

Apaza (2006) menciona que,

la ubicación de las semillas en el surco, va a estar en función del sistema de riego a utilizar. Si se va a utilizar como fuente de riego el agua de lluvia, la semilla puede ubicarse a fondo de surco; en caso de la utilización de agua de regadío, la ubicación será en la costilla del surco. Asimismo, la profundidad de siembra va ser mínima de unos 2 cm, ya que a mayor profundidad se tendrá dificultades en la emergencia por el tamaño pequeño de la semilla.

Mujica (1997) indica que,

la distancia entre surcos es de 0.6 a 0.8 m; utilizando la menor distancia para variedades de porte pequeño. Sin embargo, es recomendable que la separación entre surcos sea tal que permita el pase de un arado (arado por animales) entre ellos, para facilitar las labores de deshierbo, aporque, abonamiento, control fitosanitario, ciega, etc.

La cantidad de semilla a esparcir depende de su poder germinativo (mayor al 80%), con una buena preparación del terreno, para el altiplano se recomienda una densidad de siembra entre 10 a 12 kg de semilla por hectárea. Altas densidades de plantas en climas húmedos favorecen el ataque de enfermedades como el mildiu.

1.7.3. Abonamiento

Gómez (2012) manifiesta que,

el caso de la quinua, si bien no se tiene información disponible acerca del nivel de extracción de nutrientes que tiene el cultivo, se tiene información de experiencias locales o regionales para poder establecer la dosis de fertilización a emplear. Teniendo en cuenta el historial del campo, esto referido a saber la secuencia de cultivos anteriores, podemos formular algunas dosis como las que recomienda el mismo autor, para la región andina:

- Después de papa: 60-40-20 de N - P₂O₅ - K₂O
- Después de cereales: 100-80-40 de N- P₂O₅ - K₂O
- Después de leguminosas: 40-40-20 de N- P₂O₅ - K₂O

Mujica (1997) en base a experimentos desarrollados en diversos lugares de la sierra, recomienda en términos generales utilizar la fórmula 80 - 40 unidades de N - P₂O₅, con esto se muestra que la quinua responde bien a la fertilización nitrogenada, poco al fósforo y casi nada al potasio; esto en correspondencia a que los suelos de la sierra son pobres en nitrógeno, medianos en fósforo y ricos en potasio. Para el caso de la fertilización del cultivo de quinua en la costa, ésta va a estar en función de las características del suelo, expectativas de rendimiento de la variedad y al nivel de tecnología aplicada.

Tapia (1979) menciona que,

la quinua responde bien a la fertilización química y al abonamiento; en suelos de baja fertilidad se recomienda aplicar 80 - 40 - 30 kg ha⁻¹ de NPK, se debe aplicar 50% de nitrógeno y el total de fósforo y potasio a la siembra y el otro 50% de nitrógeno en el momento de aporque, se puede también aplicar de 5 a 10 t ha⁻¹ de abono orgánico como el guano de isla, la gallinaza y el estiércol de animales. La incorporación al suelo debe ser de acuerdo a la fertilidad del suelo, en consecuencia, sería como alternativa a la fertilización química, incorporando al suelo antes de la siembra.

Mújica y Jacobsen (2001) sugieren que,

la quinua para producir 5.0 t.ha⁻¹ de materia seca, extrae del suelo: 65, 15, 126, 49 y 11 kg.ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg respectivamente, por ello debe ponerse a disposición de la planta, estas cantidades en forma orgánica y evitar el agotamiento de los nutrientes del suelo. En la zona andina, cuando se siembra después de la papa, el contenido de materia orgánica y de nutrientes es favorable para el cultivo de quinua, sin embargo, cuando se siembra después de una gramínea (maíz, trigo, cebada o avena) en la sierra, es necesario utilizar mayor cantidad de materia orgánica en una proporción que satisfaga los requerimientos.

1.7.4. Raleo o entresaque

Mujica (1997) indica que,

la labor de raleo o entresaque se realiza con la finalidad de evitar competencia por espacio y nutrientes entre las plantas de quinua, permitiendo con ello un óptimo crecimiento y desarrollo. Este trabajo debe efectuarse paralelamente al deshierbo, donde con ello se consigue establecer una buena densidad de plantas en campo. Así mismo refiere que lo ideal es tener de 10 a 15 plantas como máximo por metro lineal, así evitar altas densidades que nos va permitir tener plantas de buen desarrollo y conformación.

1.7.5. Riego

En la zona andina es cultivada solamente con las precipitaciones pluviales y en forma excepcional se utiliza riego el cual constituye un elemento complementario con la finalidad de suministrar humedad en épocas de sequía prolongada o para

adelantar las siembras, y solo en los lugares donde se dispone de fuentes de agua. Estos son generalmente ligeros y bajo el sistema por gravedad, en los valles interandinos donde se efectúa el trasplante, es necesario y forzoso utilizar el riego después del trasplante y cuando lo requiera la planta, ya que en este sistema va asociado al maíz y recibe el agua en la misma oportunidad que el cultivo principal (Morales, 1976).

1.7.6. Deshierbo

Gómez (2012) indica que,

la labor de deshierbo se debe realizar desde un inicio, para favorecer un buen establecimiento del cultivo en campo, ya que las plantas de quinua en su fase inicial no son buenas competidoras de malezas, pudiendo éstas inhibir su crecimiento en sus primeros estados fenológicos. Tradicionalmente se realiza el desmalezado cuando las plantas de quinua tienen de 8 a 10 pares de hojas verdaderas o han alcanzado 20 cm de altura, considerado momento crítico.

1.7.7. Aporque

Mujica (1997) manifiesta que,

los aporques son necesarios para sostener la planta sobre todo en los valles interandinos donde la quinua crece en forma bastante exuberante y requiere acumulación de tierra para mantenerse de pie y sostener las enormes panojas que se desarrollan, evitando de este modo el tumbado o vuelco de las plantas. Asimismo, le permite resistir los fuertes embates de los vientos sobre todo en las zonas ventosas y de fuertes corrientes de aire. Generalmente se recomienda un buen aporque antes de la floración y junto a la fertilización complementaria, lo que le permitirá un mayor enraizamiento y por lo tanto mayor sostenibilidad.

1.8. PLAGAS Y ENFERMEDADES

1.8.1. Plagas

Jayo (1989) menciona que,

la kcona – kcona (*Scrobipalpus* sp.), es la plaga más importante en la quinua, su ataque puede reducir a cero la producción del grano, su nombre común se refiere al hecho de moler el grano como resultado de un ataque intenso. Los granos de

quinua dulce y blancos son relativamente los preferidos por esta plaga, pudiéndose encontrar hasta 150 larvas en una sola planta.

Zanabrá y Mujica (1977) mencionan que,

el cultivo de la quinua no se salva de la acción destructora de los insectos y se indica que en el altiplano peruano estos ocasionan la pérdida del 8% de la producción. La quinua sufre el ataque de una serie de insectos durante todo su periodo vegetativo e incluso el grano almacenado también está expuesto. La quinua sufre el ataque de una serie de insectos durante todo el ciclo vegetativo, desde que las plantas emergen hasta su madurez. Estas plagas de insectos causan diversos daños en el cultivo de quinua, pudiendo reducir el rendimiento a niveles significativos.

Mujica (1997) clasifica en cuatro grupos, según el tipo de daño que causa las cuales son: Cortadores de plantas tiernas, Minadores y destructores de granos, Masticadores y defoliadores, Picadores y chupadores, Cortadores de plantas tiernas

Zanabrá y Mujica (1977) mencionan que,

existen por lo menos tres especies que pertenecen al grupo complejo denominado en el altiplano "ticonas", que hacen mención a los gusanos de tierra. Las especies a las que se alude son: *Feltia experta*, *Copitarsia turbata*, *Agrotis Ipsilon* y *Spodoptera eridania*, que pertenecen a la familia Noctuidae y al orden Lepidóptera. Los daños causados en el cultivo lo realizan en estado inmaduro, es decir en estado larval. De hábitos nocturnos, las larvas atacan la quinua en sus primeros estadios o recién emergidas, cortando las plántulas a la altura del cuello de la raíz, con lo que la planta se cae y muere. En ataques severos, los campos de quinua presentan gran número de fallas obligando a resembrar y en caso extremos a voltear el terreno.

a. Insectos comedores de hojas

***Diabrotica spp* (lorito verde)** es una plaga de importancia en las primeras etapas de desarrollo del cultivo principalmente se presenta por debajo de 3000 msnm. Los adultos son de color verde amarillento se alimentan de hojas produciendo perforaciones irregulares reduciendo el área foliar y afectando la fotosíntesis. Atacan en todo el periodo

vegetativo del cultivo y su desarrollo es favorecido por las altas temperaturas y ausencia de lluvias. Puede reducir el rendimiento entre 30 a 50%.

Esquelitizador y pegador de hoja El adulto es una mariposa de la familia Pyralidae la especie no está determinada, el daño es ocasionado por el primer estadio larval antes de ingresar a la fase de pupa. Estas larvas son los esqueletizadores de las hojas devoran la epidermis y el mesófilo con excepción de las nervaduras de las hojas observándose espacios vacíos irregulares.

Epicauta wille y *Epicauta latitarsis*. Esta plaga llamada Llama llama, Achu, pertenece a la familia Meloidae. Son insectos polífagos, se considera plaga potencial debido a que sus daños si bien pueden presentarse en forma frecuente no llegan a adquirir importancia económica.

b. Minadores y destructores de granos

Ortiz (2001) menciona que,

en este grupo se encuentra la plaga más importante a nivel de la región andina, siendo esta *Eurysacca melanocampta*, conocida como "kcona-kcona". Las larvas de la primera generación minan las hojas, pegan hojas y brotes tiernos, destruyen inflorescencias en formación; en cambio, las larvas de la segunda generación destruyen inflorescencias formadas, granos lechosos, pastosos y maduros.

Zanabrá y Mujica (1977) indican que,

Los minadores y destructores de grano es un grupo de insectos que se alimenta del parénquima de las hojas, panojas y tallos, formando galerías o minas a manera de estuches. Son lepidópteros de las familias Gelechidae y Pyralidae, así como dípteros de la familia Agromyzidae. El ataque de estos insectos es más intenso en las épocas de sequía y "veranillos". Las larvas de la primera generación (noviembre-diciembre) minan y destruyen las hojas e inflorescencias en formación, pegan las hojas tiernas, enrollándolas y alimentándose en el interior del parénquima. En ataques severos, las plantas aparecen arrolladas y en pocos días se puede destruir el cultivo. Las larvas de la segunda generación (marzo - mayo) atacan a las plantas en estado de maduración (grano pastoso y seco), localizándose en el interior de las panojas donde comen el grano.

1.8.2. Enfermedades

Gandarillas (2014) refieren como,

la más importante a nivel mundial a *Peronospora variabilis* Gaum (anteriormente denominada *Peronospora farinosa* f. sp. *chenopodii*), conocida como mildiú. También se tiene a los patógenos fungosos del suelo, referido al complejo de chupaderas fungosas de *Pythium* y *Rhizoctonia solani*, y a *Sclerotinia sclerotiorum*.

Pudriciones radiculares. El complejo de pudriciones de la raíz y del tallo es causada por un grupo de hongos del suelo que actúan solos o en conjunto dependiendo de la localidad, variedad y manejo del suelo. Los hongos más importantes tenemos: ***Fusarium spp.*, *Rizoctonia solani* y *Pythium spp.*** Producen podredumbre de las raíces y del tallo de las plantas tiernas y adultas ocasionando la muerte. Temperaturas frías y alta humedad del suelo favorecen el desarrollo de la enfermedad

Aves plagas

Mujica (1997) indican que,

las aves ocasionan daños en los últimos períodos vegetativos de la planta: estado lechoso, estado pastoso y madurez fisiológica del grano. Al término que se alimentan de los granos de la misma panoja, producen la caída de un gran número de semillas o ruptura de los pedicelos de los glomérulos; el ataque es más notorio en las variedades dulces, donde las pérdidas pueden alcanzar hasta el 40% de la producción.

1.9. COSECHA

Mujica (1997) menciona que, “la decisión de cuando iniciar la cosecha está determinado principalmente por la humedad del grano; cuando estos alcanzan una humedad de 18 a 22%, se produce la madurez fisiológica”.

León (2003) menciona que,

la quinua es uno de los cultivos considerados como delicados en cuanto al manejo y cuidados de la cosecha. La quinua debe ser cosechada cuando las plantas se hayan defoliado y presenten un color amarillo pálido o los granos hayan adquirido una consistencia tal que resistan a la presión con las uñas.

Según Mujica (1997) señala que la cosecha tradicional de quinua en la zona Andina es totalmente manual cuyas actividades son las siguientes:

Siega o corte

Se efectúa la siega cuando las plantas hayan alcanzado la madurez fisiológica. La siega se efectúa utilizando hoces, el corte de las plantas se realiza a unos 15 a 20 cm de altura del suelo y uniforme, para facilitar el traslado de las plantas y la construcción de parvas en el campo, esto permite el secado del grano y tallos.

Emparvado

Consiste en la formación de arcos o parvas a una altura tal que permita el secado por efecto del sol y del viento, con la finalidad de evitar que se malogre la cosecha por condiciones climáticas (lluvias y granizadas), y en consecuencia se manche el grano por oxidación. Las plantas se mantienen en la parva por espacio de 7 a 15 días, hasta que tengan la humedad conveniente para la trilla.

Trilla

Se efectúa sacando las panojas secas de la parva, la cual se extiende sobre mantas preparadas apropiadamente. Dependiendo de la cantidad a trillar, la separación del grano de la panoja y del perigonio puede realizarse golpeando las plantas, pisándolas con animales o con tractor, si se dispone de trilladora la operación resulta más rápida y eficaz, luego se retira los tallos para que solamente quede el grano junto a la broza.

Venteo y limpieza del grano

Una vez que se produce la trilla, el grano y la broza fina quedan juntos. Esta labor consiste en separar el grano de la broza (fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencias y pequeñas ramas) aprovechando las corrientes de aire que se producen en las tardes, de tal manera que el grano esté completamente limpio.

Secado del grano

Aun cuando la trilla se efectúa con panojas secas, es necesario que el grano pierda humedad hasta obtener una humedad comercial y permitir su almacenamiento,

puesto que al momento de la trilla los granos contienen entre un 12 a 15% de humedad. Esto se consigue exponiendo a los rayos solares el grano trillado, limpio y extendido en mantas durante todo el día, debiendo remover y voltear el grano varias veces en el día para que pierda humedad hasta 10 a 12% de humedad.

Selección del grano

Una vez que el grano está completamente seco, se debe proceder a la selección y clasificación del grano, puesto que la panoja produce granos grandes, medianos y pequeños. Así mismo se tiene presencia de granos inmaduros y chupados los cuales ya fueron eliminados con el venteo.

Almacenamiento

El almacenamiento es un paso importante dentro del manejo poscosecha de quinua. Una vez clasificado el grano por tamaños y para usos diferenciados, se debe almacenar en lugares frescos, secos y en envases apropiados, que eviten la presencia de roedores y polillas, en ningún caso usar envases de plástico o polipropileno, puestos que ellos facilitan la conservación de humedad, dando olores desapropiados al producto.

1.10. RENDIMIENTO

Tapia (2000) indica que,

los rendimientos varían en función a la variedad, fertilidad, drenaje, tipo de suelo, manejo del cultivo en el proceso productivo, factores climáticos, nivel tecnológico, control de plagas y enfermedades, obteniéndose entre 0.8 t ha⁻¹ a 1.5 t ha⁻¹ en años buenos. Sin embargo, según el material genético se puede obtener rendimientos de hasta de 3.0 t ha⁻¹.

Apaza y Delgado (2005) indican que,

el potencial de rendimiento de grano de quinua alcanza hasta 9.0 t ha⁻¹ se logra cuando todos los factores de crecimiento se dan simultánea y constantemente en su valor óptimo, en el curso de las diversas fases del desarrollo. Con adecuadas condiciones de cultivo (suelo, humedad, clima, fertilización y labores), se obtiene rendimientos 4.0 t ha⁻¹ de acuerdo a la variedad.

Mujica y Jacobsen (2001) indica que,

en la producción de materia seca después de la cosecha alcanza en promedio a 16.0 t ha⁻¹ (incluido grano, tallos y broza), pudiéndose obtener en promedio 7.2 t ha⁻¹ de tallos, 4.7 t ha⁻¹ de broza (hojas, partes de inflorescencia, perigonios y pedicelos) y 4.1 t ha⁻¹ de grano.

1.11. LA GALLINAZA COMO ABONO ORGÁNICO

1.11.1. Importancia del abonamiento orgánico

Pastrana (1999) citado por Véliz (2014) manifiesta que,

en la naturaleza, nada se desecha, todo se recicla. Lo que sale de la tierra vuelve a ella en forma de excremento. Aprendiendo de la naturaleza la sabiduría secular ha respetado estos ciclos manteniendo la fertilidad de la tierra basándose en abonados orgánicos precedentes de materiales orgánicos. El uso de los abonos orgánicos se recomienda especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica y degradada por el efecto de la erosión, pero su aplicación puede mejorar la calidad de la producción de cultivos en cualquier tipo de suelo.

TINEO (1999), menciona que,

la materia orgánica cumple un rol muy importante sobre el suelo, los cuales determinan un buen crecimiento vegetal y una buena cosecha. Así la materia orgánica influye:

En las propiedades químicas del suelo

- Incrementando la CIC.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización nitrogenada.
- Incrementando la disponibilidad del N, P y S. en especial del N, a través del lento proceso de mineralización.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder tampón.

En las propiedades físicas

- Mejora la estructura, dando soltura los suelos pesados y compactos, y ligazón a suelos sueltos y arenosos. Por consiguiente, mejora la porosidad.
- Mejora la permeabilidad y aireación.
- Incrementa la capacidad retentiva de la humedad.

- Reduce la erodabilidad del suelo.
- Favorece las operaciones de labranza.
- Confiere el color oscuro al suelo ayudando a la retentividad de la energía.

En las propiedades biológicas

- La materia orgánica constituye el substrato y fuente de energía para la actividad microbiana.
- Al existir condiciones óptimas de pH, aireación y permeabilidad, se incrementa la flora microbiana.

Tabla 1.6

Elementos nutritivos en una tonelada de estiércol

Clase de estiércol	N(kg)	P₂O₅(kg)	K₂O(kg)
Equino	5.99	2.31	5.49
Vacuno	5.17	1.4	4.49
Porcino	4.49	3.04	4.22
Ovino	7.17	3.04	8.16
Gallinaza	9.8	7.44	4.63
Patos	5.17	1.3	4.44

Fuente: Camasca (2002)

Navarro G. y Navarro S. (2023) menciona que,

la gallinaza se utiliza tradicionalmente como abono, su composición depende principalmente de la dieta y del sistema de alojamiento de las aves, la gallinaza obtenida de explotaciones en piso se compone de una mezcla de deyecciones y de un material absorbente que puede ser viruta, pasto seco, cascarillas entre otros, y este material se conoce como cama, que permanece en la nave durante todo el ciclo productivo, la gallinaza obtenida de las explotaciones de jaula resulta de las deyecciones, residuo de alimento y huevos rotos, que caen al piso y se mezclan.

Restrepo (1998) indica que,

su principal aporte de la gallinaza en el suelo es mejorar su fertilidad del suelo, con algunos nutrientes principales tales como; fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, pero en mayor concentración se presenta el nitrógeno. También indica que la cascarilla de arroz mejora las características físicas del suelo y de abonos orgánicos, facilitando la aireación y absorción de

humedad; así mismo beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radicular de las plantas. Es una fuente rica en sílice, lo que favorece a los vegetales para darle una mayor resistencia contra insectos y microorganismos. A largo plazo se convierte en una fuente constante de humus.

Según Estrada (2005) existen dos clases de gallinaza:

La. gallinaza de Piso: Se obtiene de las gallinas explotadas en pisos de concreto o tierra, con camas de cascarilla de arroz, aserrín y otros. Una gallina excreta en promedio 138 g/día que representa 50 kg/ave/año de los cuales el 25% es materia seca; es decir, una gallina produce 12.5 kg de excretas secas por año y sólo utiliza un 19% del nitrógeno en la producción de huevos o formación de carne, siendo el restante, expulsado en las heces o en la orina. En camas para engorde de pollo, el contenido de nitrógeno después de dos meses empieza a disminuir por volatilización. En aves ponedoras con el tiempo se incrementa el contenido de cenizas por la deposición de heces ricas en minerales, pérdida de nitrógeno y materia orgánica, incorporación de tierra a la cama al revolcarse las aves. Por almacenamiento, de las excretas, en 10 semanas se puede perder un 75% de nitrógeno y un 50% de la materia orgánica.

La gallinaza de Jaula: Es el producto compuesto por heces, plumas y desperdicios de alimento que se mezclan en la explotación de gallinas mantenidas en jaulas las cuales tienen diferente contenido de nitrógeno, fibra y minerales, dependiendo del tipo de ave, dieta y edad de la cama.

De la misma manera Estrada (2005) indica que,

no existe una diferencia muy grande entre los contenidos nutricionales de la gallinaza de piso y la gallinaza de jaula, las dos son igualmente nutritivas y contiene elementos que pueden ser aprovechados fácilmente por las plantas. Un kilogramo de gallinaza de jaula o de piso contiene, en promedio, 17 gramos de nitrógeno, 0.8 de fósforo, 5.7 de potasio, 1.12 de calcio, 0.7 de magnesio y 2.1 de azufre. Este material tiene un pH de 8.2 que lo hace apto para ser aplicados en suelos ácidos.

Tabla 1.7*Contenido de N, P₂O₅ y K₂O expresado en porcentajes de gallinaza fresca y seca*

Tipo	Humedad (%)	Nitrógeno (%)	Ácido fosfórico (%)	Potasio (%)
Fresca	70 - 80	1.1 - 1.5	0.9 - 1.4	0.4 - 0.6
Secado	7 - 15	3.6 - 5.5	3.1 - 4.5	1.5 - 2.4

Fuente: Estrada (2005) revista lasallista de investigación Vol. N° 1

Tabla 1.8*Caracterización de los diferentes tipos de gallinaza*

Composición	Gallinaza de jaula	Gallinaza de piso	Pollinaza
PH	9.00	8.00	9.50
Humedad (%)	57.80	34.80	25.80
potasio (% K ₂ O)	1.90	0.89	2.10
M. O (%)	34.10	42.10	39.60
Nitrógeno (% N)	3.20	2.02	2.30
fósforo (% P ₂ O ₅)	7.39	3.60	4.60

Fuente: Estrada (2005) revista lasallista de investigación Vol. N° 1

1.11.2. Ventajas del uso de gallinaza

Según el Ministerio de Agricultura y ganadería de Costa Rica (2001) las ventajas del uso de la gallinaza son:

- Mejoramiento de los niveles de fertilidad, eliminación de plagas, enfermedades y malezas de suelo a través de procesos como biofumigación y biosolarización.
- Incremento de la macro fauna y meso fauna benéfica del suelo
- Aumenta los contenidos de materia orgánica
- Mejoramiento de las propiedades físicas
- Mejora las propiedades químicas del suelo
- Incrementan la disponibilidad de nutrientes fijados en el suelo
- Fuente fácil de conseguir y manipular
- Fuente nutricional no contaminante
- Amigable con el hombre y el medio ambiente
- Costos relativamente bajos

Pérez (2014) indica que,

se debe utilizar la gallinaza en cantidades fluctuantes entre 4.0 a 6.0 t ha⁻¹, a fin de favorecer el rendimiento de granos de quinua, con lo cual se disminuye los costos y se favorece hacia una agricultura orgánica.

Bautista (2015) recomienda “aplicar 4.0 t.ha⁻¹ de gallinaza en las variedades de INIA-415, Pasankalla y Blanca de Junín, con lo cual se obtiene los mayores índices de rentabilidad”.

1.12. LOS NUTRIENTES MAYORES

1.12.1. El nitrógeno

Devlin (1970), dice que,

el papel más importante del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de la molécula proteica. Además, el nitrógeno se encuentra en moléculas tan importantes como la purina, pirimidinas, porfirinas y coenzimas. Las purinas y pirimidinas se encuentran en los ácidos nucleicos ARN y ADN esenciales para la síntesis de proteínas. El anillo de piririna se encuentra en compuesto tan importante, desde el punto de vista metabólico como las clorofilas y las enzimas del grupo citocromos, esenciales para la fotosíntesis y la respiración. Las coenzimas son indispensables para el funcionamiento de muchas enzimas.

Villagarcia (1990), menciona que,

el nitrógeno presente en el suelo se encuentra bajo formas de nitrógeno orgánico y nitrógeno inorgánico provenientes de organismos vegetales y animales. Este nitrógeno representa casi la totalidad del nitrógeno del suelo sin embargo no puede ser utilizado por la planta mientras no se transforma previamente en nitrógeno inorgánico. El nitrógeno inorgánico incluye las formas de NH_4^+ , NO_3^- , NO_2 , NO , N_2 . El ion amonio (NH_4^+) se halla adsorbido por los coloides del suelo y una pequeña proporción disuelta en el agua del suelo. Los iones nitrato (NO_3) y nitrito (NO_2) se encuentran libres en la disolución del suelo, representan solo el 2% del nitrógeno total del suelo; sin embargo, tiene una gran importancia puesto que las plantas absorben el nitrógeno bajo esas formas.

El nitrógeno es importante en la planta porque forma parte de la estructura química de las proteínas y otras sustancias bioquímicas que se produce en la fotosíntesis y respiración de las plantas, y como consecuencia se tiene el aumento de superficie foliar verde y sano, y por tanto este aumento es directamente proporcional a la fotosíntesis.

Por otro lado, el nitrógeno es importante para la nutrición microbiana y la descomposición de la materia orgánica en el suelo.

Las formas de absorción del nitrógeno por la planta son básicamente de dos formas: nitrato (NH_3^-) y amoníaco (NH_4^+).

1.12.2. El fósforo

Villagarcía (1990), menciona que,

la planta absorbe el fósforo principalmente como fosfato mono cálcico (H_2PO_4), el fósforo tri-cálcico ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) ya no es absorbido por la planta debido a su insolubilidad. En el suelo con pH bajos el fosfato es asimilado por la planta como orto-fosfato primario (H_2PO_4^-), mientras que a pH altos se absorbe como orto-fosfato secundario (HPO_4^{--}). Desde el punto de vista fisiológico, se sugiere que este elemento esté disponible para la planta desde el inicio de su desarrollo.

Devlin (1970) informa que,

el fosfato se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, de las coenzimas NAD y NADP, lo que es especialmente importante, como parte integral del ATP, pero estos se consideran menos importantes. En los tejidos meristemáticos, sede de un activo crecimiento se encuentran fuertes concentraciones de fósforo, que interviene allí en la síntesis de nucleoproteínas. Se cree que además de las proteínas, los fosfolípidos son importantes constituyentes de la membrana celular. Son importantes en los procesos vegetales como la fotosíntesis, glucólisis, respiración, síntesis de ácidos grasos, etc.

El fósforo es necesario para el crecimiento de las plántulas. Por lo tanto, el fósforo se aplica antes o al momento de la siembra. Favorece el crecimiento vigoroso de la planta.

Villagarcía (1990), menciona que,

la deficiencia ocasiona un desarrollo débil, tanto del sistema radicular como de la parte aérea las hojas son de menor tamaño, la madurez de fruto se retrasa y disminuye el rendimiento de la cosecha. El fósforo es uno de los elementos importantes en el crecimiento de los tallos y raíces y el principal elemento que interviene en la producción de ATP y la forma de absorción del fósforo por la planta es en aniones de ortofosfato primario (H_2PO_4^-) y ortofosfato secundario (HPO_4^{--}).

1.12.3. El potasio

Mengel y Kirkby (2000) menciona que,

la mayor proporción de potasio en la corteza terrestre se halla asociada a minerales primarios o se encuentra presente en arcillas secundarias, que constituyen una parte sustancial de la fracción arcillosa del suelo. Existe una notable disparidad entre suelos arenosos altamente meteorizados y suelos recién formados a partir de materiales volcánicos, ya que estos últimos suelen presentar elevados niveles de contenido de arcilla y potasio.

Villagarcia (1990), señala que,

el potasio es absorbido como ion K^+ , e indica que es influenciado por el Ca y Mg, por lo que la relación entre el Ca y Mg es importante; el exceso de Ca disminuye la absorción de potasio”. Y una elevada concentración del potasio en el suelo limita la absorción del Mg.

1.13. LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES (M.E)

Chujo (2004), menciona que,

los microorganismos eficientes (M.E), es una combinación de varios microorganismos beneficiosos, de origen natural que se usan principalmente para los alimentos o que se encuentran en los mismos. Contiene organismos beneficiosos de 3 géneros principales: bacterias fototróficas, bacterias de ácido láctico y levadura. Estos microorganismos benéficos, cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, quelatos y antioxidantes. Cambian el micro y macro flora de la tierra y mejora el equilibrio natural, de manera que la tierra que causa enfermedades se convierte en tierra que suprime enfermedades, y ésta a su vez tiene la capacidad de transformarse en tierra azimogénica. Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de materia orgánica y aumenta el contenido de humus. Esto ayuda a mejorar el crecimiento de la planta y sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica.

Higa y Parre (1991), manifiestan que,

los ME, es una abreviación de Effective Microorganismos (Microorganismos

Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, y fisiológicamente compatibles unos con otros. Cuando el ME es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinergista por su acción en comunidad. El ME, como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

FAO (2008), manifiesta que,

los ME son una mezcla de todos los tipos de microbios que ocurren de manera natural, como los fijadores de N, solubilizadores de P, productores de hormonas/vitaminas, descomponedores de la celulosa, organismos controladores de enfermedades, etc. y que se emplean para elevar la productividad del cultivo.

1.13.1. Tipo de microorganismos

Higa y Párr. (1991), manifiestan que,

los principales grupos de microorganismos presentes en el ME son: Bacterias Fototrópicas, Bacterias Ácido lácticas, Levaduras y Actinomicetos:

Bacterias fototrópicas. Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficaces. Asimismo, llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere (nutrientes), carbohidratos, aminoácidos; sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día.

Bacterias ácido lácticas. Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e

incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. El ácido láctico ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca.

Levaduras. Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomicetos.

Actinomicetos. Funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del *Azotobacter* y de las micorrizas.

1.13.2. Modo de acción de los microorganismos

Higa y Parre (1991), afirman que,

los diferentes tipos de microorganismos en el EM, toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los Microorganismos Eficaces para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. Cuando los Microorganismos Eficaces incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos.

Funes (2008), manifiestan que,

en Matanzas, provincia cubana, se produce con gran velocidad los microorganismos milagrosos. Originalmente, un método japonés de mezclar microorganismos del bosque, fuentes energéticas como la miel y otros materiales, para

después someterlos a una fermentación anaeróbica, resulta en colonias de microorganismos que tienen un efecto “milagroso”. El producto de la fermentación microbiana es utilizado con varios fines entre los que se puede destacar: Bioestimulante para el rendimiento de los cultivos, acelerador de los procesos de descomposición en el compost o de la digestión anaeróbica para la producción de biogás, entre otras muchas aplicaciones.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DEL TERRENO EXPERIMENTAL

2.1.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la comunidad de Casaorcco distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho, cuya posición geográfica y UTM es la siguiente:

Altitud	: 3300 m.s.n.m.
Latitud sur	: 13°13'3.03"S
Longitud oeste	: 74°13'53.37"O
Coordenada UTM	: 0583317 E - 8538724 N

2.1.2. Antecedentes del campo experimental

El campo experimental es un terreno agrícola particular, que de acuerdo a los rastros encontrados en la primera vista del terreno donde se instaló el experimento, se dedujo que como última siembra utilizada fue el cultivo de cebada, y que, de acuerdo a la versión del dueño, el objetivo de su siembra fue para la obtención de forraje, y que en dicho terreno no aplico ningún tipo de abonamiento orgánico o inorgánico.

El terreno tenía una pendiente aproximada de 20%, con una cantidad de pedregosidad considerable esparcido en todo el terreno, con una profundidad de suelo de 30 cm, con un color de tonalidad de tendencia blanquecina a gris. La parcela estaba cercada con muro de piedra.

2.1.3. Análisis físico y químico del suelo

Para conocer las características físicas y químicas del suelo, se efectuó el análisis físico-químico de una muestra de suelo, esta se tomó 4 muestras en forma aleatoria y se excavo una sección de 0.3*0.3 y de una profundidad de 0.2 m de la superficie del suelo

agrícola, luego de ello las muestras extraídas(0.5 kg c/u) fueron mezclados y mullidos para tener un muestra homogénea y representativa de un 1 kg., para luego ser llevado a su respectivo análisis de suelo en el laboratorio de Suelos, Plantas y Agua “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuyo resultado se muestra a en la tabla 2.1:

Tabla 2.1

Características químicas y físicas del suelo del experimento. Casaorcco

Características del suelo analizado	U.M.	Contenido	Método	Interpretación
<u>Características químicas</u>				
pH	H ₂ O	8.25	Potenciometría	Mdr. alcalino
C.E.	dS/m	0.68	Medida de.c.e	Muy lige. salino
CaCO ₃	%	7.50	volumétrico	
M.O.	%	1.75	Walkley y Black	Bajo
Nitrógeno total	%	0.08	Semi-Micro Kjeldhal	Pobre
Fósforo disponible	ppm	4.6	Bray-Kurtz L	Bajo
Potasio disponible	ppm	81.9	Turbidímetro	Bajo
Ca ⁺²	Cmol(+)/kg	13.2	fotometría de llama	
Mg ⁺²	Cmol(+)/kg	4.3	fotometría de llama	
K ⁺	Cmol(+)/kg	0.41	fotometría de llama	
Na ⁺	Cmol(+)/kg	-.-		
Al ⁺³	Cmol(+)/kg	0.00	Yuan	
H ⁺	Cmol(+)/kg	0.00	Yuan	
C.I.C.	Cmol(+)/kg	18.9	Saturación acetato a.	
<u>Características física</u>				
Arena (Ao)	%	49.30		
Limo (L)	%	24.40	Hidrómetro de bouyoucus	FrArL
Arcilla (Ar)	%	26.30		
Clase textural		Franco arcillo limoso (FrArL)		

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas “Nicolás Role” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la UNSCH.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo mostrado en la tabla 2.1, se trata de un suelo con pH moderadamente alcalino, pobre en materia orgánica y nitrógeno total, pobre en fósforo y en potasio disponible. La clase textural del suelo de acuerdo al triángulo de texturas, resultó pertenecer a un suelo franco arcillo limoso. Y por los resultados del análisis de suelos descrito, se concluye que el presente trabajo experimental se ejecutó en un suelo de baja fertilidad química.

2.1.4. Condiciones climáticas de lugar donde se ejecutó el experimento

Los datos climatológicos corresponden a la estación meteorológica de INIA, propiedad de la oficina OPEMAN del Gobierno Regional de Ayacucho, ubicada entre las coordenadas de 13° 10' 09" Latitud Sur y 74° 12' 82" Longitud Oeste y a una altitud 2735 msnm, encontrándose en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga – Ayacucho.

Los datos se utilizaron para la elaboración del balance hídrico de acuerdo a la metodología propuesta por la ONERN (1980); cuyos resultados se presentan en el Tabla 2.2 y Figura 2.1. La precipitación y la temperatura máxima, media, mínima durante el periodo del año 2019 se presentan en la tabla 2.2 y en la Figura 2.1. Durante este periodo, la precipitación total alcanzó los 483.76 mm. y las condiciones de temperatura promedio máxima y mínima en la tabla, fueron de 24.85°C y 9.66°C, respectivamente.

Durante el periodo vegetativo (junio a noviembre), del experimento, la temperatura máxima fue de 25.85°C y la mínima fue de 6.63 °C, y respecto al balance hídrico fue un déficit, ya que en estos meses existe una precipitación pluvial casi nula.

Tabla 2.2

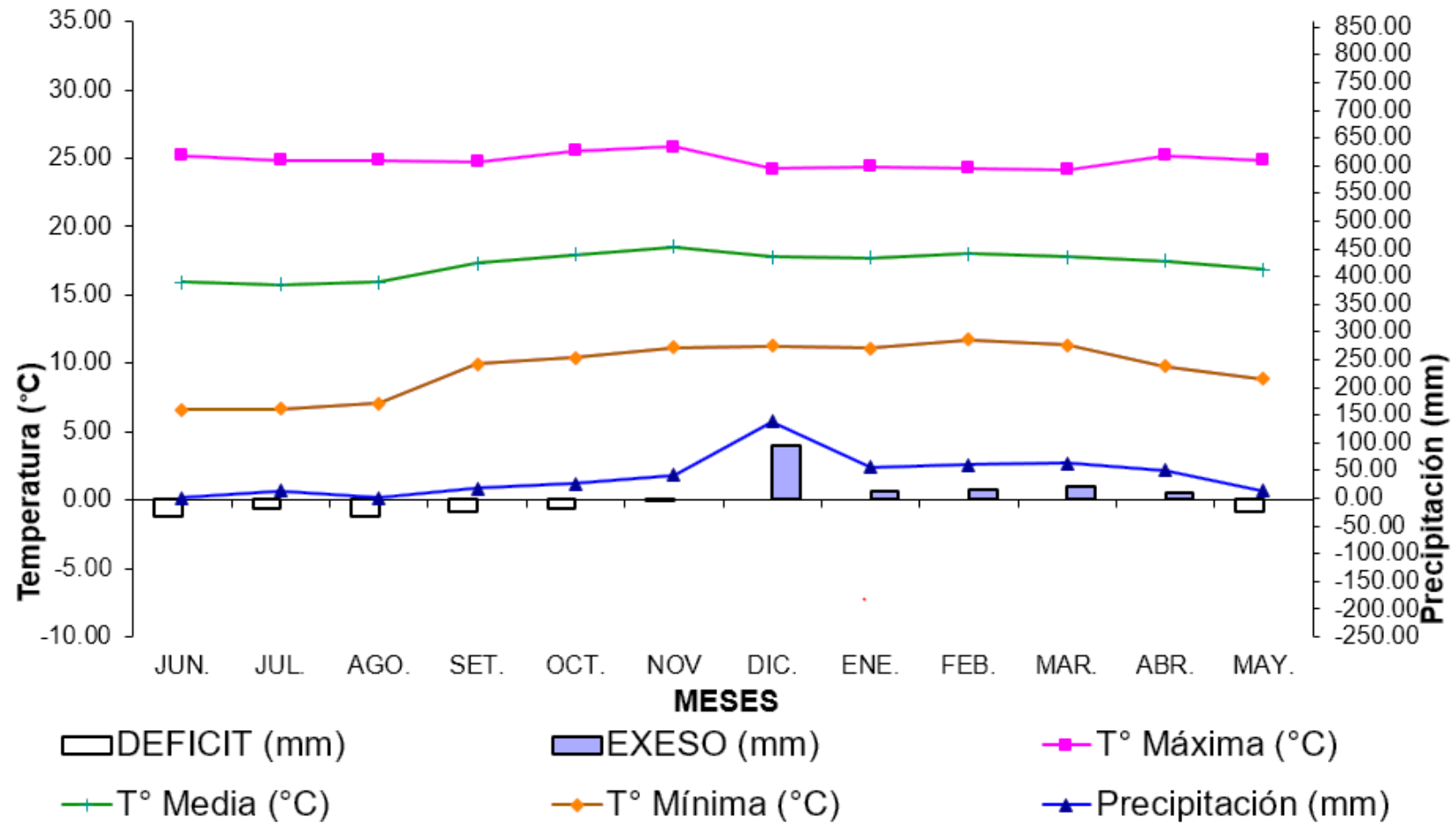
Características climáticas año 2019-. Estación Meteorológica INIA-Ayacucho

Estación Meteorológica : **INIA-Ayacucho**
 Altitud 2735 msnm DISTRITO Andrés Avelino Cáceres
 Latitud 13°10' 09" S PROVINCIA Huamanga
 Longitud 74°12'82" VO AYACUCHO Ayacucho

AÑO	2019							2020					Total	TEMP
	Meses	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	Annual
T° Máxima (°C)	25.19	24.83	24.86	24.73	25.55	25.85	24.21	24.40	24.30	24.19	25.20	24.85		24.85
T° Mínima (°C)	6.63	6.67	7.06	9.93	10.41	11.15	11.30	11.09	11.76	11.34	9.76	8.84		9.66
T° Media (°C)	15.91	15.75	15.96	17.33	17.98	18.50	17.76	17.75	18.03	17.77	17.48	16.85		17.25
Factor	5.77	5.68	5.80	6.57	6.94	7.25	6.81	6.81	6.97	6.82	6.65	6.29		
ETP(mm)	91.80	89.46	92.57	113.86	124.78	134.13	120.91	120.84	125.67	121.16	116.24	105.96	1,357.37	0.36
Humedad Relativa (%)	74.17	74.03	69.38	71.62	67.99	70.58	76.84	75.77	75.31	75.49	73.90	71.73		
Precipitación (mm)	0.50	14.16	0.00	17.7	26.00	42.50	138.3	56.7	60.8	63.6	50	13.50	483.76	
ETP Ajust. (mm)	32.72	31.88	32.99	40.58	44.47	47.80	43.09	43.07	44.79	43.18	41.43	37.76		
H del suelo (mm)	-32.22	-17.72	-32.99	-22.88	-18.47	-5.30	95.21	13.632	16.0	20.4	8.6	-24.3		
Deficit (mm)	-32.22	-17.72	-32.99	-22.88	-18.47	-5.30						-24.3		
Exceso (mm)							95.21	13.63	16.01	20.42	8.57			

Figura 2.1

Diagrama ombrotérmico



2.2. MATERIALES Y EQUIPOS

2.2.1. Material genético

Se empleó la semilla de quinua de la variedad Blanca de Junín, que es la más adecuada para la zona, esta se adquirió del Programa de Cultivos Andinos del Instituto Nacional de Investigación e Innovación Agraria – INIA.

- Periodo vegetativo : 160 - 180 días
- Tipo de panoja : glomerulada laxa
- Longitud de panoja : 50 - 60 cm
- Altura de planta : 1.60 - 2.0 m
- Rendimiento : 2.5 - 3.8 t ha⁻¹
- Resistencia a enfermedades : Mildiú
- Color de grano : blanco
- Tamaño de grano : 1.5 - 2.0 mm
- Contenido de saponina : bajo

2.2.2. Análisis de la gallinaza

Este análisis se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH. Para ello se tomó una muestra representativa de la gallinaza en una cantidad de un kilogramo. Esta actividad se hizo con la finalidad de determinar la cantidad de elementos mayores (N-P-K) que contiene la gallinaza.

Tabla 2.3

Composición química de la gallinaza

Componentes analizados	U.M.	Cantidad
pH	H2O	6.3
N-total	%	1.9
P ₂ O ₅	%	1.2
K ₂ O	%	0.7
%CaO	%	14.7
%MgO	%	2.36
%SO ₄	%	0.87

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas “Nicolás Roulet” del Programa de investigación en pastos y ganadería de la UNSCH.

Para poder llevar a analizar la gallinaza se hizo previa maceración luego de ello se le llevó al laboratorio, Los bajos resultados de NPK en el análisis de la gallinaza posiblemente se deban alimentación de las aves.

2.2.3. Fuentes de fertilizantes químicos

- Urea agrícola 46 % de N
- Fosfato di amónico 18 – 46 % de N y P₂O₅
- Cloruro de potasio 60 % de K₂O

2.2.4. Microorganismos eficientes (E.M)

Esta labor de obtención de la solución madre de microorganismos se hizo en el Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de la UNSCH, la cual consistió en poner un envase con arroz sancochado, protegido con un pedazo de nylon, en una compostera, durante siete días calendarios. Después de este tiempo se extrajo el envase con el arroz y se observó que se había impregnado de microorganismos (puntos de colores), luego se licuó y se mezcló con un litro de melaza y tres litros de agua, para obtener a si la solución madre de ME-artesanal. Esta labor se hizo 2 semanas antes de ejecutar la investigación.

2.2.5. Equipos y herramientas utilizados

Herramientas

- Azadones
- Pico
- rastrillos
- Estacas de madera
- Cinta métrica
- Cuaderno de campo
- Sierra de madera

Equipos

- Mochila de fumigar
- Cámara fotográfica
- Computadora (Excel, Word, SAS, Power point)
- Balanza eléctrica
- Licuadora y GPS

2.3. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Los problemas específicos planteados, en el proyecto de tesis, la cual se ejecutó y resolvió fueron:

- ¿De qué manera la interacción de la aplicación de los niveles de gallinaza, niveles de fertilización y microorganismos eficientes influyen en la altura de planta, peso y longitud de panoja y el rendimiento de quinua en la Comunidad de Casaorcco, 3300 msnm – Ayacucho?
- ¿De qué manera los niveles de gallinaza, influyen en el rendimiento de quinua en la Comunidad de Casaorcco, 3300 msnm – Ayacucho?
- ¿De qué manera la fertilización con N-P-K influyen en el rendimiento de quinua en la Comunidad de Casaorcco 3300 msnm – Ayacucho?
- ¿De qué manera las dosis de microorganismos eficientes influyen en el rendimiento de quinua en la Comunidad de Casaorcco, 3300 msnm – Ayacucho?

2.3.1. Variables independientes

a. Nivel de gallinaza (GA)

- g1 0 t.ha⁻¹
- g2 1 t.ha⁻¹
- g3 2 t.ha⁻¹
- g4 3 t.ha⁻¹
- g5 4 t.ha⁻¹

b. Nivel de fertilización NPK (NF)

- f1 0-0-0 kg.ha⁻¹ NPK
- f2 42.5 - 29.75 - 12.75 kg.ha⁻¹ NPK (85 kg)
- f3 85 - 59.50 - 25.50 kg.ha⁻¹ NPK (170kg)
- f4 127.5 - 89.25 - 38.25 kg.ha⁻¹ NPK (255kg)
- f5 170 - 119 - 51 kg.ha⁻¹ NPK (340kg)

c. Nivel de microorganismos eficientes (EM)

- em10 1.ha⁻¹
- em212.5 1.ha⁻¹
- em325 1.ha⁻¹
- em437.5 1.ha⁻¹
- em550 1.ha⁻¹

Tabla 2.4*Codificación de los factores y sus respectivos niveles*

N°	Valor codific.	Niveles de abonamiento (Und/ha)		
	Xi	GA(t.ha ⁻¹)	NF(kg.ha ⁻¹)	EM* (l.ha ⁻¹)
1	-2	0.0	0.0	0.0
2	-1	1.0	85.0	12.5
3	0	2.0	170.0	25.0
4	1	3.0	255.0	37.5
5	2	4.0	340.0	50.0

2.3.2. Variables dependientes evaluados

Las variables dependientes evaluados en este trabajo de investigación, como resultados de la interacción de las variables independientes estudiados, fueron:

- Altura de planta (m)
- Longitud de panoja (cm)
- Peso de panoja (g)
- Peso de grano por panoja (g)
- Rendimiento grano de quinua (kg ha⁻¹)

2.3.3. Diseño experimental y análisis estadístico

El presente estudio de investigación se ejecutó como un experimento factorial, evaluándose dentro de un Diseño 03 de Julio (D3J); estudiándose tres factores: 5 niveles de gallinaza, 5 niveles de fertilización NPK y 5 dosis de EM como se indica en la tabla 2.5, con 3 repeticiones. El número de tratamientos ejecutados por repetición fue de 21 unidades experimentales, tal cual como lo plantea el Diseño elegido, $N^{\circ} \text{Tra} = 2^K + 4K + 1 = 21$. (Siendo K=número de factores en estudio). Se evaluó el rendimiento de grano de quinua y la interacción de los factores que se están utilizando para aumentar el rendimiento y la rentabilidad económica.

Modelo Aditivo Polinomial (Superficie de Respuesta)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_{11} X_{1i}^2 + \beta_{22} X_{2i}^2 + \beta_{33} X_{3i}^2 + \beta_{12} X_{1i} X_{2i} + \beta_{13} X_{1i} X_{3i} + \beta_{23} X_{2i} X_{3i} + \varepsilon_i$$

Resumen:

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ii} X_i^2 + \sum b_{ij} X_i X_j + e$$

La primera sumatoria nos representa los componentes lineales del modelo.

La segunda sumatoria representa los componentes cuadráticos del modelo.

La tercera sumatoria nos determina a los factores en intersección.

El último es el error o efecto aleatorio de la observación.

El Diseño 03 de Julio, permitió realizar dos tipos de análisis estadístico, primero para determinar el efecto de cada uno de los factores de estudio sobre el rendimiento del cultivo, el segundo el análisis de la regresión para determinar el modelo de la ecuación polinomial de segundo grado que explica el efecto de interacción de las variables en estudio sobre el rendimiento del cultivo y a la vez realizando las derivadas respectivas a la ecuación polinomial se determina niveles de factores que maximizan el rendimiento, también los niveles económicamente óptimos que se debe utilizar en la siembra.

2.3.4. Instalación de la tesis

a) Preparación del terreno experimental

La preparación del terreno se ejecutó el 30 de mayo 2019 con el uso de un tractor agrícola, esto con el objetivo de roturado con el arado de disco y la rastra para el mullido. Para el surcado no se utilizó la surcadora, ya que este proceso se hizo en forma manual incluido el canal de riego de las cabeceras de los bloques experimentales.

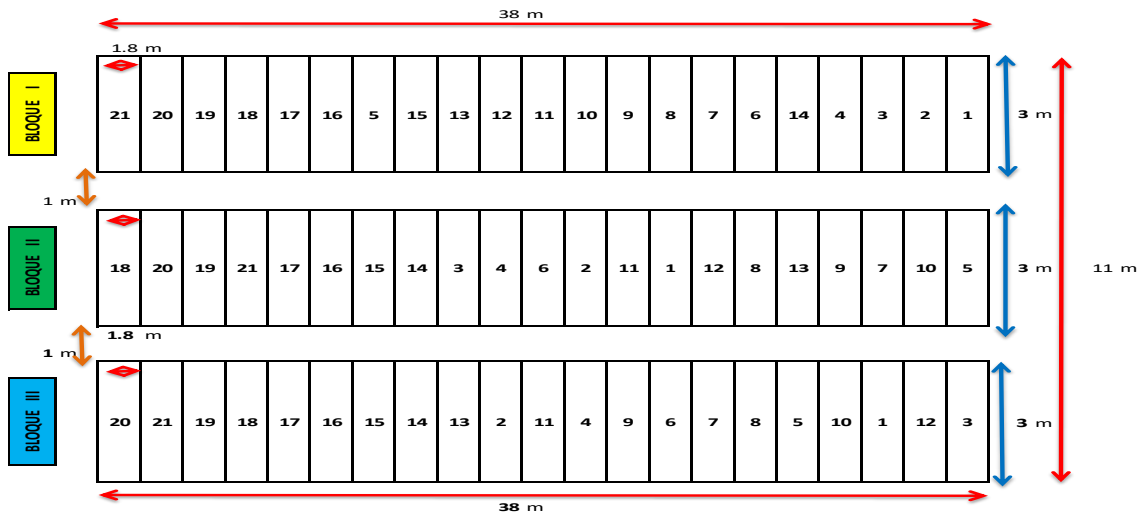
b) Trazo y replanteo (demarcación)

Al día siguiente se realizó el trazado y delimitado de los tres bloques, las 21 unidades experimentales (tratamientos) y el canal secundario para la conducción del agua de riego, luego se construyó los surcos distanciados a 0.6 m, donde existió 3 surco por unidad experimental de 3 m de largo y 1.8 de ancho.

- Distancia entre surcos	: 0.6 m
- Numero de surcos por tratamiento	: 3
- Número total de surcos por repetición	: 63
- Ancho de parcela	: 1.8 m
- Largo de parcela	: 3 m
- Área de parcela	: 5.4 m ²
- Área de repetición	: 113.4 m ²
- Área total de repeticiones	: 340 m ²
- Área Total del experimento	: 415.8 m ²

Figura 2.2

Croquis de las parcelas experimentales



c) Aplicación de la gallinaza, fertilización NPK y microorganismos eficientes

Esta actividad se ejecutó el tercer día, Ya teniendo los bloques y las unidades experimentales delimitadas, marcadas y surcadas, antes de la aplicación del abonamiento orgánico (gallinaza y EM) e inorgánico (niveles de fertilización) se realizó la distribución e identificación en forma aleatoria de los 21 tratamientos en los tres bloques, luego con la hoja de cálculo impreso y el croquis, respecto a las cantidades que debe aplicarse a cada tratamiento de los tres factores de estudio se procedió a realizar el pesado de la gallinaza en bolsas plásticas identificando con plumón al tratamiento que lo corresponda. Lo mismo ocurrió con el fertilizante ya combinado de urea, fosfato diatómico y cloruro de potasio, está teniendo en cuenta los niveles de abonamiento y su proporción plateada y calculadas de N, P₂O₅ y K₂O, y por último el EM-activado, con ayuda de una jeringa de 10 ml fue aplicada a un envase con agua de una capacidad de 2 l para distribuir homogéneamente a la unidad de tratamiento.

El proceso de aplicación fue de la siguiente manera, en los surcos, con el azadón se realizó una pequeña excavación longitudinal en los surcos (al fondo del surco), en ella se depositaron a chorro continuo la gallinaza, una vez culminado se le roció el EM encima de la gallinaza en los surcos e inmediatamente se cubrió con una capa de tierra del surco, ya encima de ello se colocó a chorro continuo la mezcla de fertilizante NPK, que también fue cubierto por otra capa de tierra.

De esa manera ya se tuvo las unidades experimentales con sus respectivas cantidades los factores de estudio, esperando la siembra de la semilla.

Tabla 2.5

Niveles codificados y decodificado de cada tratamiento

TRATAM.	NIVELES CODIFICADOS DE LOS TRATAMIENTOS			NIVELES DECODIFICADOS CANTIDAD/ha			NIVELES DECODIFICADOS DE LOS TRATAMIENTOS		
	X1 (GA)	X2 (NF)	X3 (EM)	GA (t/ha)	NF (kg/ha)	EM (L/ha)	GA (Kg/Tra)	NF* (g/Tra)	EM (ml/Tra)
1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	2.16	0.00	0.00
3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	0.00	183.60	0.00
4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	2.16	183.60	0.00
5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	0.00	0.00	27.00
6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	2.16	0.00	27.00
7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	0.00	183.60	27.00
8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	2.16	183.60	27.00
9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	0.00	91.80	13.50
10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	0.54	91.80	13.50
11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	1.62	91.80	13.50
12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	2.16	91.80	13.50
13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	1.08	0.00	13.50
14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	1.08	45.90	13.50
15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	1.08	137.70	13.50
16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	1.08	183.60	13.50
17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	1.08	91.80	0.00
18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	1.08	91.80	6.75
19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	1.08	91.80	20.25
20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	1.08	91.80	27.00
21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	1.08	91.80	13.50
AREA DE UN TRATAMIENTO (Tra) EN m2 =			5.40 m2	SUB-TOTAL			22.68	1927.80	283.50

Tabla 2.6

Cantidad de fertilizantes comercial aplicados por tratamiento

TRATAM.	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O NF (gr/Tra)	NIVEL DE ABONAMIENTO (g)			N	N.	P ₂ O ₅	K ₂ O	FERTL. COMPUESTO (MEZCLA DE UREA+FDA+CLK) (g)
		N	P2O5	K2O	0.46 UREA (g)	0.18 FDA (g)	0.46	0.6 CLK(g)	
1	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00
2	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00
3	183.60	91.8	64.26	27.54	144.90	25.15	139.70	45.9	330.50
4	183.60	91.8	64.26	27.54	144.90	25.15	139.70	45.9	330.50
5	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00
6	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00
7	183.60	91.8	64.26	27.54	144.90	25.15	139.70	45.9	330.50
8	183.60	91.8	64.26	27.54	144.90	25.15	139.70	45.9	330.50
9	91.80	45.9	32.13	13.77	72.45	12.57	69.85	22.95	165.25
10	91.80	45.9	32.13	13.77	72.45	12.57	69.85	22.95	165.25
11	91.80	45.9	32.13	13.77	72.45	12.57	69.85	22.95	165.25
12	91.80	45.9	32.13	13.77	72.45	12.57	69.85	22.95	165.25
13	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00
14	45.90	22.95	16.065	6.885	36.23	6.29	34.92	11.475	82.62
15	137.70	68.85	48.195	20.655	108.68	18.86	104.77	34.425	247.87
16	183.60	91.8	64.26	27.54	144.90	25.15	139.70	45.9	330.50
17	91.80	45.9	32.13	13.77	72.45	12.57	69.85	22.95	165.25
18	91.80	45.9	32.13	13.77	72.45	12.57	69.85	22.95	165.25
19	91.80	45.9	32.13	13.77	72.45	12.57	69.85	22.95	165.25
20	91.80	45.9	32.13	13.77	72.45	12.57	69.85	22.95	165.25
21	91.80	45.9	32.13	13.77	72.45	12.57	69.85	22.95	165.25
TOTAL	1927.80	963.9	674.73	289.17	1521.47 g		1466.80 g	481.95 g	3470.22 g

d) Siembra

Antes de la siembra se realizó dos verificaciones; el primero fue el análisis de germinación y pureza de la semilla; obteniéndose un 90% en la germinación, respecto a la pureza se calculó de en base a 100 semillas de quinua en la cual se encontraron entre piedras y semillas negras, determinando así un 95% de pureza. y el segundo fue el cálculo

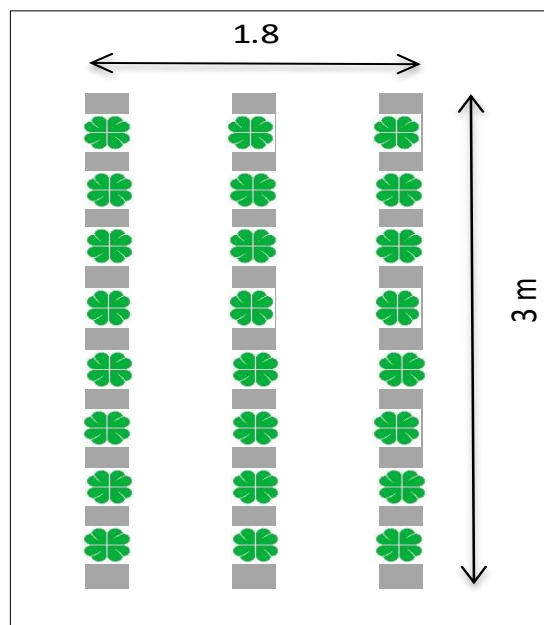
del valor de uso, esto con el objetivo de realizar el cálculo de la densidad de siembra y con ello determinar las cantidades utilizadas en cada bloque y unidad experimental.

La semilla se desinfecto con Vitavax-300, con ingrediente activo carboxin (sistémico) y captan (contacto), para evitar la chupadera fungosa, que un hongo que pertenece a los géneros de fusarium, Rhizoctonia, Phytium y Sclerotium, en plántulas.

La siembra se realizó después de la aplicación de las variables independientes en las unidades experimentales de los tres bloques, realizándose a si la siembra en horas de la tarde, y este proceso se ejecutó en surcos de forma costillar a chorro continuo a una profundidad aproximada de 2 cm, para lo cual se utilizó una densidad de siembra calculada de 17.5 kg ha⁻¹ de semilla.

Figura 2.3

Croquis de la unidad experimental y cantidad de semilla de quinua



2.3.5. Conducción del experimento

a) Riegos

Los numero de riegos total que se realizaron durante el periodo vegetativo del cultivo fue de veinte cuatro veces; el primer riego se realizó inmediatamente al día siguiente de la siembra. La primera, segunda, tercera y cuarta semana se regaron 2 veces por semana, los riegos posteriores se aplicaron en forma semanal. Cuando la planta entró

en la etapa de panojamiento (10 de agosto) se regó 2 veces por semana y también al inicio de la floración (27 de agosto). Todos los riegos fueron por gravedad y pesados; el ultimo riego fue dos días antes de la cosecha.

b) Control de maleza

Esta actividad se realizó con la finalidad de evitar la competencia de las malezas con el cultivo, el control se efectuó manualmente. El control de las arvenses se realizó en dos oportunidades durante la conducción del cultivo; esta labor se realizó a los 30 días y 60 días después de la siembra (03 y 30 de julio).

c) Raleo

El raleo se realizó a los 30 días después de la siembra (03 de junio), cuando las plantas tenían 15 cm de altura aproximadamente, en forma manual, dejando 16 plantas por metro lineal, en forma paralela se hizo el deshiero de la maleza.

d) Aporque

Esta labor cultural se realizó a los 64 días después de la siembra (inicio de panojamiento), (30 de julio) se realizó aporques altos para contrarrestar los efectos negativos de excesivo ventarrón en el mes de agosto.

e) Control fitosanitario

Se realizó el control de *Aurearistus sp* con el insecticida Regent R200 (fipronil) los 12 días después de la siembra. Se acompañó a la aplicación del producto un fungicida (Fitoklin WP – Metalaxyl) y un coadyuvante (Kinetic).

La enfermedad que estuvo presente en casi todo el periodo vegetativo del cultivo fue el mildiu (*Peronospora farinosa*). Pero por debajo del umbral económico. Para el control se utilizó dos tipos de fungicidas: Mancozeb + Metalaxil - (Ridomil), aplicado el 20 de julio (solo una vez), Metalaxyl (Fitoklin WP), aplicado el 15 de agosto (1 vez), con su respectivo coadyuvante.

f) Cosecha

La cosecha se realizó el 25 de noviembre de acuerdo a la programación prevista de ejecución, es decir cuando el cultivo alcanzó su madurez de cosecha, la cual se

reconoció porque la planta, en su mayoría comienza a secarse, las hojas casi terminan de caerse y los granos alcanzan una humedad de 20%. Las plantas(muestras) segadas se transporto a la ciudad de Huamanga en costales de polietileno debidamente identificados por unidad experimental y bloque para realizar manualmente el secado trillado y venteado de grano.

2.3.6. Variables dependientes evaluadas

Las evaluaciones de los parámetros de productividad se realizaron en la madurez fisiológica del cultivo, y para ello se identificaron 6 plantas en forma aleatoria por unidad experimental, con el objetivo de que estas mismas plantas seleccionadas sean evaluadas en todas las variables cuantitativas del trabajo.

a) Altura de planta la madurez fisiológica (m)

Se tomó la medida de 6 plantas, entre el cuello de la raíz y la base de la panoja principal.

b) Longitud de la panoja(cm)

Se tomó la medida (en la madurez fisiológica) de 6 plantas, entre la base de la panoja y el extremo distal de la misma.

c) Peso de panoja(g)

Las panojas marcadas se cosecharon por separado, es decir se agruparon por cada unidad experimental, las mismas que sirvieron para determinar el peso de la panoja (en la madurez de cosecha).

d) Peso de grano/panoja (g).

Luego de la “trilla” manual de las panojas cosechadas por separado se registró el peso de grano por panoja de 06 plantas de quinua por cada unidad de tratamiento y bloque de repetición.

e) Rendimiento (kg/ha)

Se registró el peso del grano trillado, esta medida se expresará en kg/ha. El rendimiento se determinó cosechando las panojas de toda el área de la unidad

experimental, luego se sumó el peso obtenido de las seis que se utilizó para determinar el peso de grano por panoja.

2.3.7. Rentabilidad económica

Se determinó en forma indirecta, agrupando los costos directos y los gastos indirectos que viene a ser el costo total del cultivo expresado en Soles. Para determinar el costo total del cultivo se tomó en cuenta los costos y gastos realizados y a partir de ello se hicieron los cálculos de mérito económico, que resulta de la diferencia del valor de producción (VBP) y el costo total del cultivo (CTC) del cual se obtiene la utilidad neta estimada (UNE).

$$UNE = \frac{VP}{CTC} \times 100$$

Para el cálculo de índice de rentabilidad de cada tratamiento se determinó con la siguiente fórmula:

$$IR = \frac{MU \times 100}{CPK}$$

Dónde:

MU = Margen de utilidad por kilogramo.

CPK = Costo de producción por kilogramo.

IR = Índice de rentabilidad %

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ALTURA DE PLANTA (m)

En la tabla 3.1 de ANVA, muestra que entre bloques existe una diferencia estadística significativa, pero en lo que respecta entre los tratamientos se observa que es altamente significativa, lo que indica que los tratamientos tuvieron una influencia sobre la altura de planta.

Tabla 3.1

Análisis de variancia para la altura de la planta

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	0.006955	0.003477	5.69	<0.0067*
Tratamiento	20	1.065108	0.053255	87.15	<0.0001**
Error	40	0.024444	0.000611		
Total	62	1.096508			
C.V.=1.53%	R²=0.91				

En la tabla 3.2 prueba de Duncan, se muestra que todos los tratamientos superan al testigo; siendo el valor más alto el tratamiento T16 (2 t ha⁻¹ de gallinaza, 340 kg de NPK sintético y 25 l ha⁻¹ de E.M.) con una altura de 1.91 m; mientras que la altura más baja se obtuvo con el tratamiento T01 (Testigo: sin gallinaza, 00-00-00 de NPK sintético y 0.0 l ha⁻¹), con una altura de 1.26 m. Para determinar la importancia de cada uno de estos tratamientos se realizó la prueba de Duncan (tabla 3.2) demostrando que la altura de planta más alto corresponde al tratamiento T16 (2 t ha⁻¹ de gallinaza, 340 kg de NPK sintético y 25 l ha⁻¹ de E.M.) con 1.91 m la cual tienen una diferencia estadística y significativa respecto a los otros tratamientos. Los tratamientos sin diferencia estadística son los tratamientos que se muestran en la tabla 3.2.

Observándose que en los tratamientos abonados solo con gallinaza y microorganismos eficientes la altura de planta alcanzada valores mínimos respecto a los demás tratamientos; probablemente se debe a la lenta disponibilidad de nutrientes para la planta.

El tratamiento T01 (Testigo: sin gallinaza, sin NPK sintético y sin EM), es el tratamiento con menor altura de planta, con diferencia altamente significativa respecto a los demás tratamientos.

De La Cruz (2003) menciona que, “en Manallasacc a 3640 msnm con fertilización NPK en cuatro variedades de quinua reporto que la variedad Blanca de Junín, alcanzó la mayor altura 76.50 cm con la fórmula de abonamiento de 150- 90-60 NPK”.

Herreros L. (2018) describe que,

en el distrito de Majes Arequipa se realizó la evaluación de la respuesta de la fertilización nitrogenada y fosfórica del cultivo de quinua de la variedad Salcedo INIA, en la cual se encontró que la mayor altura de la planta de quinua se obtuvo a los 90 dds correspondiente al T8 (360-180-100 kg ha⁻¹ de N P K) con 189,03 cm. Concluyendo que existe influencia directa en la altura de la planta la aplicación de los fertilizantes.

Tabla 3.2*Prueba de Duncan (0.05) para altura de planta de quinua*

Trat.	Código			Niveles reales			Altura m	Significación de Duncan
	X1	X2	X3	GA (t.ha ⁻¹)	NF (kg.ha ⁻¹)	EM (l.ha ⁻¹)		
T-16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	1.91	a
T-15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	1.77	b
T-7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	1.73	b
T-8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	1.67	c
T-11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	1.67	c
T-10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	1.66	c
T-3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	1.64	cd
T-18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	1.64	cd
T-12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	1.64	cd
T-4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	1.64	cd
T-17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	1.63	cd
T-20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	1.63	cd
T-21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	1.62	cd
T-9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	1.62	cd
T-19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	1.61	d
T-14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	1.60	d
T-2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	1.52	e
T-6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	1.51	e
T-13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	1.51	e
T-5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	1.37	f
T-1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	1.26	g

Tapia (1979), menciona que,

la variedad Blanca de Junín alcanza una altura de 1.60 a 2.00 m. La altura de planta con los tratamientos estudiados. Varía de 83.5 hasta 135.9 cm, la altura máxima alcanzada es superior a De la Cruz y Fernández, pero menor a lo afirmado por Tapia; esta observación es corroborado por Mujica (1993), quien afirma que las quinuas en las condiciones de valle interandinos son de gran tamaño. Incremento de las dosis de abonamiento el tamaño de la planta muestra respuesta, debido a que cuando existe mayor disponibilidad de nutrientes para la planta este se absorbe bien permitiendo el desarrollo acelerado de tejidos, sobre todo en la división mitótica; de este modo las plantas muestran mayor talla. Es así que a medida que las dosis se incrementan, también se observa mayor respuesta del cultivo mostrando una performance de mayor altura.

Chavez (2018), en el distrito de Huari Ancash a 3100 msnm, se realizó la evaluación de la respuesta de la dosis de nitrogenada, fosfórica y potasio, en el cultivo de quinua de la variedad INIA 415 Pasankalla, se encontró una altura máxima 1.73 m de planta que corresponde a la dosis de 160, 100 y 160 kg ha⁻¹ de N P K.

El análisis de regresión (tabla 3.3 y 3.4) para estimar la influencia del abonamiento con gallinaza (X1), NPK sintético (X2) y EM (X3), en la altura de planta en el cultivo de quinua, se muestra alta significación estadística para el componente lineal del primero y el segundo factor y significación estadística para el tercer factor. para el componente cuadrático se observa que el primer factor y el tercer factor son altamente significativos y el segundo factor es solo significativo, respecto a la interacción de los factores no existe ningún resultado al combinar el factor dos con el factor tres, en cambio la interacción del factor uno y dos muestra alta significación estadística, es decir su acción contribuye con la altura de la planta de quinua.

Tabla 3.3

Análisis de regresión de la altura de la planta de quinua

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Modelo	9	0.994231	0.110470	57.25	< 0.0001 **
X1	1	0.036686	0.036686	19.01	< 0.0001**
X2	1	0.652896	0.652896	338.33	< 0.0001**
X3	1	0.010679	0.010679	5.53	0.0224*
X1^2	1	0.036381	0.036381	18.85	< 0.0001**
X2^2	1	0.001440	0.001440	0.75	0.3916 NS
X3^2	1	0.049249	0.049249	25.52	< 0.0001**
X1X2	1	0.084016	0.084016	43.54	< 0.0001 **
X1X3	1	0.012150	0.012150	6.30	0.0152*
X2X3	1	0.000266	0.000266	0.14	0.7116 NS
Error	53	0.102276	0.001929		
Total	62	1.096507			

C.V.=2.72%

Tabla 3.4

Coefficiente de regresión polinomial para la altura de la planta de quinua

F.V.	Valor estimado	T para H ₀ parámetro	Error estándar del valor estimado	Pr>T
Intercepto	1.677582	0.008782	191.02	< 0.0001**
X1	0.017063	0.003913	4.36	< 0.0001**
X2	0.071984	0.003913	19.39	< 0.0001**
X3	0.009206	0.003913	2.35	0.0224*
X1^2	-0.016190	0.003728	-4.34	< 0.0001**
X2^2	0.003221	0.003728	0.86	0.3919 NS
X3^2	-0.018837	0.003728	-5.05	< 0.0001**
X1X2	-0.014791	0.002241	-6.60	< 0.0001**
X1X3	-0.005625	0.002241	-2.51	0.0152*
X2X3	0.000833	0.002241	0.37	0.7116 NS

Considerando el modelo polinomial general (superficie de respuesta), en el que presenta mejor efecto a la altura de la planta de quinua es la interacción de a los factores de la gallinaza y nivel de abonamiento:

$$f(x) = Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + e$$

$$Y = 1.67 + 0.017X_1 + 0.071X_2 + 0.009X_3 - 0.016X_1^2 + 0.003X_2^2 - 0.018X_3^2 - 0.014X_1X_2 - 0.0056X_1X_3 + 0.0008X_2X_3 + e$$

La figura de superficie de respuesta sería el siguiente:

Figura 3.1

Superficie de respuesta para la altura de planta de quinua (N. fertilización-gallinaza)

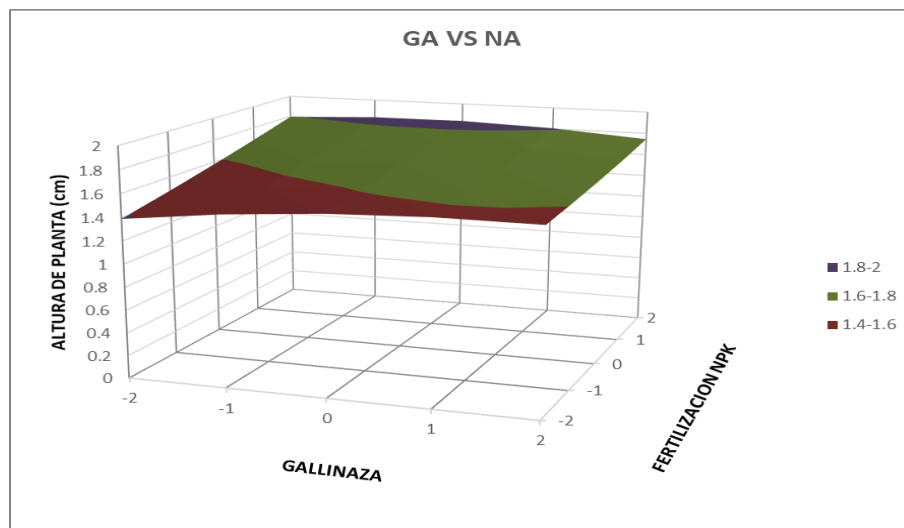
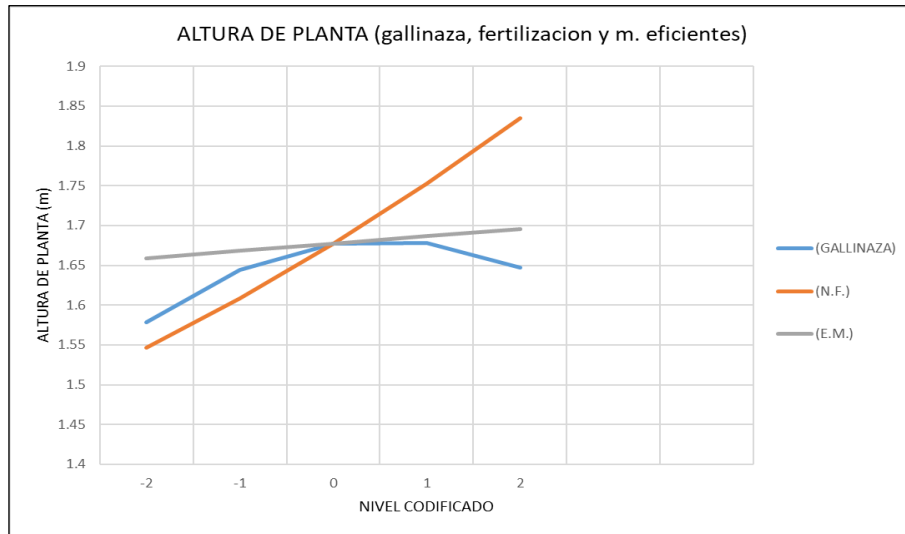


Figura 3.2

Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en la altura de la planta



Observando la figura 3.1 se determina que la pendiente de la superficie hacia el eje del factor X2; (NPK sintético) esté más inclinada. Este resultado es corroborado por Meza (2010), en Canaán realizando el abonamiento orgánico y sintético en tres cultivares de quinua determino que el abonamiento sintético con un nivel de 120-120-60 NPK, resulto tener mayor efecto que los orgánicos en la altura de planta con un promedio de 112.67 cm. Por tanto, de la superficie de la respuesta se concluye que el abonamiento de NPK sintético es el factor que más influye en la altura de planta del cultivo de quinua sembrada en la comunidad de Casaorcco.

En la figura 3.2 se observa que la pendiente de la curva que corresponde al factor X2 de NPK sintético, es bien pronunciada, es decir este factor influye directamente en la altura de la planta. Y comparado la pendiente del factor X1: Abonamiento con gallinaza; X3: microorganismos eficientes, la aplicación de la gallinaza al cultivo tiene una ligera pendiente, demostrando que también influye en un menor grado, en cambio la aplicación de EM, no tiene efecto significativo en la altura de la planta.

3.2. LONGITUD DE PANOJA (cm)

En el anexo 1, gráfico 02, se presenta en barra, los resultados de la longitud de panoja (cm) respecto a los tratamientos aplicados, El tratamiento T16 (2000 kg ha⁻¹ de gallinaza, 340 kg ha⁻¹. NPK sintético y 25 l ha⁻¹) presenta el valor más alto, con una longitud de 55.88 cm, seguido por el tratamiento T15 y T7 con una longitud de 52.63 cm

y 20.39 cm respectivamente; y como en las anteriores variables la menor longitud se obtuvo con el tratamiento T01 (Testigo), con una longitud de 23.08 cm.

En la tabla 3.5 de ANVA, se muestra que entre los bloques y los tratamientos existe una diferencia altamente significativa, lo que indica que los tratamientos aplicados tuvieron una influencia sobre la altura de planta.

Tabla 3.5

Análisis de variancia de longitud de panoja de quinua

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	43.474486	21.737243	14.58	<0.0001**
Tratamiento	20	5620.311276	281.015564	188.43	<0.0001**
Error	40	59.654581	1.491365		
Total	62	5723.440343			
C.V.=3.58%	R²=0.88				

En la tabla 3.6 prueba de Duncan, se muestra que todos los tratamientos superan al testigo; siendo el valor más alto el tratamiento T16 (2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 340 kg de NPK sintético y 25 l.ha⁻¹ de E.M.) con una longitud de 55.88 cm; mientras que la altura más baja se obtuvo con el tratamiento T01 (Testigo: sin gallinaza, 00-00-00 de NPK sintético y 0.0 l.ha⁻¹), con una altura de 23.08 cm. De acuerdo a los resultados del grado de significación de Duncan, todos los tratamientos tienen variación significativa, algunos son similares.

Tabla 3.6*Prueba de Duncan (0.05) de longitud de panoja (cm) de quinua*

Trat.	Código			Niveles reales			Long. cm	significación de Duncan
	X1	X2	X3	GA (t.ha ⁻¹)	NF (kg.ha ⁻¹)	EM (l.ha ⁻¹)		
T-16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	55.88	a
T-15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	52.63	b
T-7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	50.39	c
T-11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	45.28	d
T-8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	40.09	e
T-10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	37.40	f
T-3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	35.24	g
T-12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	33.42	gh
T-18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	33.27	gh
T-4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	32.26	hi
T-17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	31.65	hi
T-20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	30.44	ij
T-9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	29.70	jk
T-21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	29.55	jk
T-19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	28.19	kl
T-14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	26.31	lm
T-6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	25.74	mn
T-2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	25.67	mn
T-13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	24.64	no
T-5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	23.80	no
T-1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	23.08	o

De La Cruz (2003) menciona que,

en Manallasacc a 3640 msnm, reportó que la variedad Blanca de Junín, alcanzó una longitud de panoja 17.33 cm con la fórmula de abonamiento de 150-90-00 NPK. Así mismo Oriundo (2010) en Canaán a 2750 msnm, reportó que la variedad Blanca de Junín, alcanzó longitud de panoja de 70.10 cm con 2.5 t ha⁻¹ de guano de isla incubado en microorganismos por 20 días.

Herreros (2018), en su trabajo de investigación en el distrito de Majes Arequipa realizó la evaluación de la respuesta de la fertilización nitrogenada y fosfórica del cultivo de quinua de la variedad Salcedo INIA, en la cual se encontró que la mayor longitud de panoja de quinua se obtuvo con el T5 (270-90-100 kg ha⁻¹ de N P K) con 62.03 cm.

Tabla 3.7*Análisis de regresión para longitud de panoja de quinua*

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Modelo	9	4095.847109	455.094123	14.82	< 0.0001 **
X1	1	0.354146	0.354146	0.01	0.9149 NS
X2	1	3095.339207	3095.339207	100.79	< 0.0001**
X3	1	114.438146	114.438146	3.73	0.0589*
X1^2	1	74.245584	74.245584	2.42	0.1259 NS
X2^2	1	201.640569	201.640569	6.57	0.0133*
X3^2	1	302.807229	302.807229	9.86	< 0.0028*
X1X2	1	118.993067	118.993067	3.87	0.0543*
X1X3	1	23.880150	23.880150	0.78	0.3819 NS
X2X3	1	184.704017	184.704017	6.01	0.0175*
Error	53	1627.593234	30.709306		
Total	62	5723.440343			

C.V.=16.28%

Al realizar el análisis de regresión para estimar la influencia de abonamiento con gallinaza, la fertilización química y aplicación de microorganismos eficientes, en la longitud de panoja, no se encontró significación estadística para los componentes lineales y cuadráticos del factor X1, tampoco en la interacción del factor X1 con el factor X3.

Pero sí se observa que existe una diferencia altamente significativa en el componente lineal del factor X2, y una diferencia significativa en el componente cuadrático de este mismo factor.

Tabla 3.8*Coefficiente de regresión para longitud de panoja de quinua*

F.V.	Valor estimado	T para H₀ parámetro	Error estándar del valor estimado	Pr>T
Intercepto	36.037257	1.107895	32.53	< 0.0001 **
X1	-0.053015	0.493684	-0.11	0.9149 NS
X2	4.956428	0.493684	10.04	< 0.0001**
X3	0.953015	0.493684	1.93	0.0589*
X1^2	-0.731410	0.470392	-1.55	0.1259 NS
X2^2	1.205354	0.470392	2.56	0.0133*
X3^2	-1.477096	0.470392	-3.14	0.0028*
X1X2	-0.556666	0.282793	-1.97	0.0543*
X1X3	-0.249375	0.282793	-0.88	0.3819 NS
X2X3	0.693541	0.282793	2.45	0.0175*

Considerando el modelo polinomial general se muestra la superficie de respuesta, en el que se observa que el mejor efecto a la longitud de la panoja de quinua es la interacción de a los factores de la gallinaza y nivel de abonamiento:

$$f(x) = Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + e$$

$$Y = 36.03 - 0.053X_1 + 4.956X_2 + 0.953X_3 - 0.731X_1^2 + 1.205X_2^2 - 1.477X_3^2 - 0.556X_1X_2 - 0.249X_1X_3 + 0.693X_2X_3 + e$$

La figura de superficie de respuesta sería el siguiente:

Figura 3.3

Superficie de respuesta para la longitud de panoja de quinua

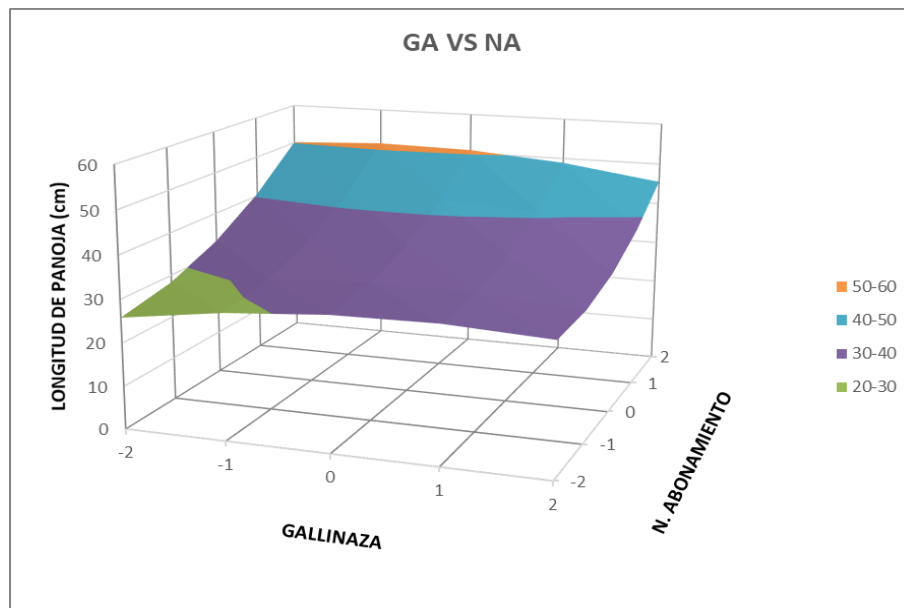
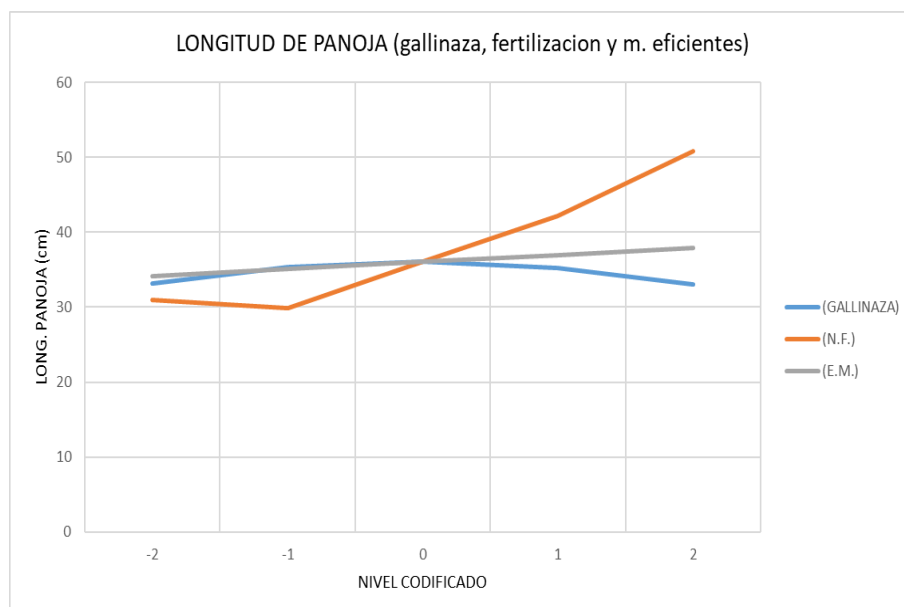


Figura 3.4

Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en la longitud de panoja de quinua



3.3. PESO DE PANOJA

En el gráfico 03 del anexo 1, se presenta los resultados del peso de panoja, que varían desde 56.84 g. que corresponde al tratamiento T01 (Testigo: sin gallinaza, 00-00-00 NPK sintético y 0 microorganismos eficientes) hasta 327.86 g. en el tratamiento T16 (2000 kg ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 NPK sintético y 25 l ha⁻¹). En tabla 3.9 de ANVA muestra que existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos y bloques, lo que indica que si hubo influencia de los factores aplicados en el peso de panoja de quinua.

Tabla 3.9

Análisis de variancia para peso de panoja de quinua

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	1668.2517	834.125800	32.93	<0.0001**
Tratamiento	20	344134.2863	17206.714300	679.27	<0.0001**
Error	40	1013.2513	25.3313		
Total	62	346815.7893			
C.V.=3.58%		R²=0.91			

Para determinar la importancia de cada uno de estos tratamientos se realizó la prueba de Duncan (tabla 3.10) demostrando que el máximo peso de panoja de quinua, corresponden al tratamiento T16 (2000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-41 NPK sintético y 25 l.ha⁻¹) con 327.86 g. en cambio, los tratamientos que no tienen diferencia entre ellos, de acuerdo a una forma descendiente, sería T7 y T15, T11 y T8, T4 - T3 - T12 - T18 y T17 - T20 - T21, los demás tratamientos si tienen parecido en su resultado.

Observándose que, en los tratamientos abonados con gallinaza, 00-00-00 NPK sintético y aplicación de EM, el peso de panoja alcanzado es de menor peso respecto a los demás tratamientos que cuentan NPK; probablemente se debe a la lenta disponibilidad de nutrientes para la planta como resultado del abonamiento con guano de isla.

El tratamiento T01 (Testigo: sin abonamiento de gallinaza, 00-00- 00 de NPK sintético y 00 microorganismo eficientes), es el tratamiento con menor peso de panoja, con diferencia altamente significativa aspecto a los demás tratamientos.

Tabla 3.10*Prueba de Duncan (0.05) para peso de panoja de quinua*

Trat.	Código			Niveles reales			Peso. g.	Significación de Duncan
	X1	X2	X3	GA (t.ha ⁻¹)	NF (kg.ha ⁻¹)	EM (l.ha ⁻¹)		
T-16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	327.86	a
T-7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	288.96	b
T-15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	288.57	b
T-11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	273.65	c
T-8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	269.11	c
T-10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	257.23	d
T-4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	227.55	e
T-3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	227.51	e
T-12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	222.58	e
T-18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	220.06	e
T-17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	207.57	f
T-20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	201.04	f
T-21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	200.01	f
T-19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	191.50	g
T-9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	189.52	g
T-14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	180.46	h
T-2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	114.56	i
T-6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	99.50	j
T-13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	87.06	k
T-5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	75.78	l
T-1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	56.84	m

El análisis de regresión (tabla 3.11) para estimar la influencia del abonamiento con gallinaza (X1), NPK sintético (X2) y microorganismos eficientes, en el peso de panoja de quinua, en la cual se muestra una alta significación estadística para el componente lineal del segundo factor, y una significación estadística en el primer factor y respecto al factor tercero no existe una diferencia significativa. Para el componente cuadrático solo el tercer factor presenta una significación estadística; respecto a la interacción de entre factores, se observa en este análisis de regresión que solo la mezcla de gallinaza (X1) con el nivel de fertilización (X2) contribuiría en el peso de la panoja de quinua.

Tabla 3.11*Análisis de regresión del peso de panoja de quinua*

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Modelo	9	318373.9734	35374.8859	65.92	< 0.0001 **
X1	1	3025.1620	3025.1620	5.64	0.0212*
X2	1	264028.8270	264028.8270	492.01	< 0.0001**
X3	1	2116.8302	2116.8302	3.94	0.0522 NS
X1^2	1	1564.5589	1564.5589	2.92	0.0936 NS
X2^2	1	3258.4079	3258.4079	6.07	0.0170 NS
X3^2	1	7351.7097	7351.7097	13.70	0.0005**
X1X2	1	3845.8548	3845.8548	7.17	0.0099*
X1X3	1	1089.0495	1089.0495	2.03	0.1601 NS
X2X3	1	3685.0338	3685.0338	6.87	0.0114*
Error	53	28441.8159	536.6380		
Total	62	346815.7893			

C.V.=11.56 %

En el coeficiente de regresión polinomial (tabla 3.12) para estimar, se determinó los coeficientes polinomiales, para graficar la superficie de respuesta y la respuesta grafica de su aplicación de estos tres factores. Según la figura 3.5 es la que mejor resultado se obtuvo alcanzando un mayor peso de panoja de quinua.

Tabla 3.12*Coefficiente de regresión polinomial para el peso de panoja de quinua*

F.V.	Valor Estimado	T para H0 Parámetro	Error Estándar Del Valor Estimado	Pr>T
Intercepto	231.293081	4.631317	49.94	< 0.0001**
X1	4.899921	2.063742	2.37	0.0212 NS
X2	45.776269	2.063742	22.18	< 0.0001**
X3	4.098809	2.063742	1.99	0.0522 NS
X1^2	-3.357544	1.966376	-1.71	0.0936 NS
X2^2	-4.845387	1.966376	-2.46	0.0170*
X3^2	-7.278132	1.966376	-3.70	0.0005**
X1X2	-3.164687	1.182157	-2.68	0.0099*
X1X3	-1.684062	1.182157	-1.42	0.1601 NS
X2X3	3.097813	1.182157	2.62	0.0114 *

Considerando el modelo polinomial general (superficie de respuesta), en el que presenta mejor efecto al rendimiento del grano de quinua es la interacción de a los factores de la gallinaza y nivel de abonamiento:

$$f(x) = Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + e$$

$$Y = 231.29 + 4.899X_1 + 45.776X_2 + 4.098X_3 - 3.357X_1^2 - 4.845X_2^2 - 7.278X_3^2 - 3.164X_1X_2 - 1.684X_1X_3 + 3.097X_2X_3 + e$$

La figura de superficie de respuesta sería el siguiente:

Figura 3.5

Superficie de respuesta para el peso de panoja de quinua

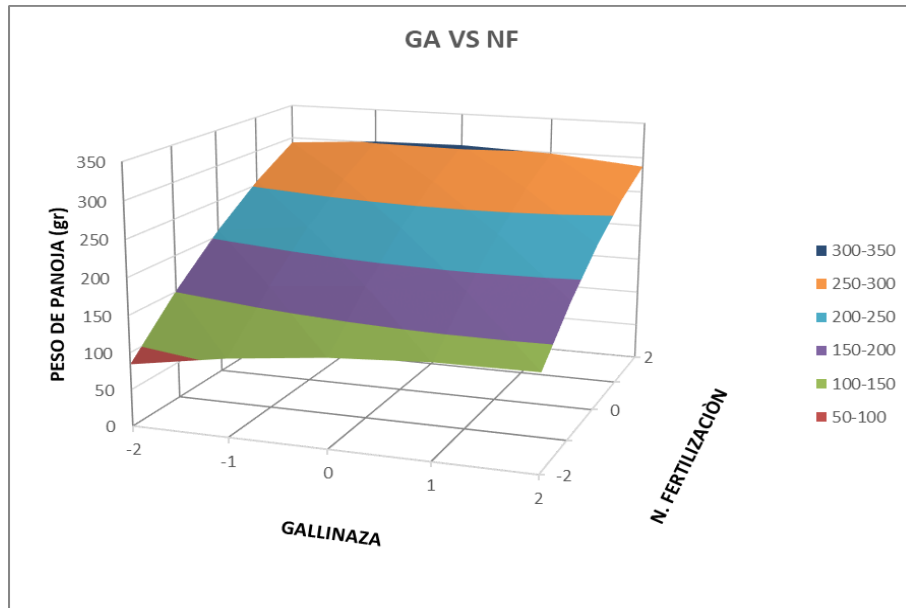
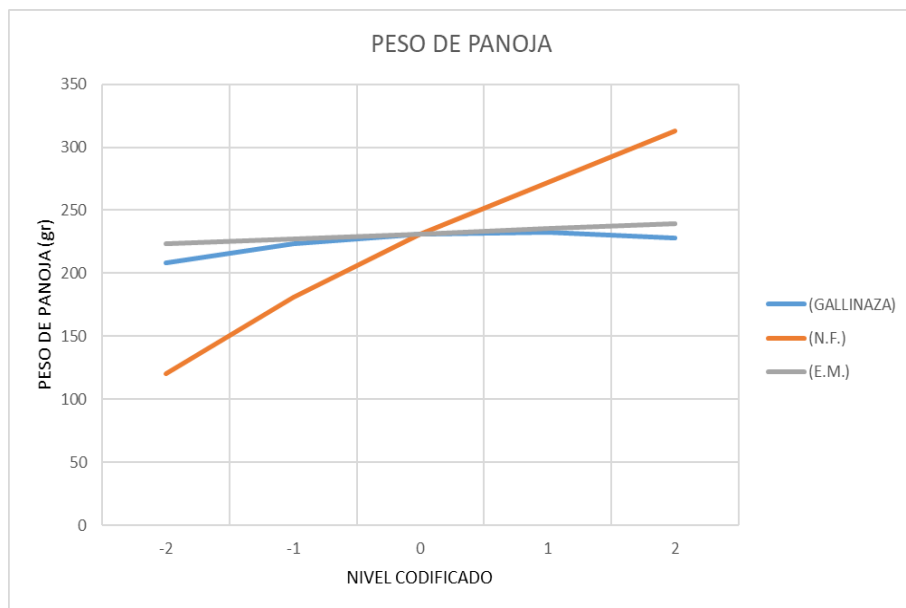


Figura 3.6

Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en el peso de panoja de quinua



En el Figura 3.6 es ligeramente mayor la pendiente de la curva que corresponde al factor X2 de NPK sintético, comparado con la pendiente del factor X1: Abonamiento con gallinaza y el factor X3 microorganismos eficientes; esto indica que el abonamiento de NPK sintético es el factor que más influye en el peso de panoja del cultivo.

Una inspección visual de la figura 3.5, permite llegar a la misma conclusión, debido a que la pendiente de la superficie hacia el eje de factor X; (NPK sintético) esté mes inclinada. Este resultado es corroborado por Meza (2010), en Canaán realizando el abonamiento orgánico y sintético en tres cultivares de quinua determino que el abonamiento sintético con un nivel de 120-120-60 NPK, resulto tener mayor efecto que los orgánicos en el peso de panoja con un promedio de 112.67 g.

3.4. PESO DE GRANO POR PANOJA

En la gráfica 04 del anexo 1, se presenta los resultados del peso de grano extraído de las panojas evaluadas en peso, que varían desde 3.95 g, la cual corresponde al tratamiento T01 (Testigo: 0 t.ha⁻¹ gallinaza,00-00-00 NPK sintético, y 0 l.ha⁻¹) hasta 14.34 g. en el tratamiento T16 (2000 kg.ha⁻¹ gallinaza, 170-119-51 NPK sintético y 25 l.ha⁻¹ de microorganismos eficientes¹). En la tabla 3.13 de ANVA muestra diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos lo que indica que si hubo influencia de los factores aplicados en el peso de grano de quinua.

Tabla 3.13

Análisis de variancia para peso de grano de quinua por panoja

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	3.418866	1.709433	42.86	<0.0001**
Tratamiento	20	769.768533	38.488426	965.11	<0.0001**
Error	40	1.595200	0.03988		
Total	62	774.782600			
C.V.=1.79%		R²=0.95			

Para determinar la importancia de cada uno de estos tratamientos se realizó la prueba de Duncan (Tabla 3.14) demostrando que peso de grano de quinua por panoja, se obtiene el valor más alto con el tratamiento T16 (2000 kg ha⁻¹ gallinaza, 340 kg.ha⁻¹ NPK sintético y 25 l.ha⁻¹) la cual es 14.34 g, pero no existe una diferencia altamente significativa el T16,T15 y T17, cuyos valores solo se diferencia en decimales.

Observándose que en los tratamientos abonados solo con gallinaza y/o microorganismos, el peso de grano de quinua por panoja alcanzada bajo valor respecto a los demás tratamientos que si cuentan con niveles de fertilización; probablemente se debe a la lenta disponibilidad de nutrientes para la planta como resultado del abonamiento con guano de isla.

El tratamiento T01 (Testigo: sin abonamiento con gallinaza, 00-00- 00 de NPK sintético y sin microorganismos eficientes), es el tratamiento con menor peso de grano de quinua con panoja, con diferencia altamente significativa respecto a los demás tratamientos.

Tabla 3.14

Prueba de Duncan (0.05) para grano de quinua por panoja

Trat.	Código			Niveles reales			Peso (g)	Significación de Duncan
	X1	X2	X3	GA (t.ha ⁻¹)	NF (kg.ha ⁻¹)	EM (l.ha ⁻¹)		
T-16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	14.34	a
T-15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	14.15	ab
T-7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	14.10	abc
T-11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	13.93	bc
T-10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	13.78	cd
T-8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	13.76	cd
T-3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	13.44	de
T-12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	13.32	e
T-18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	13.21	e
T-4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	13.13	ef
T-17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	12.85	f
T-20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	12.32	g
T-21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	12.31	g
T-9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	11.99	g
T-19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	11.27	h
T-14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	9.38	i
T-6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	6.66	j
T-2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	6.55	j
T-13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	4.86	k
T-5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	4.30	l
T-1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	3.95	m

El análisis de regresión (Tabla 3.15) para estimar la influencia del abonamiento con gallinaza(X1) , NPK sintético (X2) y EM(X3), en el peso de grano de quinua, en la

tabla se muestra una alta significación estadística para el componente lineal del primer(X1) y segundo(X2) factor. y no existe diferencia significativa alguna en el factor tres (X3), respecto al componente cuadrático se muestra una alta significación estadística en el factor dos(X2), y en la interacción es altamente significativo la combinación del factor uno y dos, que en ambos casos otorgan mejor resultado al peso de grano de quinua por panoja.

Tabla 3.15

Análisis de regresión para grano de quinua por panoja

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Modelo	9	750.8382	83.4265	184.66	< 0.0001 **
X1	1	9.3590	9.3590	20.72	< 0.0001**
X2	1	574.5926	574.5926	1271.84	< 0.0001**
X3	1	0.0191	0.0191	0.04	0.8380 NS
X1^2	1	0.2560	0.2560	0.57	0.4549NS
X2^2	1	88.3215	88.3215	195.50	< 0.0001**
X3^2	1	0.6294	0.6294	1.39	0.2431 NS
X1X2	1	11.7880	11.7880	26.09	< 0.0001**
X1X3	1	0.0308	0.0308	0.70	0.7950 NS
X2X3	1	0.2688	0.2688	0.30	0.4439 NS
Error	53	23.9444	0.4518		
Total	62	774.7826			

C.V.=11.56 %

En el coeficiente de regresión polinomial (Tabla 3.16) para estimar, se determinó los coeficientes polinomiales, para graficar la superficie de respuesta y la respuesta grafica de su aplicación de estos tres factores. Según la figura 3.7 es la que mejor resultado se obtuvo alcanzando un mayor peso de grano de quinua por panoja.

Tabla 3.16

Coefficiente de regresión polinomial para grano de quinua por panoja

F.V.	Valor estimado	T para H ₀ parámetro	Error estándar del valor estimado	Pr>T
Intercepto	12.76759	0.13437785	95.01	< 0.0001**
X1	0.272540	0.05987956	4.55	< 0.0001**
X2	2.135476	0.05987956	35.66	< 0.0001**
X3	0.01230159	0.05987956	0.21	0.08380 NS
X1^2	0.042951	0.05705447	0.75	0.4549 NS
X2^2	-0.79773565	0.05705447	-13.98	< 0.0001**
X3^2	-0.06734349	0.05705447	-1.18	0.2431 NS
X1X2	-0.17520833	0.03430033	-5.11	< 0.0001**
X1X3	-0.00895833	0.03430033	-0.26	0.7950
X2X3	0.02645833	0.03430033	0.77	0.4439

Considerando el modelo polinomial general (superficie de respuesta), en el que presenta mejor efecto al rendimiento del grano de quinua es la interacción de a los factores de la gallinaza y nivel de abonamiento:

$$f(x) = Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + e$$

$$Y = 12.767 + 0.272X_1 + 2.135X_2 + 0.012X_3 + 0.042X_1^2 - 0.797X_2^2 - 0.0673X_3^2 - 0.175X_1X_2 - 0.0089 X_1X_3 + 0.00264X_2X_3 + e$$

La figura de superficie de respuesta sería el siguiente:

Figura 3.7

Superficie de respuesta para el peso de grano de quinua por panoja

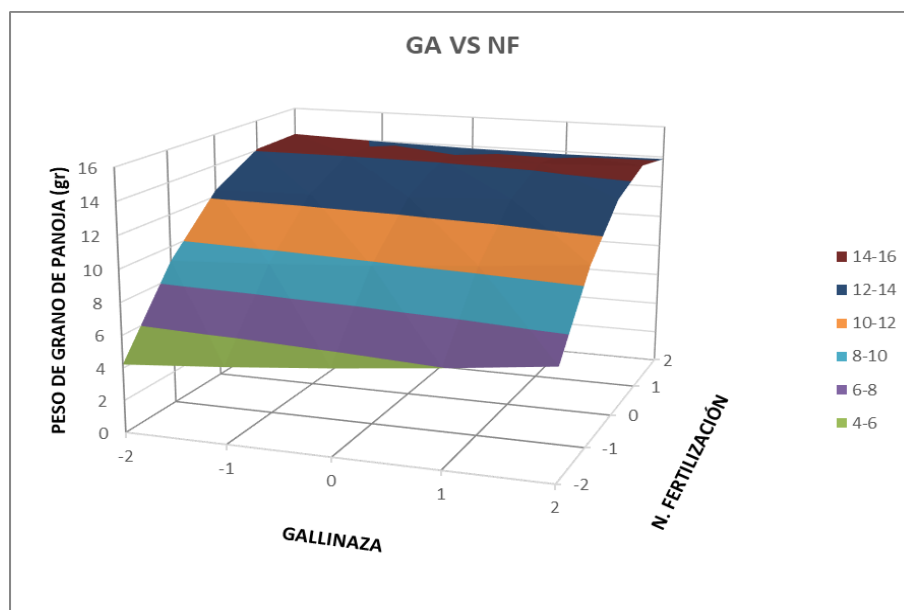
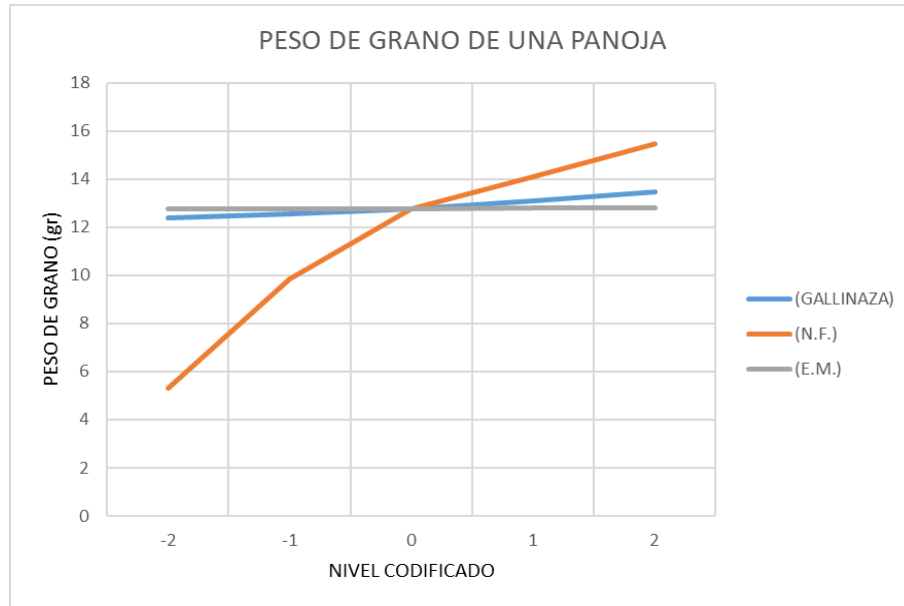


Figura 3.8

Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en el peso de grano de quinua por panoja



En la figura 3.7, superficie de respuesta, se observa que existe un mayor pendiente de la curva que corresponde al factor X2 de NPK sintético, comparado con la pendiente del factor X1: Abonamiento con gallinaza; esto indica que el abonamiento de NPK sintético es el factor que más influye en el peso de grano de quinua por panoja.

Una inspección visual en la figura 3.8, permite llegar a la misma conclusión, debido a que la pendiente del factor cuadrático del factor dos(X2), va en aumento el eje del peso de grano de quinua, mientras el aumento de dosis de aplicación del factor primero (X1) y el factor segundo (X2) no influye en el aumento de peso de grano de quinua por panoja, pero si existe una pequeña pendiente respecto al factor tres(X3). Para una mejor apreciación de los resultados mencionados se percibe en las fotografías que se adjunta en el anexo.

3.5. RENDIMIENTO

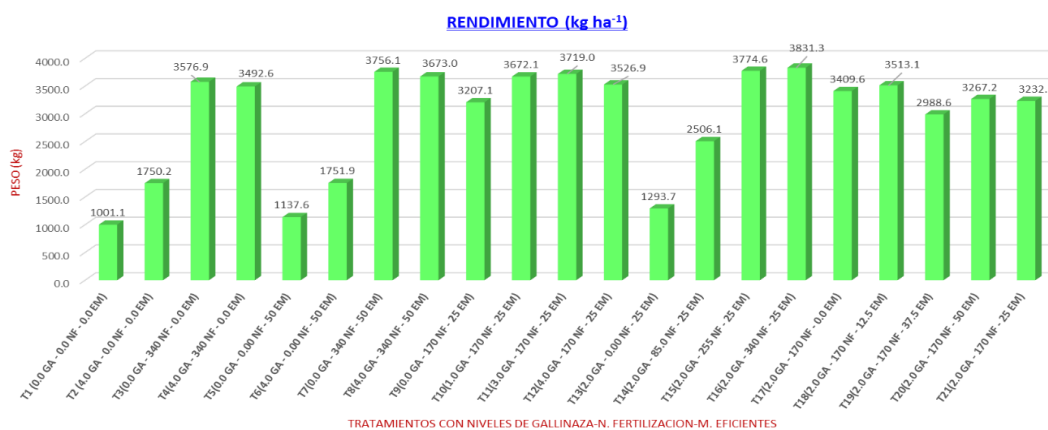
En la figura 3.9, se observa los resultados del rendimiento de grano de quinua, donde se verifica que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo el valor más alto al tratamiento T16 (4000 kg.ha⁻¹ guano de isla y 120-100-80 NPK sintético) con un rendimiento de 3773.8 kg.ha⁻¹; mientras que el rendimiento más bajo se obtuvo con el tratamiento T01 (testigo: sin gallinaza, 00-00-00 NPK y 0.000 l.ha⁻¹ de microorganismos eficientes), con un rendimiento de 1001.1 kg.ha⁻¹, también se debe destacar que el

tratamiento T02 (4000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, sin NPK y sin EM) y con el tratamiento T03 (sin guano gallinaza, 170-119-51 de NPK y sin EM), se consiguió rendimientos de 1750.2 kg.ha⁻¹ y 3576.90 kg.ha⁻¹, respectivamente. Estos dos últimos valores son inferiores a los obtenidos con la mezcla de los tres factores de evaluación, con la cual se obtienen 3831.3 kg.ha⁻¹. como rendimiento máximo, correspondiente al T16.

También se puede observar el incremento en el rendimiento de grano de quinua que superan los 3500 kg ha⁻¹. corresponde a los: T3, T7, T8, T10, T11, T12, T15, T16 y T18, observándose que estos tratamientos tienen en común la aplicación de la gallinaza, nivel de fertilización. Estos resultados permiten afirmar que hubo un efecto parcial y sinérgico entre el abonamiento orgánico (gallinaza) y NPK sintético, que se traduce en mejores rendimientos de grano de quinua. Más nos así en la aplicación de Microorganismos eficientes.

Figura 3.9

Rendimiento de grano (kg.ha⁻¹) de quinua Blanca de Junín de acuerdo a los tratamientos estudiados en condiciones de Casaorcco-Ayacucho



En la tabla 3.17 de ANVA, muestra diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, lo que indica que los factores en estudio tuvieron influencia sobre el rendimiento. La alta significación estadística entre bloques se debe a que estos estaban ubicados en un terreno experimental cuya pendiente equivalía a un 25%, y esta pendiente tuvo mucha influencia respecto al riego ya que esta actividad se iniciaba de la parte superior, y que por el principio de la gravedad esta infiltraba a la parte inferior en forma indirecta. Por ello haciendo un promedio rápido del total de grano de quinua obtenido

entre los tres bloques, se determina que existe una diferencia en rendimiento en promedio de 75 kg ha⁻¹, en cada bloque, siendo el menor el bloque I, y el mayor valor en el bloque III.

Tabla 3.17

Análisis de variancia del rendimiento de grano de quinua Blanca de Junín en la comunidad de Casaorcco

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	0.078981	0.039490	39.60	<0.0001**
Tratamiento	20	16.107219	0.805360	807.67	<0.0001**
Error	40	0.039885	0.000997		
Total	62	16.22608			
C.V.=1.97%		R²=0.96			

Para contrastar las medias de los tratamientos se realizó la prueba de Duncan al 0.05 (Tabla 3.18). Esta prueba señala que el rendimiento más alto corresponde al tratamiento T16 (2000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 NPK y 25 l.ha⁻¹ EM) con 3831.3 kg ha⁻¹. Existe tratamientos la cuales no tienen diferencia significativa entre ellos, es decir; la aplicación de los factores en cada tratamiento tiene como resultado un rendimiento parecido, la cuales en forma descendente, como primer grupo agrupado según Duncan son: T15, T7 y T11, que en promedio tienen un rendimiento de 3749.9 kg.ha⁻¹, el segundo grupo T10 y T8 con un rendimiento promedio de 3672.55 kg.ha⁻¹, el tercer grupo T3, T12 y T18 con un rendimiento promedio de 3538.96 kg.ha⁻¹., el cuarto grupo T4 y T17 con un rendimiento promedio de 3451.1 kg.ha⁻¹, el quinto grupo T20, T21 y T9 con un rendimiento promedio de 3235.6 kg.ha⁻¹., el sexto grupo la cual solo está el T19 con un rendimiento de 2988.6 kg.ha⁻¹, el séptimo grupo que también solo es el T14 con un rendimiento de 2506.1 kg.ha⁻¹. El octavo grupo T6 y T2 con un rendimiento promedio de 1751.05 kg ha⁻¹, noveno grupo T13 con un rendimiento de 1293.7 kg.ha⁻¹, decimo grupo T5 con un rendimiento de 1137.6 kg.ha⁻¹ y el último grupo el onceavo conformado por el testigo T1 con un rendimiento de 1001.1 kg.ha⁻¹. concluyendo según la tabla de Duncan que solo existe once resultados bien diferenciados en su rendimiento. Y realizando un pequeño análisis de elección de tratamiento respecto a los factores y el costo económico, serian que en el primer grupo me quedaría con el T7 y en el tercer grupo me quedaría con el T18 y por último en el quinto grupo me quedaría con el T9.

Tabla 3.18

Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de grano (kg.ha⁻¹) de quinua Blanca de Junín en la comunidad de Casaorcco

Trat.	Código			Niveles reales			Rdto kg ha ⁻¹	Significación de Duncan
	X1	X2	X3	GA (t.ha ⁻¹)	NF (kg.ha ⁻¹)	EM (l.ha ⁻¹)		
T-16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	3831.3	a
T-15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	3774.6	ab
T-7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	3756.1	ab
T-11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	3719.0	ab
T-10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	3672.1	b
T-8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	3673.0	b
T-3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	3576.9	bc
T-12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	3526.9	bc
T-18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	3513.1	bc
T-4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	3492.6	c
T-17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	3409.6	c
T-20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	3267.2	cd
T-21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	3232.5	cd
T-9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	3207.1	cd
T-19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	2988.6	d
T-14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	2506.1	e
T-6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	1751.9	f
T-2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	1750.2	f
T-13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	1293.7	g
T-5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	1137.6	h
T-1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	1001.1	i

Se encontró, incremento significativo en el rendimiento del cultivo de quinua, con la aplicación de NPK y abono orgánico (gallinaza). Como se observa en los rendimientos del tratamiento T01 (sin gallinaza, 00-00-00 NPK sintético y sin microorganismo eficiente), respecto al tratamiento T4 (4000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 NPK sintético y sin microorganismos eficientes) y T17 (2000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 85-59.5-25.5 NPK sintético sin microorganismos eficientes) y no habiendo respuesta notable al incremento con la aplicación de microorganismo eficiente.

Por tanto, los resultados sugieren que el abonamiento orgánico y sintético tuvo un efecto positivo, que se traduce en mayores rendimientos cuantitativamente tal como se observa en la tabla 3.18. Esta respuesta probablemente se debe a que el abonamiento con gallinaza debido a sus propiedades de ser un abono orgánico, mejora las condiciones físico - químicas y microbiológicas del suelo.

Herreros (2018), en el distrito de Majes Arequipa realizó la evaluación de la respuesta de la fertilización nitrogenada y fosfórica del cultivo de quinua de la variedad Salcedo INIA, en la cual encontró que la mayor rendimiento de grano de quinua obtuvo con el T1 (90-90-100 kg ha⁻¹ de N P K) con 4974 kg.ha⁻¹. En los resultados se pueden hacer comparaciones; como la de los tratamientos con la máxima dosis de abonamiento sintético; T03 (sin gallinaza, 170-119-51 NPK sintético y sin EM) y máxima dosis de abonamiento con gallinaza T02 (4000 kg ha⁻¹ gallinaza, 00-00-00 NPK sintético y sin EM); se observa que ambos tratamientos se encuentran diferenciados casi en el doble de rendimiento entre los niveles de producción estadísticamente visto. Otra de las observaciones es al comparar el T18(2000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 85-59.5-25.5 NPK y 12.5 l ha⁻¹ EM) con el T03 (sin gallinaza, 170-119-51 NPK sintético y sin EM), cuyos valores de rendimiento son semejantes. Estos resultados indican que es lo mismo producir grano de quinua con los niveles de ambos factores en estudio que poner solo fertilizante en su máxima dosis. Tomando en cuenta solo el rendimiento, mas no otras cualidades como: Calidad de grano, sostenibilidad de la actividad agrícola, precocidad del cultivo, costo del insumo para la fertilización y abonamiento, etc. Tapia (1979), menciona que el rendimiento del cultivo de quinua, variedad Blanca de Junín, varía mucho según el nivel de fertilización, pudiendo obtenerse hasta 2500 kg ha⁻¹, con niveles de 80-40-00 de NPK. Palomino (2006), en Canaán a 2750 msnm abonando el terreno con 7.5 t ha⁻¹ de estiércol ovino obtuvo un rendimiento de 2588.8 kg ha⁻¹ y cuando la dosis de estiércol aumentó a 15.0 t ha⁻¹ el rendimiento llegó a 4694 kg ha⁻¹.

Del mismo modo, Trucios (2007), “en el distrito de Yauli a 3800 msnm fertilizando el terreno con 80-60-00 de NPK, obtuvo un rendimiento de 4196.8 kg ha⁻¹”. Así también, Oriundo (2010), “en Canaán a 2750 msnm abonando el terreno con 2500 kg.ha⁻¹ guano de isla incubado en microorganismos, tuvo un rendimiento de 4047.9 kg.ha⁻¹”.

De la Cruz (2003) menciona que, “a 3640 msnm con un nivel de abonamiento 150-90-60 NPK, obtuvo un rendimiento de 2570.64 kg.ha⁻¹. Los rendimientos de grano alcanzados con el presente trabajo varían de 1001.1 kg.ha⁻¹ a 3831.3 kg.ha⁻¹ valores que se asemejan a los encontrados por los autores anteriormente citados. Debe observarse que la variación está en función a diversos factores; en el presente caso al abonamiento, precipitación, altitud, suelo, presencia de plagas y enfermedades etc”.

Apaza y Rodríguez (2006), recomienda, “utilizar guano de islas 0.5 t ha^{-1} a la siembra y después del primer deshierbo”.

Tapia y Fries (2007) indican, “con una precipitación mayor de 600 mm, la quinua responde en forma significativa a niveles de 80 a 120 kg de nitrógeno y 60 a 80 kg de fosforo. La dosis de potasio es hasta 80 kg ha^{-1} en suelos deficientes de este elemento, lo que muy rara vez se presenta en los suelos de los andes”.

Comparando estas recomendaciones y estudios nuestro trabajo experimental presenta tratamientos con mayores niveles de abonamiento con gallinaza desde 00 kg ha^{-1} hasta 4000 kg ha^{-1} , 00-00-00 hasta 170-119-51 NPK sintético y 00 l ha^{-1} de EM hasta 50 l ha^{-1} . Se plantearon la necesidad de determinar los niveles que maximizan el rendimiento. Sin embargo, existen otros factores como menciona Apaza y Delgado (2005), “existen muchos factores que afectan el rendimiento en las plantas y dentro de ellas estén las ambientales, suelo, semilla, etc.; e indican el potencial de rendimiento de grano de quinua alcanza $8500 \text{ a } 9000 \text{ kg ha}^{-1}$. Se logra cuando todos los factores de crecimiento y desarrollo se dan simultánea y constantemente en su valor óptimo en el curso de las diversas fases de desarrollo”. Del mismo modo (Mujica, 1983), menciona que el potencial de rendimiento de grano de quinua alcanza a 11 t ha^{-1} .

Al realizar el análisis de regresión (tabla 3.19) para estimar la influencia del abonamiento con la gallinaza, el NPK sintético y microorganismos eficientes, en el rendimiento, se encontró una significación estadística para los componentes lineales de los factores uno(X1) y dos(X2), y no encontrando diferencia significativa para el factor tres(X3). Para los componentes cuadráticos no se encontrándose significación estadística para el factor uno(X1) y tres(X3), solo existe diferencia significativa para el factor dos(x2), para los componentes de interacción se observa que solo existe una alta diferencia significativa solo cuando se junta los factores uno y dos, señalando que es posible incrementar el abonamiento con gallinaza, así como aplicar mayores niveles de NPK sintético para posibilitar un mayor rendimiento del cultivo de quinua.

Chávez (2018), en su tesis,

demostró que las dosis de nitrógeno, fosforo y potasio que se deberá de aplicar al cultivo de quinua de la variedad Inía 415 Pasankalla para obtener en máximo

rendimiento es de la siguiente manera, para el Nitrógeno el rendimiento de la quinua aumenta conforme se incrementa la cantidad del nutriente hasta llegar al máximo que es 160 kg ha⁻¹ de N, en el caso del fósforo llego al máximo de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y respecto al potasio el máximo fue de 160 Kg ha⁻¹ de K₂O, alcanzándose un rendimiento máximo de 6.59 t ha⁻¹. Si se incrementa la cantidad de cada uno de los nutrientes por encima del máximo el rendimiento empieza a disminuir.

De acuerdo a la curva de respuesta se ha encontrado la mejor fórmula de abonamiento a las cantidades de 160 kg.ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 160 kg.ha⁻¹ de K₂O, con rendimiento óptimo de 6.59 kg.ha⁻¹. de quinua variedad INIA 415 Pasankalla.

Tabla 3.19

Análisis de regresión para el rendimiento de quinua Blanca de Junín, en la comunidad de Casaorcco

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Modelo	9	15.6925	1.7436	173.20	< 0.0001 **
Gallinaza	1	0.1992	0.1992	19.79	< 0.0001 **
NPK	1	12.0404	12.0404	1196.05	< 0.0001 **
EM	1	0.0006	0.0006	0.07	0.7978 NS
Gallinaza²	1	0.0055	0.0055	0.55	0.4624 NS
NPK²	1	1.7817	1.7817	176.99	< 0.0001 **
EM²	1	0.0191	0.0191	1.90	0.1740 NS
Gallinaza*NPK	1	0.2562	0.2562	25.46	< 0.0001 **
Gallinaza*EM	1	0.002	0.0020	0.20	0.6563 NS
NPK*EM	1	0.0054	0.0054	0.54	0.4672 NS
Error	53	0.5335	0.0100		
Total	62	16.2260			

C.V.=6.28%

Tabla 3.20

Coefficientes de regresión polinomial para el rendimiento de quinua Blanca de Junín, en la comunidad de Casaorcco

F.V.	Valor estimado	T para H ₀ parámetro	Error estándar del valor estimado	Pr>T
Intercepto	1.8336	0.0200	91.41	< 0.0001
X1	0.0397	0.0089	4.45	< 0.0001
X2	0.3091	0.0089	34.58	< 0.0001
X3	0.0023	0.0089	0.26	0.7978
X1^2	0.0063	0.0085	0.74	0.4624
X2^2	-0.1133	0.0085	-13.30	< 0.001
X3^2	-0.0117	0.0085	-1.38	0.174
X1X2	-0.0258	0.0051	-5.05	< 0.0001
X1X3	-0.0022	0.0051	-0.45	0.6563
X2X3	0.0037	0.0051	0.73	0.4672

Considerando el modelo polinomial (superficie de respuesta):

$$f(x) = Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + e$$

$$Y = 1.8336 + 0.0397X_1 + 0.3091X_2 + 0.0023X_3 + 0.0063X_1^2 - 0.1133X_2^2 - 0.0117X_3^2 - 0.0258X_1X_2 - 0.0022 X_1X_3 + 0.0037X_2X_3 + e$$

La figura de superficie de respuesta sería el siguiente:

Figura 3.10

Superficie de respuesta para el peso del rendimiento de grano de quinua Blanca de Junín en las condiciones de Casaorcco

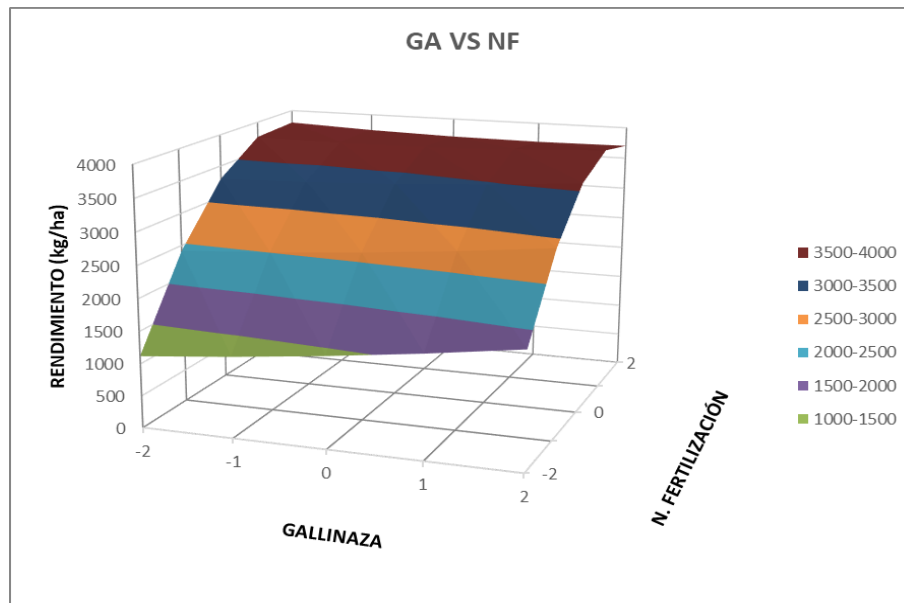


Figura 3.11

Efecto de la Gallinaza y nivel de fertilización (NPK) en el rendimiento de grano de quinua Blanca de Junín en las condiciones de Casaorcco

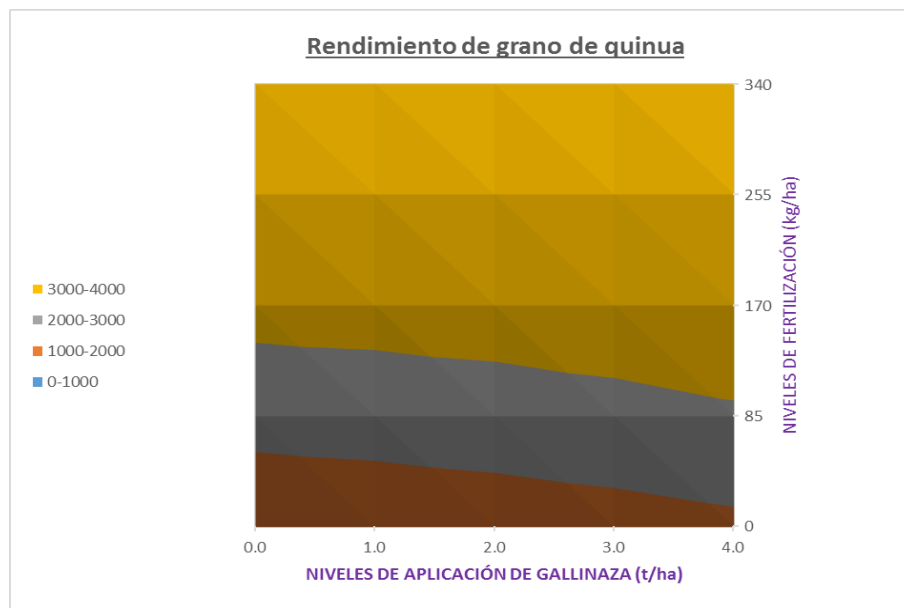
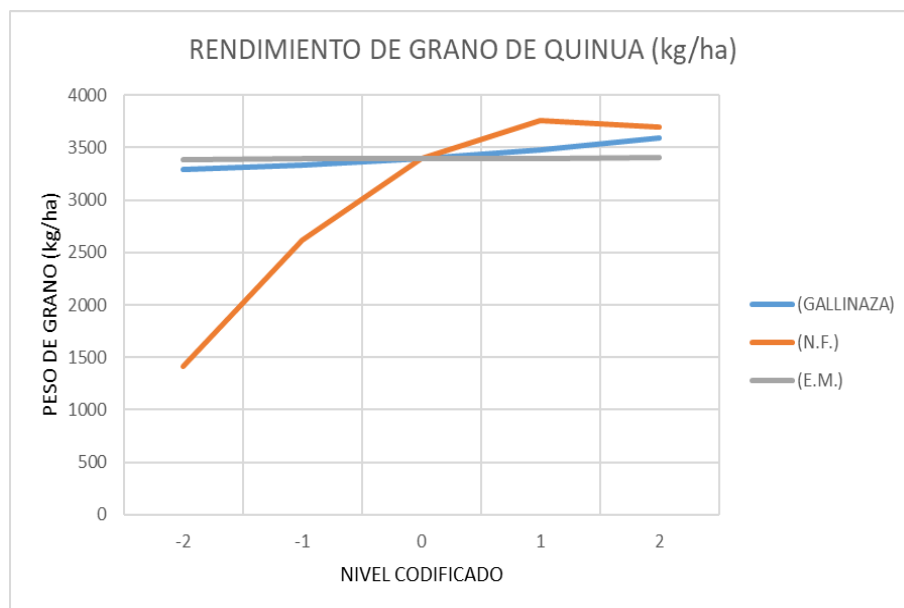


Figura 3.12

Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en el rendimiento de grano de quinua Blanca de Junín en las condiciones de Casaorcco



3.6. LOS NIVELES ÓPTIMOS QUE MAXIMIZAN EL RENDIMIENTO DEL GRANO DE QUINUA

Teniendo en cuenta el modelo polinomial del D3J (diseño del tres de julio), diseño utilizado en este trabajo de investigación, como resultado se tiene los coeficientes numéricos de la ecuación o polinomio la cual es:

$$f(x) = Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + e$$

$$Y = 1.8336 + 0.0397X_1 + 0.3091X_2 + 0.0023X_3 + 0.0063X_1^2 - 0.1133X_2^2 - 0.0117X_3^2 - 0.0258X_1X_2 - 0.0022X_1X_3 + 0.0037X_2X_3 + e$$

Para determinar los niveles que maximizan el rendimiento de grano de quinua, se determinaron las derivadas de la ecuación calculada del rendimiento, es decir se realizó tres derivadas respecto al factor uno (X1) que es la gallinaza, al factor dos (X2) que es el nivel de fertilización) y el factor tres (X3) que es lo niveles de microorganismos, tal cual se muestra en las siguientes ecuaciones formuladas:

$$\frac{df(x)}{dx1} = 0$$

$$\frac{df(x)}{dx2} = 0$$

$$\frac{df(x)}{dx3} = 0$$

Resolviendo las tres ecuaciones, se obtuvo los niveles codificados que optimizan el rendimiento, las cuales fueron: X1 = -0.163, X2= 1.391 y X3=0.6945, decodificando estos valores corresponderían a una aplicación de X1 = 1830 kg ha⁻¹ de gallinaza, X2 = 145-100-45 NPK y X3=34 l ha⁻¹, aplicando estos valores con las mismas condiciones del lugar donde se ejecutó la investigación (Casaorcco), se obtendría un rendimiento máximo de 3785.12 kg ha⁻¹.

Para determinar matemáticamente los niveles económicamente óptimos que maximizan la producción, también se maneja el mismo criterio de la derivadas o pendientes máximas de la ecuación polinomial, con la única diferencia que las igualdades deben ser dadas al resultado de la relación existente entre el precio de cada factor con el precio de producción de cosecha en las mismas unidades.

3.7. RENTABILIDAD ECONÓMICA

En la tabla 3.21 se observa la valorización de los costos de producción, los rendimientos obtenidos y el análisis de rentabilidad de cada uno de los tratamientos estudiados en el presente trabajo de investigación.

Según la tabla 3.21, los ocho tratamientos que presentaron los mayores índices de rentabilidad económica fueron : T-10 (1 t.ha⁻¹ de gallinaza, 85-59.5-25.5 NPK kg.ha⁻¹ y

25 l.ha⁻¹ de ME), T-3 (0 t.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 NPK kg.ha⁻¹ y 0 l.ha⁻¹ de ME), T-7 (0 t.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 NPK kg.ha⁻¹ y 50 l.ha⁻¹ de ME), T-15 (2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 127.5-89.25-38.25 NPK kg ha⁻¹ y 25 l.ha⁻¹ de ME), T-16 (2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 NPK kg.ha⁻¹ y 25 l.ha⁻¹ de ME), T-11 (3 t.ha⁻¹ de gallinaza, 85-59.5-25.5 NPK kg.ha⁻¹ y 25 l.ha⁻¹ de ME), T-18 (2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 85-59.5-25.5 NPK kg.ha⁻¹ y 12.5 l.ha⁻¹ de ME) y T-9 (0 t.ha⁻¹ de gallinaza, 85-59.5-25.5 NPK kg.ha⁻¹ y 25 l.ha⁻¹ de ME), con 93.10%, 90.62%, 89.23%, 54.71%, 82.33%, 79.73%, 79.71 y 77.50% respectivamente. De estos resultados se concluye que para que existe una rentabilidad económica, se requiere en primer lugar la aplicación de niveles de fertilización y incorporación de abono orgánico.

Respecto a los tratamiento netamente orgánicos, incluido el tratamiento testigo: T-1 (0 t.ha⁻¹ de gallinaza, 0-0-0 NPK kg.ha⁻¹ y 0 l.ha⁻¹ de ME), T-5 (0 t.ha⁻¹ de gallinaza, 0-0-0 NPK kg.ha⁻¹ y 50 l ha⁻¹ de ME), T-13 (2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 0-0-0 NPK kg.ha⁻¹ y 25 l.ha⁻¹ de ME), T-6 (4 t.ha⁻¹ de gallinaza, 0-0-0 NPK kg.ha⁻¹ y 50 l.ha⁻¹ de ME) y el T-2 (4 t.ha⁻¹ de gallinaza, 0-0-0 NPK kg.ha⁻¹ y 0 l.ha⁻¹ de ME) se obtuvieron los siguientes índices de rentabilidad-36.93%, -32.87%, -28.64%, -14.25% y -9.73% respectivamente. Observándose que sus índices de rentabilidad son negativas (existe perdida). Estos resultados demuestran que el abonamiento con gallinaza en niveles óptimos y la aplicación de microorganismos eficientes (ME) al suelo, con la finalidad de conseguir mayor disponibilidad de nutrientes a partir de los componentes orgánicos del suelo, no repercuten directamente en el mayor rendimiento del cultivo, y por consiguiente no logra mayor rentabilidad a favor del productor, aun cuando se consideró un precio de venta de los granos de quinua en base a una producción convencional. Lamentablemente, en el mercado local aún no hay una valoración a la producción de cultivos mediante el uso de tecnologías limpias, donde las cosechas tienen mayor valor, incrementando aún más la rentabilidad . Para que exista rentabilidad económica respecto a una producción netamente orgánica desde el punto de vista solo de la fertilidad del suelo, el precio mínimo de la quinua por kilo en chacra seria de 8.8 soles, obteniendo para el testigo un índice de rentabilidad de 0.91% y un máximo de 44.4% para el T2.

Tabla 3.21

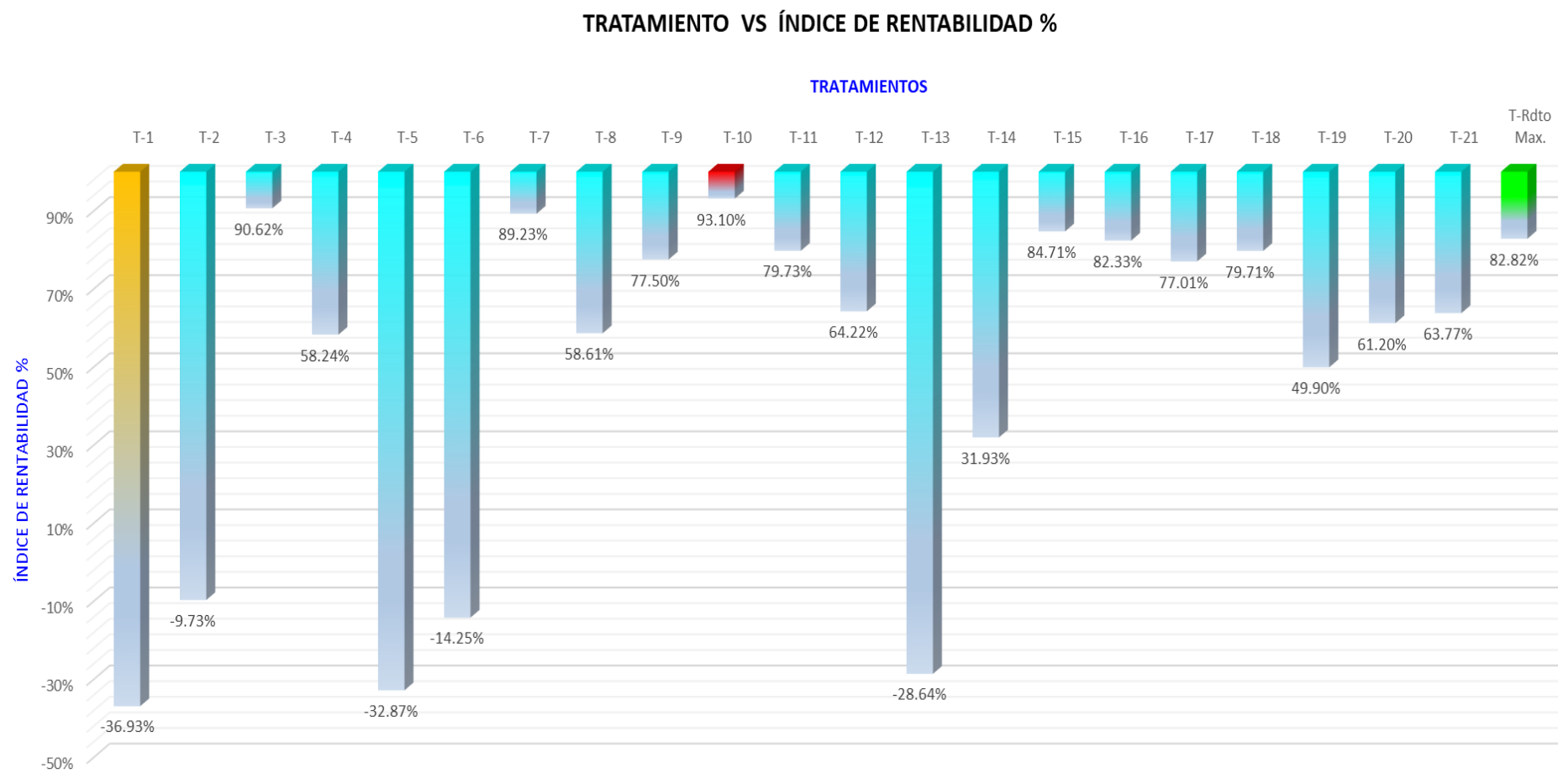
Valorización, comercialización y análisis de rentabilidad en la producción de quinua según tratamientos, en Casaorcco a 3300 msnm - Ayacucho

TRATAMIENTO	DESCRIPCION (tn/ha - kg/ha - lt/ha)	COSTO TOTAL DE PRODUCCION	RDTO. DE GRANO SELECCIONADO	COSTO UNITARIO DE PRODUCCION	PRECIO UNITARIO DE VENTA (*)	UTILIDAD UNITARIO DE PRODUCCION	VALOR DE LA PRODUCCION	UTILIDAD A FAVOR DEL PRODUCTOR	INDICE DE RENTABILIDAD
		S/. POR Ha	kg por Ha	s/. Por kg.	s/. Por kg.	s/. Por kg.	s/.	s/.	%
T-1	0.0 GA - 0.0 NF - 0.0 EM	S/. 8,730.13	1001.10 kg	S/. 8.72	S/. 5.50	-S/. 3.22	S/. 5,506.05	-S/. 3,224.08	-36.93%
T-2	4.0 GA - 0.0 NF - 0.0 EM	S/. 10,663.64	1750.17 kg	S/. 6.09	S/. 5.50	-S/. 0.59	S/. 9,625.95	-S/. 1,037.69	-9.73%
T-3	0.0 GA - 340 NF - 0.0 EM	S/. 10,320.42	3576.94 kg	S/. 2.89	S/. 5.50	S/. 2.61	S/. 19,673.16	S/. 9,352.74	90.62%
T-4	4.0 GA - 340 NF - 0.0 EM	S/. 12,139.50	3492.59 kg	S/. 3.48	S/. 5.50	S/. 2.02	S/. 19,209.26	S/. 7,069.76	58.24%
T-5	0.0 GA - 0.00 NF - 50 EM	S/. 9,320.95	1137.58 kg	S/. 8.19	S/. 5.50	-S/. 2.69	S/. 6,256.69	-S/. 3,064.26	-32.87%
T-6	4.0 GA - 0.00 NF - 50 EM	S/. 11,235.95	1751.85 kg	S/. 6.41	S/. 5.50	-S/. 0.91	S/. 9,635.19	-S/. 1,600.77	-14.25%
T-7	0.0 GA - 340 NF - 50 EM	S/. 10,917.11	3756.15 kg	S/. 2.91	S/. 5.50	S/. 2.59	S/. 20,658.81	S/. 9,741.71	89.23%
T-8	4.0 GA - 340 NF - 50 EM	S/. 12,736.35	3672.99 kg	S/. 3.47	S/. 5.50	S/. 2.03	S/. 20,201.43	S/. 7,465.08	58.61%
T-9	0.0 GA - 170 NF - 25 EM	S/. 9,937.36	3207.06 kg	S/. 3.10	S/. 5.50	S/. 2.40	S/. 17,638.84	S/. 7,701.48	77.50%
T-10	1.0 GA - 170 NF - 25 EM	S/. 10,458.88	3672.10 kg	S/. 2.85	S/. 5.50	S/. 2.65	S/. 20,196.54	S/. 9,737.66	93.10%
T-11	3.0 GA - 170 NF - 25 EM	S/. 11,380.64	3718.96 kg	S/. 3.06	S/. 5.50	S/. 2.44	S/. 20,454.30	S/. 9,073.65	79.73%
T-12	4.0 GA - 170 NF - 25 EM	S/. 11,811.94	3526.91 kg	S/. 3.35	S/. 5.50	S/. 2.15	S/. 19,398.02	S/. 7,586.08	64.22%
T-13	2.0 GA - 0.00 NF - 25 EM	S/. 9,971.68	1293.73 kg	S/. 7.71	S/. 5.50	-S/. 2.21	S/. 7,115.51	-S/. 2,856.17	-28.64%
T-14	2.0 GA - 85.0 NF - 25 EM	S/. 10,447.27	2506.07 kg	S/. 4.17	S/. 5.50	S/. 1.33	S/. 13,783.41	S/. 3,336.14	31.93%
T-15	2.0 GA - 255 NF - 25 EM	S/. 11,239.76	3774.62 kg	S/. 2.98	S/. 5.50	S/. 2.52	S/. 20,760.40	S/. 9,520.64	84.71%
T-16	2.0 GA - 340 NF - 25 EM	S/. 11,556.71	3831.26 kg	S/. 3.02	S/. 5.50	S/. 2.48	S/. 21,071.93	S/. 9,515.21	82.33%
T-17	2.0 GA - 170 NF - 0.0 EM	S/. 10,594.47	3409.63 kg	S/. 3.11	S/. 5.50	S/. 2.39	S/. 18,752.96	S/. 8,158.50	77.01%
T-18	2.0 GA - 170 NF - 12.5 EM	S/. 10,751.69	3513.09 kg	S/. 3.06	S/. 5.50	S/. 2.44	S/. 19,321.98	S/. 8,570.28	79.71%
T-19	2.0 GA - 170 NF - 37.5 EM	S/. 10,965.72	2988.59 kg	S/. 3.67	S/. 5.50	S/. 1.83	S/. 16,437.26	S/. 5,471.54	49.90%
T-20	2.0 GA - 170 NF - 50 EM	S/. 11,146.99	3267.16 kg	S/. 3.41	S/. 5.50	S/. 2.09	S/. 17,969.38	S/. 6,822.39	61.20%
T-21	2.0 GA - 170 NF - 25 EM	S/. 10,856.19	3232.54 kg	S/. 3.36	S/. 5.50	S/. 2.14	S/. 17,778.99	S/. 6,922.79	63.77%
T-Rdto Max.	1.83 GA - 290 NF - 34 EM	S/. 11,387.21	3785.12 kg	S/. 3.01	S/. 5.50	S/. 2.49	S/. 20,818.16	S/. 9,430.95	82.82%

Precios referenciales de diciembre del 2022

Figura 3.13

Índice de rentabilidad según tratamiento, de grano de quinua Blanca de Junín en las condiciones de Casaorcco



CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, la discusión efectuada y bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación (Casaorcco), se concluye que:

1. Los parámetros evaluados del cultivo de quinua, tales como altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y rendimiento de grano de quinua, estadísticamente tuvieron mejores resultados con la interacción de gallinaza y nivel de fertilización (NPK), mientras que la aplicación de los microorganismos eficientes sobre la gallinaza en la siembra no tuvo ningún efecto en dichos parámetros.

El mejor resultado en altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y el rendimiento de grano de quinua, se obtuvo con aplicación de 2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 kg.ha⁻¹ de NPK y 25 l.ha⁻¹ se logró 1.91m, 55.88cm, 327.86g, 14.34g y 3831.3 kg.ha⁻¹ respectivamente, seguido con mínima diferencia de la aplicación 2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 127.5-89.25-38.25 kg.ha⁻¹ de NPK y 25 l.ha⁻¹ de microorganismos eficientes.

El mejor resultado en altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y rendimiento de grano de quinua se obtuvo con la interacción de la gallinaza y nivel de fertilización de 4 t ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 kg.ha⁻¹ de NPK y 0 l.ha⁻¹ de microorganismos eficientes, logrando 1.64m, 32.26cm, 227.55g, 13.13g y 3492.6 kg.ha⁻¹ respectivamente. Con la interacción entre gallinaza y microorganismos eficientes de 4 t.ha⁻¹ de gallinaza, 0 kg.ha⁻¹ de NPK y 50 l.ha⁻¹ de microorganismos eficientes, se obtuvo 1.51m, 25.74cm, 99.50g, 6.66g y 1751.9 kg.ha⁻¹ respectivamente. Con la interacción de niveles de fertilización y microorganismos eficientes, el mejor resultado se obtuvo con 0 t.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 kg.ha⁻¹ de NPK y 50 l.ha⁻¹ de microorganismos eficientes, logrando 1.73 m, 50.39 cm, 288.96 g, 14.10 g y 3756.1 kg.ha⁻¹ respectivamente.

2. El nivel óptimo de rendimiento del grano de quinua, se obtuvo con la aplicación de 1,830 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 145-100-45 NPK kg.ha⁻¹ y 34 l.ha⁻¹ de EM, con rendimiento de grano de quinua de 3785.12 kg.ha⁻¹.
3. Los niveles de gallinaza que tuvieron mejor efecto, en la altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y el rendimiento de grano de quinua, con aplicación de 4 t.ha⁻¹.
4. Los niveles de fertilización (NPK) que tuvieron mejor efecto, en altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y el rendimiento de grano de quinua fue la aplicación de 170-119-51 kg.ha⁻¹ NPK.
5. Los niveles de Microorganismos que tuvieron mejor efecto, en la evaluación de la altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y el rendimiento de grano de quinua, según resultado fue la aplicación de 50 l.ha⁻¹.
6. El análisis de la rentabilidad económica de los tratamientos en estudio demostró que el abonamiento con niveles de 1000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 85-59.5-25.5 NPK kg.ha⁻¹ y la aplicación de 25 l.ha⁻¹ de M.E se logró alcanzar un rendimiento de grano de quinua de 3,672.10 kg.ha⁻¹, con rentabilidad de 93.1%, demostrando que el cultivo de quinua es una actividad rentable.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los a los productores de quinua de zonas similares al del experimento aplicar $1,830 \text{ kg.ha}^{-1}$ de gallinaza, $145-100-45 \text{ NPK kg.ha}^{-1}$ y 34 l.ha^{-1} de EM para obtener buenos rendimientos en grano de quinua.
2. Realizar estudios en otras zonas productoras de quinua de la región Ayacucho, enfatizando y en los factores estudiados, con respuesta en los parámetros del cultivo de quinua evaluados de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, N. (1981). *Origen y Evaluación de la quinua*. Lima – Perú U.N.A.
- Apaza, V. (2005). *Manejo y Mejoramiento de quinua orgánica*. Perú. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria.
- Carrasco, R., Espinoza, C. y Jacobsen, E. (2010). *Valor nutricional y uso de la quinua (Chenopodium quinoa Willd) y de la Kañihua (Chenopodium pallidicaule)*.
- Chávez M. J. (2018). *Dosis de nitrógeno, fosforo y potasio en el rendimiento de quinua en Acopalca-Huari*. [Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Faustino Sánchez Carrión. Ancash, Perú].
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/2079/CHAVEZ%20MELGAREJO%20JHON%20BEKER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De la Cruz, J. (2003). *Fertilización NPK en cuatro variedades de quinua en condiciones de Manasallacc a 3640 msnm – Ayacucho*. [Tesis para optar título de Ing. Agrónomo, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]
- Dipaz, M. (2010). *Caracterización y evaluación de pobladores de quinua grano amarillo (Chenopodium quinoa Willd.) Canaán 2730 msnm-* [Tesis para optar título de Ing. Agrónomo, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]
- Gómez, L. y Aguilar, E. (2016). *Guía del cultivo de la "quinua"*. <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>.
- Hermosa, E. (1980). *Análisis de Crecimiento y Variación de Proteínas y Almidón en hojas y granos de Dos Variedades de Quinua. Precoz dulce y tardía Amarga en Allpachaka a 3500 msnm. Ayacucho*. [Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga].
- Herreros Quispe, L. (2018). *Fertilización nitrogenada y fosfórica en quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variedad Salcedo INIA bajo riego a goteo en zona árida*. [Tesis de Ing. Agro. Facultad de Agronomía Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- InfoAgro (2014). Guía de tecnología EM. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20EM.pdf>.
- Instituto Internacional De Ciencias Agrícolas. (1979). *Quinua y kañiwa, cultivos andinos. Costa Rica-IICA-CIDIA*.

- Instituto Nacional De Investigación Agraria. (1993). *Prueba Nacional de Cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Willd.). Co Arequipa-Perú. Misión Nacional Promotora de Cultivos Andino.*
- Lavado, L. (1985). *Estudio de cuatro densidades de siembra y tres niveles de Abonamiento en el cultivo de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.).* [Trabajo de tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, UNA La Molina. Lima-Perú]
- León, J. (1964). *Plantas alimenticias andinas.* IICA. Lima-Perú. Boletín Técnico.
- Lescano, R. (1989). *Cultivo de la quinua.* Puno-Perú. Centro de Investigación de Cultivos Andinos. Universidad Nacional Técnica del Altiplano.
- Mengel y Kirby. (2000). “Principios de Nutrición Vegetal”. Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland.
- MIDAGRI. (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2016. Disponible en: https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2016.pdf
- MINAGRI. (2017). *Análisis Económico de la Producción Nacional de la Quinua* Lima Perú. <https://www.midagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2017?download=12316:boletin>.
- Mujica, A. (1993). *Cultivo de quinua.* Lima-Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Manual N° 11.
- Mujica, A. (1997). *Cultivo de quinua.* Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima-Perú. Serie Manual RI N° 1-97.
- Mujica, A. y Canahua, A. (1989). *Fenología del cultivo de la quinua. En curso taller de fitopatología de cultivos andinos y uso de la información agro meteorológica.* Puno, Perú. PICA. INIA.
- Navarro García, G. y Navarro García, S. (2023). *Fertilizante – química y acción.* 2da. Edición Madrid España.
- Oriundo, C. (2010). *Dosis de guano de isla incubado en el rendimiento de la quinua blanca de Junín (Chenopodium quinoa Willd), Canaán 2750 msnm.-Ayacucho.* [Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú].
- Palomino, C. (2006). *Influencia del estiércol de ovino en el rendimiento de cinco variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd), de grano grande Canaán*

- 2750 msnm-Ayacucho. [Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
- Renova. (2013). *La quinua el grano de oro*. Guía para la producción de quinua en Ayacucho.
- Román, A. (2014). *Adaptación y Rendimiento de 18 cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en tres pisos altitudinales – Ayacucho*. [Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
- SOLID, OPD (2010). Tecnología productiva de la quinua, primer modulo. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1908216/TECNOLOG%C3%8DA%20PRODUCTIVA%20DE%20LA%20QUINUA.pdf.pdf>.
- Tapia, M. (1979). *La quinua y la kañihua, cultivos andinos*. Bogotá CIID.
- Tapia, M. (1990). *Cultivos Andinos Sub explotadas y aporte a la alimentación*. 2da Edic. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Santiago-Chile. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Tapia, M. (1993). *Semillas andinas*. Lima-Perú. CONCYTEC.
- Tapia, M. y Gandarillas, H. (1979). *La quinua y la kañihua*. Bogotá Colombia. Edit IICA.
- Tineo Bermúdez, A. (2006). *Superficie de respuestas: El Diseño 03 de Julio (Aplicaciones agronómicas)*. UNSCH.
- Villacorta, L y Talavera, V. (1976). *Anatomía del grano de quinua (Chenopodium quinoa Willd)*. Lima-Perú. Universidad Agraria.
- Zanabria, E. y Banegas, M. (1997). *Entomología económica sostenible*. Puno-Perú
- Zevallos, D. (1984). *Manual de horticultura para el Perú*. Barcelona-España.

ANEXOS

Anexo 1. Respuesta grafica de los factores de evaluación a los tratamientos aplicados.

Grafico 01: Respuesta de la altura planta segun tratamientos aplicados

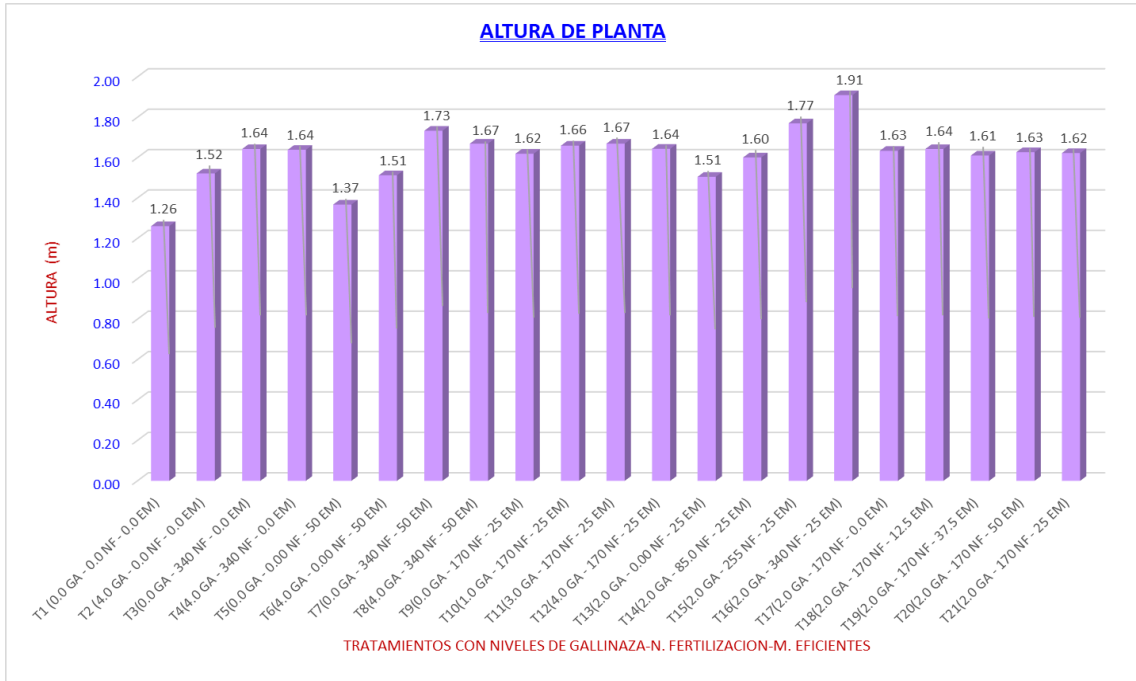


Grafico 02: Respuesta de la longitud de panoja segun tratamientos aplicados

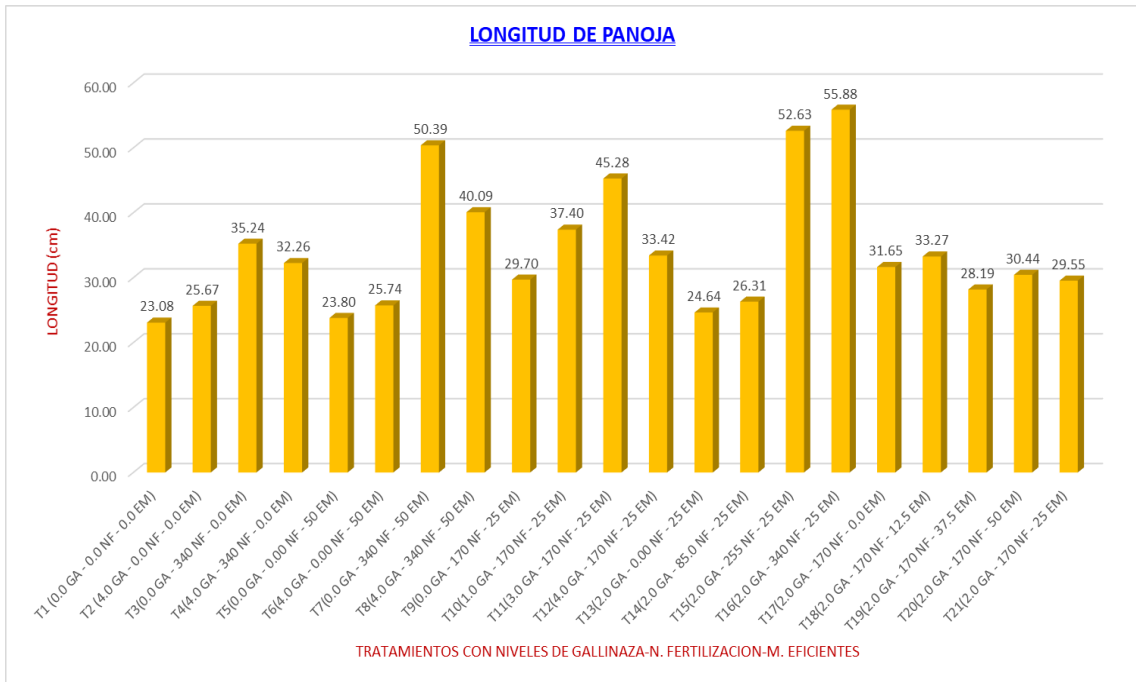


Grafico 03: Respuesta del peso de panoja segun tratamientos aplicados

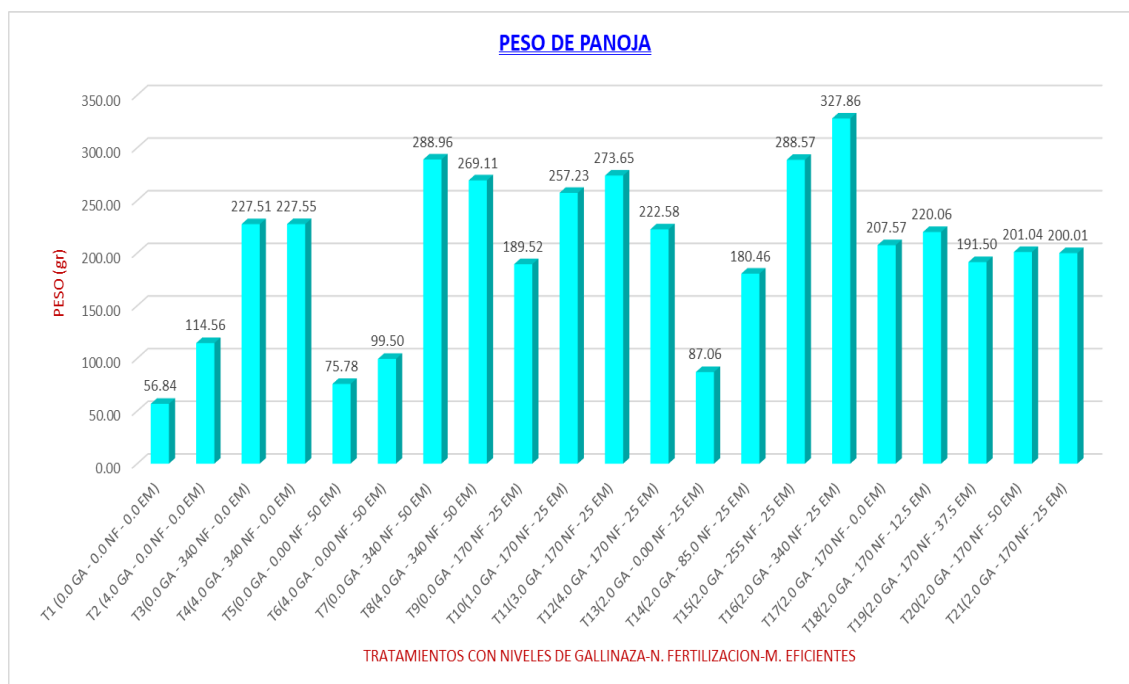


Grafico 04: Respuesta de la peso de grano de panoja segun tratamientos aplicados

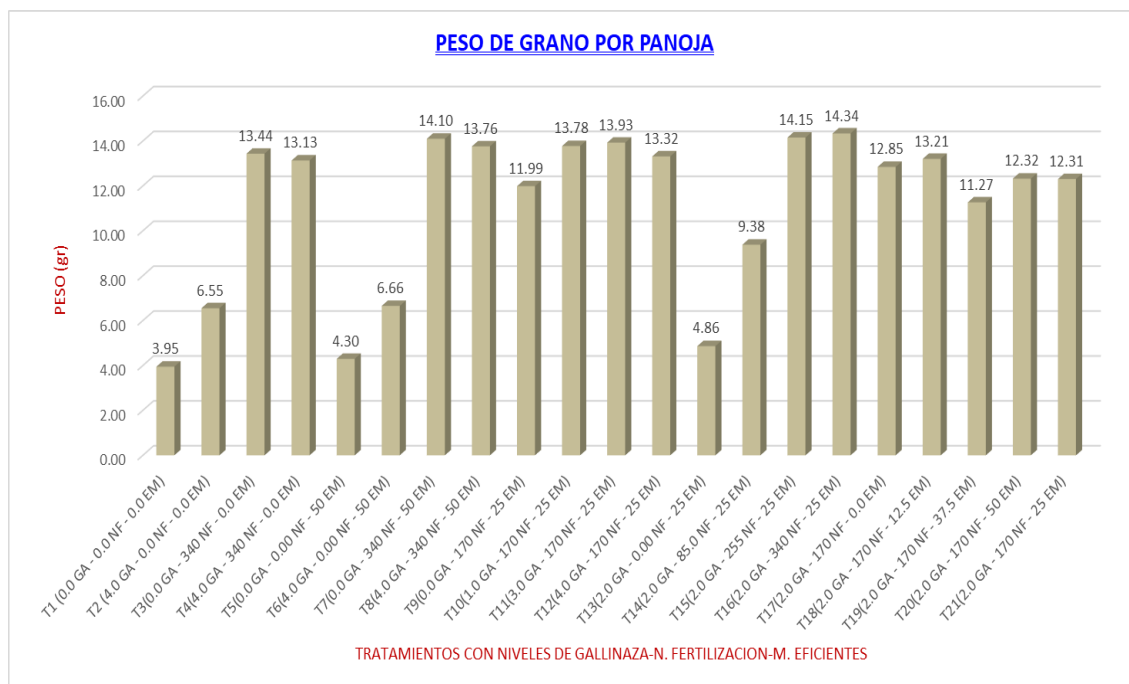
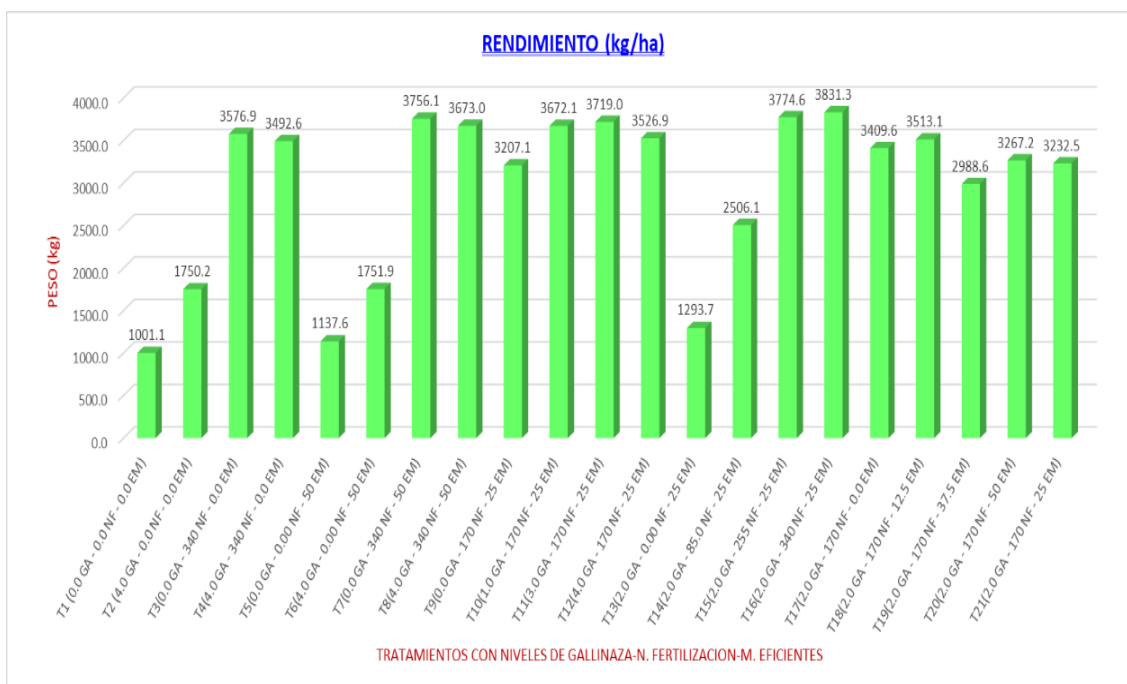


Grafico 05: Respuesta de rendimiento de grano de quinua segun tratamientos aplicados



Anexo 2. Panel fotográfico





FOTO N° 09 medición de las cantidades de fertilizante (NPK)



FOTO N° 10 Medición de las cantidades de E.M.-artesanal



FOTO N° 11 Preparación de la semilla de quinua



FOTO N° 12 Aplicación de gallinaza + EM



FOTO N° 13 Aplicación de fertilizante



FOTO N° 14 Siembra de quinua



FOTO N° 15 Primer riego



FOTO N° 16 Germinación de quinua



FOTO N° 17 Crecimiento de quinua



FOTO N° 18 Crecimiento de quinua



FOTO N° 19 Crecimiento de quinua

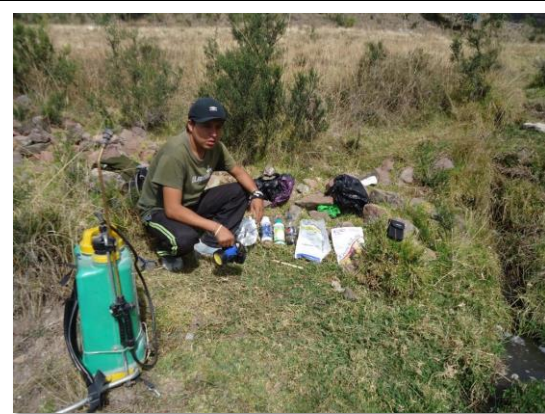


FOTO N° 20 Control fitosanitario



FOTO N° 21 Control fitosanitario



FOTO N° 22 Primera visita del asesor de la tesis



FOTO N° 23 Segunda visita del asesor de la tesis



FOTO N° 24 Segunda visita del asesor de la tesis



FOTO N° 25 Aporque



FOTO N° 26 Control de N° de plantas por metro lineal



FOTO N° 27 Respuesta de la quinua al aporque



FOTO N° 28 Tercera visita del asesor de la tesis



FOTO N° 29 Visita del Ing. ROLANDO BAUTISTA



FOTO N° 30 Identificación de unidades experimentales



FOTO N° 31 identificación de unidades experimentales



FOTO N° 32



FOTO N° 33 Tratamiento N°01



FOTO N° 34 Evaluación de la altura de la quinua



FOTO N° 35 Recajo de panojas por tratamiento para su cuantificación



FOTO N° 36 Diferencia de panoja por tratamiento (2 c/u)



FOTO N° 37 Diferencia de panoja por tratamiento (3 c/u)



FOTO N° 38 Evaluación de peso de panoja



FOTO N° 39 Evaluación de longitud de panoja



FOTO N° 40 Evaluación de peso de grano por panoja



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. YUDBERT MEJIA BENDEZU

R.D. N° 426-2023-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los cinco días del mes de setiembre del año dos mil veintitres, siendo las dieciseis horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida Decano(e) de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por la Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva, M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo como asesor, Dr. José Antonio Quispe Tenorio y M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez; actuando como secretario de actas el Mtro. Ennio Chauca Retamozo, para recibir la sustentación de la Tesis titulada: **Niveles de gallinaza, fertilización N-P-K y microorganismos eficientes en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) comunidad de Casaorcco-Carmen Alto (3300 msnm) - Ayacucho.** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **YUDBERT MEJIA BENDEZU**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberacion y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva	16	15	15	15
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo	16	16	16	16
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	15	15	15	15
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	15	15	16	15
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva
Presidente


.....
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo
Asesor


.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Jurado


.....
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R y la R.D. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

Niveles de gallinaza, fertilización N-P-K y microorganismos eficientes en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) comunidad de Casaorcco-Carmen Alto (3300 msnm) – Ayacucho.

Autor : Yudbert Mejía Bendezu

Asesor : Walter Augusto Mateu Mateo

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **veinte por ciento (20 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2292831030

Ayacucho, 12 de febrero de 2024



Ing. EDGAR TENDRID MANCILLA
Coordinador de control de originalidad - FCA

Niveles de gallinaza,
fertilización N-P-K y
microorganismos eficientes en
el rendimiento de quinua
(*Chenopodium quinoa* Willd.)
comunidad de Casaorcco-
Carmen Alto (3300 msnm) –
Ayacucho

por Yudbert Mejia Bendezu

Fecha de entrega: 12-feb-2024 09.2+U"a "·fl H7!\$) \$\$Ł

Identificador de la entrega: 2292831030

Nombre del archivo: 1-TESIS_YUBER_-_06-02-24.docx (49.91M)

Total de palabras: 25008

Total de caracteres: 127385

Niveles de gallinaza, fertilización N-P-K y microorganismos eficientes en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) comunidad de Casaorcco-Carmen Alto (3300 msnm) –Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	14%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	4%
3	1library.co Fuente de Internet	<1%
4	Junjie Guan, Milford A. Hanna. "Selected Morphological and Functional Properties of Extruded Acetylated Starch–Polylactic Acid Foams", Industrial & Engineering Chemistry Research, 2005 Publicación	<1%
5	www.monografias.com Fuente de Internet	<1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%

7

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

8

repositorio.unjfsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

9

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

10

doku.pub

Fuente de Internet

<1 %

11

repositorio.unicamp.br

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Niveles de gallinaza, fertilización NPK y microorganismos eficientes en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Comunidad de Casaorcco - Carmen Alto (3300 msnm) - Ayacucho

Bach. Yudbert Mejia Bendezu

mejiabendezuyuber@gmail.com

M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo

walter.mateu@unsch.edu.pe

Área: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistemas de producción Agrícola

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Casaorcco, ubicado en el distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho; a una altitud de 3300 msnm, con el objetivo de determinar los efectos de interacción y niveles óptimos de la aplicación de la gallinaza, fertilización NPK y microorganismos eficientes en el rendimiento de quinua. Se utilizó el Diseño 03 de Julio (D3J), con el cual se determinó 21 tratamientos en tres bloques, se consideró como población al total de plantas de quinua de la variedad Blanca Junín, para la evaluación de cada tratamiento se muestrearon 6 plantas mediante una selección aleatoria en la parte central de las unidades experimentales, en las cuales se realizaron las evaluaciones de altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y de la parcela para el rendimiento, como resultado se obtuvo que la aplicación de 2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 kg.ha⁻¹ de NPK y 25 l.ha⁻¹ reportó 3831.3 kg.ha⁻¹ de grano de quinua, mientras que el nivel óptimo de rendimiento del grano de quinua se obtuvo con la aplicación de 1830 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 145-100-45 NPK kg.ha⁻¹ y 34 l.ha⁻¹ de microorganismos eficientes, logrando un rendimiento de grano de quinua de 3785.12 kg.ha⁻¹. Se concluye que la combinación adecuada de los fertilizantes sintéticos y la gallinaza acompañado con microorganismos eficientes permiten obtener buenos rendimientos de quinua.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa* Willd., gallinaza, fertilización NPK, microorganismos eficientes.

ABSTRACT

The research work was carried out in the community of Casaorcco, located in the district of Carmen Alto, province of Huamanga, department of Ayacucho; at an altitude of 3300 meters above sea level, with the objective of determining the interaction effects and optimal levels of the application of chicken manure, NPK fertilization and efficient microorganisms on quinoa yield. The Design 03 de Julio (D3J) was used, with which 21 treatments were determined in three blocks, the total number of quinoa plants of the Blanca Junín variety was considered as a population, for the evaluation of each treatment, 6 plants were sampled through a random selection in the central part of the experimental units, in which the evaluations of plant height, panicle length, panicle weight, panicle grain weight and the plot for yield were carried out, as a result it was obtained that the application of 2 t.ha⁻¹ of poultry manure, 170-119-51 kg.ha⁻¹ of NPK and 25 l.ha⁻¹ reported 3831.3 kg.ha⁻¹ of quinoa grain, while the optimal level of yield of Quinoa grain was obtained with the application of 1830 kg.ha⁻¹ of chicken manure, 145-100-45 NPK kg.ha⁻¹ and 34 l.ha⁻¹ of efficient microorganisms, achieving a quinoa grain yield of 3785.12 kg.ha⁻¹. It is concluded that the appropriate combination of synthetic fertilizers and poultry manure accompanied by efficient microorganisms allow good quinoa yields to be obtained.

Keywords: *Chenopodium quinoa* Willd., poultry manure, NPK fertilization, efficient microorganisms.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta nativa de Los Andes y su origen se remonta alrededor del Lago Titicaca de Perú y Bolivia. Constituye un recurso vegetal potencial debido a su gran adaptabilidad tanto en latitud y altitud; se distribuye desde el nivel del mar hasta los 4,000 msnm (MINAGRI, 2016).

La aplicación de los fertilizantes en los suelos es muy importante ya que el cultivo absorbe los nutrientes del suelo unos más que otros, por tanto, existe un egreso o salida de los nutrientes al momento de la cosecha, la cual implica una disminución de nutrientes. Por ello es necesario la compensación de nutrientes previo una comparación del análisis de suelo, extracción del cultivo y el nivel de requerimiento del cultivo (Solid OPD, 2010).

Según MINAGRI (2016) para el año 2016, el mayor volumen corresponde al departamento de Puno con 44.4 %, mientras que el departamento de Ayacucho representa 21 % de volumen nacional y dentro ello, Huamanga tiene el 41.5 % y Cangallo 20.8 %. El rendimiento promedio de Ayacucho es 1,400 kg.ha⁻¹.

Actualmente, las causas de su bajo rendimiento en el cultivo de quinua, se atribuye a la aplicación de técnicas agronómicas deficientes, sumados al empobrecimiento de los suelos cultivados, principalmente por la falta de nutrientes; por tanto, es necesario emplear técnicas, inclinados a reducir los costos de los fertilizantes y aumentar los rendimientos en estos cultivos.

El principio fundamental de esta tecnología es la introducción de un grupo de microorganismos benéficos, para mejorar la condición de los suelos, y mejorar la eficacia en la utilización de la materia orgánica en los suelos (InfoAgro, 2014).

1. Evaluar el efecto de la interacción de los niveles de aplicación de la gallinaza, fertilización N-P-K y microorganismos eficientes, en la altura de la planta, peso de panoja, altura de panoja y rendimiento de grano de la quinua, variedad Blanca Junín.
2. Determinar el nivel óptimo de rendimiento de grano de quinua, en merito a la interacción de la gallinaza, fertilización N-P-K y microorganismos eficientes.
3. Evaluar el efecto de niveles de gallinaza en rendimiento de quinua.
4. Evaluar el efecto de niveles de fertilización NPK en rendimiento de quinua.
5. Evaluar el efecto de niveles de Microorganismo Eficientes –EM en rendimiento de quinua.
6. Analizar la rentabilidad económica por tratamiento aplicado.

METODOLOGÍA

Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la comunidad de Casaorcco distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho, ubicada geográficamente a una altitud de 3300 msnm, con coordenadas 13°13'03'' Latitud Sur, 74°13'53'' Longitud Oeste.

Análisis físico químico del suelo

Para conocer las características físicas y químicas del suelo, se efectuó el análisis físico-químico de una muestra de suelo, esta se tomó 4 muestras en forma aleatoria y se excavó una sección de 0.3*0.3 y de una profundidad de 0.2 m de la superficie del suelo agrícola, luego de ello las muestras extraídas(0.5 kg c/u) fueron mezclados y mullidos para tener un muestra homogénea y representativa de un 1 kg, para luego ser llevado a su respectivo análisis de suelo en el Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuyo resultado se muestra a en la tabla 1:

Tabla 1

Análisis Físico Químico del suelo Experimental Casaorcco-Carmen Alto.

Componente	Contenido	Interpretación
pH (H ₂ O)	8.25	Mod. alcalino
M.O (%)	1.75	Bajo
Nt (%)	0.08	Pobre
P (ppm)	4.6	Bajo
K (ppm)	81.9	Bajo
Arena (%)	49.3	
Limo (%)	24.4	Clase textural
Arcilla (%)	26.3	Franco arcilloso limoso

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet" del PIPG de la FCA-UNSCH.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo mostrado en la tabla 1, se trata de un suelo con pH moderadamente alcalino, pobre en materia orgánica y nitrógeno total, pobre en fósforo y en potasio disponible. La clase textural del suelo de acuerdo al triángulo de texturas, resultó pertenecer a un suelo franco arcillo limoso, por ello se concluye que el presente trabajo experimental se ejecutó en un suelo de baja fertilidad.

ANÁLISIS QUÍMICO DE LA GALLINAZA

El análisis químico de la gallinaza utilizada, también se realizó en el mismo laboratorio donde se analizó el suelo, Esta actividad se hizo con la finalidad de determinar la cantidad de elementos y propiedades químicas que contiene la gallinaza, cuyos resultados se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. *Análisis químico de la gallinaza.*

Fuente de	(%)						
Estiércol	pH	Nt	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ⁻⁴
Gallinaza	6.3	1.9	1.2	0.7	14.7	2.36	0.87

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” del PIPG de la FCA-UNSCH.

Condiciones Climáticas

Los datos climatológicos corresponden a la estación meteorológica de INIA, ubicada entre las coordenadas de 13° 10' 09" Latitud Sur y 74° 12' 82" Longitud Oeste y a una altitud 2,735 msnm, que se encuentra en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga – Ayacucho. Los datos se utilizaron para la elaboración del balance hídrico de acuerdo a la metodología propuesta por la ONERN (1980); cuyos resultados tomados fueron la precipitación, la temperatura máxima, media, y mínima durante el periodo del año 2019.

Durante el periodo vegetativo (junio a noviembre 2019), del experimento, la temperatura máxima fue de 25.85°C y la mínima fue de 6.63 °C, y respecto al balance hídrico fue un déficit, ya que en estos meses existe una precipitación pluvial casi nula.

Factores estudiados

Los factores considerados en el presente estudio son:

a. Nivel de gallinaza (G)

g1	:	0 t.ha ⁻¹
g2	:	1 t.ha ⁻¹
g3	:	2 t.ha ⁻¹
g4	:	3 t.ha ⁻¹
g5	:	4 t.ha ⁻¹

b. Nivel de fertilización NPK (F)

f1	:	0-0-0 kg.ha ⁻¹ NPK
f2	:	42.5 - 29.75 - 12.75 kg.ha ⁻¹ NPK (85 kg)
f3	:	85 - 59.50 - 25.50 kg.ha ⁻¹ NPK (170kg)
f4	:	127.5 - 89.25 - 38.25 kg.ha ⁻¹ NPK (255kg)
f5	:	170 - 119 - 51 kg.ha ⁻¹ NPK (340kg)

c. Nivel de microorganismos eficientes (EM)

em1	:	0 l.ha ⁻¹
em2	:	12.5 l.ha ⁻¹
em3	:	25 l.ha ⁻¹
em4	:	37.5 l.ha ⁻¹
em5	:	50 l.ha ⁻¹

Los tratamientos se obtuvieron en base a lo establecido en el diseño experimental para combinar los tres factores estudiados.

Tabla 3. Tratamientos

TRATAMIENTOS	CODIGO	DESCRIPCIÓN
T-1	g1 * f1 * em1	(0.0 t.ha ⁻¹ GA - 0.0 kg.ha ⁻¹ NF - 0.0 l.ha ⁻¹ EM)
T-2	g5 * f1 * em1	(4.0 t.ha ⁻¹ GA - 0.0 kg.ha ⁻¹ NF - 0.0 l.ha ⁻¹ EM)
T-3	g1 * f5 * em1	(0.0 t.ha ⁻¹ GA - 340 kg.ha ⁻¹ NF - 0.0 l.ha ⁻¹ EM)
T-4	g5 * f5 * em1	(4.0 t.ha ⁻¹ GA - 340 kg.ha ⁻¹ NF - 0.0 l.ha ⁻¹ EM)
T-5	g1 * f1 * em5	(0.0 t.ha ⁻¹ GA - 0.00 kg.ha ⁻¹ NF - 50 l.ha ⁻¹ EM)
T-6	g5 * f1 * em5	(4.0 t.ha ⁻¹ GA - 0.00 kg.ha ⁻¹ NF - 50 l.ha ⁻¹ EM)
T-7	g1 * f5 * em5	(0.0 t.ha ⁻¹ GA - 340 kg.ha ⁻¹ NF - 50 l.ha ⁻¹ EM)
T-8	g5 * f5 * em5	(4.0 t.ha ⁻¹ GA - 340 kg.ha ⁻¹ NF - 50 l.ha ⁻¹ EM)
T-9	g1 * f3 * em3	(0.0 t.ha ⁻¹ GA - 170 kg.ha ⁻¹ NF - 25 l.ha ⁻¹ EM)
T-10	g2 * f3 * em3	(1.0 t.ha ⁻¹ GA - 170 kg.ha ⁻¹ NF - 25 l.ha ⁻¹ EM)
T-11	g4 * f3 * em3	(3.0 t.ha ⁻¹ GA - 170 kg.ha ⁻¹ NF - 25 l.ha ⁻¹ EM)
T-12	g5 * f3 * em3	(4.0 t.ha ⁻¹ GA - 170 kg.ha ⁻¹ NF - 25 l.ha ⁻¹ EM)
T-13	g3 * f1 * em3	(2.0 t.ha ⁻¹ GA - 0.00 kg.ha ⁻¹ NF - 25 l.ha ⁻¹ EM)
T-14	g3 * f2 * em3	(2.0 t.ha ⁻¹ GA - 85.0 kg.ha ⁻¹ NF - 25 l.ha ⁻¹ EM)
T-15	g3 * f4 * em3	(2.0 t.ha ⁻¹ GA - 255 kg.ha ⁻¹ NF - 25 l.ha ⁻¹ EM)
T-16	g3 * f5 * em3	(2.0 t.ha ⁻¹ GA - 340 kg.ha ⁻¹ NF - 25 l.ha ⁻¹ EM)
T-17	g3 * f3 * em1	(2.0 t.ha ⁻¹ GA - 170 kg.ha ⁻¹ NF - 0.0 l.ha ⁻¹ EM)
T-18	g3 * f3 * em2	(2.0 t.ha ⁻¹ GA - 170 kg.ha ⁻¹ NF - 12.5 l.ha ⁻¹ EM)
T-19	g3 * f3 * em4	(2.0 t.ha ⁻¹ GA - 170 kg.ha ⁻¹ NF - 37.5 l.ha ⁻¹ EM)
T-20	g3 * f3 * em5	(2.0 t.ha ⁻¹ GA - 170 kg.ha ⁻¹ NF - 50 l.ha ⁻¹ EM)
T-21	g3 * f3 * em3	(2.0 t.ha ⁻¹ GA - 170 kg.ha ⁻¹ NF - 25 l.ha ⁻¹ EM)

Diseño experimental y análisis estadístico

El presente estudio de investigación se ejecutó como un experimento factorial, evaluándose dentro de un Diseño 03 de Julio (D3J); estudiándose tres factores: 5 niveles de gallinaza, 5 niveles de fertilización NPK y 5 dosis de EM como se indica en la tabla 2.5, con 3 repeticiones. El número de tratamientos ejecutados por repetición fue de 21 unidades experimentales, tal cual como lo plantea el Diseño elegido, N° Tratamientos = 2^K + 4K + 1=21. (Siendo K=número de factores en estudio). Se evaluó el rendimiento de grano de quinua y la interacción de los factores que se están utilizando para aumentar el rendimiento y la rentabilidad económica.

Modelo Aditivo Polinomial (Superficie de Respuesta):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_{11} X_{1i}^2 + \beta_{22} X_{2i}^2 + \beta_{33} X_{3i}^2 + \beta_{12} X_{1i} X_{2i} + \beta_{13} X_{1i} X_{3i} + \beta_{23} X_{2i} X_{3i} + \epsilon_i$$

Resumen:

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ii} X_i^2 + \sum b_{ij} X_i X_j + e$$

VARIABLES EVALUADAS

Las variables que se evaluó en este trabajo de investigación fueron: Altura de planta (m), longitud de panoja (cm), peso de panoja (g), peso de grano por panoja (g), rendimiento grano de quinua (kg.ha⁻¹) y estudio económico por tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Altura de planta (m)

En la tabla 4 de ANVA, muestra que entre bloques existe una diferencia estadística significativa, pero en lo que respecta entre los tratamientos se observa que es altamente significativa, lo que indica que los tratamientos tuvieron una influencia sobre la altura de planta.

Tabla 4. Análisis de variancia para la altura de la planta.

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	0.006955	0.003477	5.69	<0.0067*
Tratamiento	20	1.065108	0.053255	87.15	<0.0001**
Error	40	0.024444	0.000611		
Total	62	1.096508			

C.V.=1.53% R²=0.91

En la tabla 5 prueba de Duncan, se muestra que todos los tratamientos superan al testigo; siendo el valor más alto el tratamiento T16 (2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 340 kg de NPK sintético y 25 l.ha⁻¹ de E.M.) con una altura de 1.91 m; mientras que la altura más baja se obtuvo con el tratamiento T01 (Testigo: sin gallinaza, 00-00-00 de NPK sintético y 0.0 l.ha⁻¹), con una altura de 1.26 m. Para determinar la importancia de cada uno de estos tratamientos se realizó la prueba de Duncan (tabla 5) demostrando que la altura de planta más alto corresponde al tratamiento T16 (2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 340 kg de NPK sintético y 25 l.ha⁻¹ de E.M.) con 1.91 m la cual tienen una diferencia estadística y significativa respecto a los otros tratamientos. Los tratamientos sin diferencia estadística son los tratamientos que se muestran en la tabla 5.

Se observa que en los tratamientos abonados solo con gallinaza y microorganismos eficientes la altura de planta alcanzada valores mínimos respecto a los demás tratamientos; probablemente se debe a la lenta disponibilidad de nutrientes para la planta. El tratamiento T01 (Testigo: sin gallinaza, sin NPK sintético y sin EM), es el tratamiento con menor altura de planta, con diferencia altamente significativa respecto a los demás tratamientos.

De La Cruz (2003) menciona que, en Manallasacc a 3640 msnm con fertilización NPK en cuatro variedades de quinua reporto que la variedad Blanca de Junín, alcanzó la mayor altura 76.50 cm con la fórmula de abonamiento de 150- 90-60 NPK.

Tabla 5. Prueba de Duncan (0.05) para altura de planta de quinua

Trat.	Código			Niveles reales			Altura m	Significación de Duncan
	X1	X2	X3	GA (t.ha ⁻¹)	NF (kg.ha ⁻¹)	EM (l.ha ⁻¹)		
T-16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	1.91	a
T-15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	1.77	b
T-7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	1.73	b
T-8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	1.67	c
T-11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	1.67	c
T-10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	1.66	c
T-3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	1.64	cd
T-18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	1.64	cd
T-12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	1.64	cd
T-4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	1.64	cd
T-17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	1.63	cd
T-20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	1.63	cd
T-21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	1.62	cd
T-9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	1.62	cd
T-19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	1.61	d
T-14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	1.60	d
T-2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	1.52	e
T-6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	1.51	e
T-13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	1.51	e
T-5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	1.37	f
T-1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	1.26	g

Tapia (1979), menciona que, la variedad Blanca de Junín alcanzó una altura de 1.60 a 2.00 m. La altura de planta con los tratamientos estudiados varía de 83.5 hasta 135.9 cm, la altura máxima alcanzada es superior a De la Cruz y Fernández, pero menor a lo afirmado por Tapia; esta observación es corroborado por Mujica (1993), quien afirma que las quinuas en las condiciones de valle interandinos son de gran tamaño. Incremento de las dosis de abonamiento el tamaño de la planta muestra respuesta, debido a que cuando existe mayor disponibilidad de nutrientes para la planta este se absorbe bien permitiendo el desarrollo acelerado de tejidos, sobre todo en la división mitótica; de este modo las plantas muestran mayor talla. Es así que a medida que las dosis se incrementan, también se observa mayor respuesta del cultivo mostrando una performance de mayor altura.

Chávez (2018) en el distrito de Huari Ancash a 3100 msnm, realizó la evaluación de la respuesta de la dosis de nitrogenada, fosfórica y potasio, en el cultivo de quinua de la variedad INIA 415 Pasankalla, se encontró una altura máxima 1.73 m de planta que corresponde a la dosis de 160, 100 y 160 kg.ha⁻¹ de NPK.

2. Longitud de panoja (cm)

El tratamiento T16 (2000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 340 kg ha⁻¹ NPK sintético y 25 l.ha⁻¹) presenta

el valor más alto, con una longitud de 55.88 cm, seguido por el tratamiento T15 y T7 con una longitud de 52.63 cm y 20.39 cm respectivamente; y como en las anteriores variables la menor longitud se obtuvo con el tratamiento T01 (Testigo), con una longitud de 23.08 cm. En la tabla 6 de ANVA, se muestra que entre los bloques y los tratamientos existe una diferencia altamente significativa, lo que indica que los tratamientos aplicados tuvieron una influencia sobre la altura de planta.

Tabla 6. Análisis de variancia de longitud de panoja de quinua.

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	43.474486	21.737243	14.58	<0.0001**
Tratamiento	20	5620.311276	281.015564	188.43	<0.0001**
Error	40	59.654581	1.491365		
Total	62	5723.440343			

C.V.=3.58%

R²=0.88

En la tabla 7 prueba de Duncan, se muestra que todos los tratamientos superan al testigo; siendo el valor más alto el tratamiento T16 (2 t.ha⁻¹ de gallinaza, 340 kg de NPK sintético y 25 l.ha⁻¹ de E.M.) con una longitud de 55.88 cm; mientras que la altura más baja se obtuvo con el tratamiento T01 (Testigo: sin gallinaza, 00-00-00 de NPK sintético y 0.0 l.ha⁻¹), con una altura de 23.08 cm. De acuerdo a los resultados del grado de significación de Duncan, todos los tratamientos tienen variación significativa, algunos son similares.

Tabla 7. Prueba de Duncan (0.05) de longitud de panoja (cm) de quinua.

Trat.	Código			Niveles reales			Long. cm	significación de Duncan
	X1	X2	X3	GA (t.ha ⁻¹)	NF (kg.ha ⁻¹)	EM (l.ha ⁻¹)		
T-16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	55.88	a
T-15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	52.63	b
T-7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	50.39	c
T-11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	45.28	d
T-8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	40.09	e
T-10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	37.40	f
T-3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	35.24	g
T-12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	33.42	gh
T-18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	33.27	gh
T-4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	32.26	hi
T-17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	31.65	hi
T-20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	30.44	ij
T-9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	29.70	jk
T-21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	29.55	jk
T-19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	28.19	kl
T-14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	26.31	lm
T-6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	25.74	mn
T-2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	25.67	mn
T-13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	24.64	no
T-5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	23.80	no
T-1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	23.08	o

De La Cruz (2003) menciona que, en Manallasacc a 3640 msnm, reportó que la variedad Blanca de Junín, alcanzó una longitud de panoja 17.33 cm con la fórmula de abonamiento de 150-90-00 NPK. Así mismo Oriundo (2010) en Canaán a 2750 msnm, reportó que la variedad Blanca de Junín, alcanzó longitud de panoja de 70.10 cm con 2.5 t.ha⁻¹ de guano de isla incubado en microorganismos por 20 días.

Herreros (2018) en el distrito de Majes Arequipa realizó la evaluación de la respuesta de la fertilización nitrogenada y fosfórica del cultivo de quinua de la variedad Salcedo INIA, en la cual se encontró que la mayor longitud de panoja de quinua se obtuvo con el T5 (270-90-100 kg.ha⁻¹ de N P K) con 62.03 cm.

3. Peso de panoja (g)

Los resultados del peso de panoja, que varían desde 56.84 g. que corresponde al tratamiento T01 (Testigo: sin gallinaza, 00-00-00 NPK sintético y 0 microorganismos eficientes) hasta 327.86 g. en el tratamiento T16 (2000 kg ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 NPK sintético y 25 l ha⁻¹). En tabla 8 de ANVA muestra que existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos y bloques, lo que indica que si hubo influencia de los factores aplicados en el peso de panoja de quinua.

Tabla 8. Análisis de variancia para peso de panoja de quinua.

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	1668.2517	834.125800	32.93	<0.0001**
Tratamiento	20	344134.2863	17206.714300	679.27	<0.0001**
Error	40	1013.2513	25.3313		
Total	62	346815.7893			

C.V.=3.58%

R²=0.91

Para determinar la importancia de cada uno de estos tratamientos se realizó la prueba de Duncan (tabla 9) demostrando que el máximo peso de panoja de quinua, corresponden al tratamiento T16 (2000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-41 NPK sintético y 25 l.ha⁻¹) con 327.86 g. en cambio, los tratamientos que no tienen diferencia entre ellos, de acuerdo a una forma descendente, sería T7 y T15, T11 y T8, T4 - T3 - T12 - T18 y T17 - T20 - T21, los demás tratamientos si tienen parecido en su resultado.

Se observa que los tratamientos abonados con gallinaza, 00-00-00 NPK sintético y aplicación de EM, el peso de panoja alcanzó menor peso respecto a los demás tratamientos que cuentan NPK; probablemente se debe a la lenta disponibilidad de nutrientes para la planta cuando se abona con guano de isla.

El tratamiento T01 (Testigo: sin abonamiento de gallinaza, 00-00- 00 de NPK sintético y 00 microorganismo eficientes), es el tratamiento con menor peso de panoja, con diferencia altamente significativa respecto a los demás tratamientos.

Tabla 9. Prueba de Duncan (0.05) para peso de panoja de quinua.

Trat.	Código			Niveles reales			Peso. g.	Significación de Duncan
	X1	X2	X3	GA (t.ha ⁻¹)	NF (kg.ha ⁻¹)	EM (l.ha ⁻¹)		
T-16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	327.86	a
T-7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	288.96	b
T-15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	288.57	b
T-11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	273.65	c
T-8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	269.11	c
T-10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	257.23	d
T-4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	227.55	e
T-3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	227.51	e
T-12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	222.58	e
T-18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	220.06	e
T-17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	207.57	f
T-20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	201.04	f
T-21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	200.01	f
T-19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	191.50	g
T-9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	189.52	g
T-14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	180.46	h
T-2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	114.56	i
T-6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	99.50	j
T-13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	87.06	k
T-5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	75.78	l
T-1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	56.84	m

4. Peso de grano por panoja (g)

Los resultados del peso de grano varían desde 3.95 g, que corresponde al tratamiento T01 (Testigo: 0 t.ha⁻¹ gallinaza, 00-00-00 NPK sintético, y 0 l.ha⁻¹) hasta 14.34 g. en el tratamiento T16 (2000 kg.ha⁻¹ gallinaza, 170-119-51 NPK sintético y 25 l.ha⁻¹ de EM). La tabla 10 de ANVA muestra diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos lo que indica que hubo influencia de los factores aplicados en el peso de grano de quinua.

Tabla 10. Análisis de variancia para peso de grano de quinua por panoja.

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	3.418866	1.709433	42.86	<0.0001**
Tratamiento	20	769.768533	38.488426	965.11	<0.0001**
Error	40	1.595200	0.03988		
Total	62	774.782600			

C.V.=1.79%

R²=0.95

Para determinar la importancia de cada uno de estos tratamientos se realizó la prueba de Duncan (Tabla 11) demostrando que peso de grano de quinua por panoja, se obtiene el valor más alto con el tratamiento T16 (2000 kg ha⁻¹ gallinaza, 340 kg.ha⁻¹ NPK sintético y 25 l.ha⁻¹) la cual es 14.34 g, pero no existe una diferencia altamente significativa el T16, T15 y T17, cuyos valores solo se diferencian en decimales.

Se observó que en los tratamientos abonados solo con gallinaza y/o microorganismos, el peso

de grano de quinua por panoja alcanzada bajo valor respecto a los demás tratamientos que si cuentan con niveles de fertilización; probablemente se debe a la lenta disponibilidad de nutrientes para la planta como resultado del abonamiento con guano de isla. El tratamiento T01 (Testigo: sin abonamiento con gallinaza, 00-00- 00 de NPK sintético y sin microorganismos eficientes), es el tratamiento con menor peso de grano de quinua con panoja, con diferencia altamente significativa respecto a los demás tratamientos.

Tabla 11. Prueba de Duncan (0.05) para grano de quinua por panoja.

Trat.	Código			Niveles reales			Peso g	Significación de Duncan
	X1	X2	X3	GA (t.ha ⁻¹)	NF (kg.ha ⁻¹)	EM (l.ha ⁻¹)		
T-16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	14.34	a
T-15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	14.15	ab
T-7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	14.10	abc
T-11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	13.93	bc
T-10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	13.78	cd
T-8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	13.76	cd
T-3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	13.44	de
T-12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	13.32	e
T-18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	13.21	e
T-4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	13.13	ef
T-17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	12.85	f
T-20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	12.32	g
T-21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	12.31	g
T-9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	11.99	g
T-19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	11.27	h
T-14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	9.38	i
T-6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	6.66	j
T-2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	6.55	j
T-13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	4.86	k
T-5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	4.30	l
T-1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	3.95	m

El análisis de regresión para estimar la influencia del abonamiento con gallinaza(X1), NPK sintético (X2) y EM(X3), en el peso de grano de quinua, muestra alta significación estadística para el componente lineal del primer(X1) y segundo(X2) factor y no existe diferencia significativa alguna en el factor tres (X3), respecto al componente cuadrático muestra alta significación estadística en el factor dos(X2), y en la interacción es altamente significativo la combinación del factor uno y dos, que en ambos casos otorgan mejor resultado al peso de grano de quinua por panoja.

5. Rendimiento

En la figura 1, se observa los resultados del rendimiento de grano de quinua, donde se verifica que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo el valor más alto al tratamiento T16 (4000 kg.ha⁻¹ guano de isla y 120-100-80 NPK sintético) con un

rendimiento de 3,773.8 kg.ha⁻¹; mientras que el rendimiento más bajo se obtuvo con el tratamiento T01 (testigo: sin gallinaza, 00-00-00 NPK y 0.000 l.ha⁻¹ de microorganismos eficientes), con un rendimiento de 1,001.1 kg ha⁻¹.

La tabla 12 de ANVA, muestra diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, lo que indica que los factores en estudio tuvieron influencia sobre el rendimiento. La alta significación estadística entre bloques se debe a que estos estaban ubicados en un terreno experimental cuya pendiente equivalía a un 25%, y esta pendiente tuvo mucha influencia respecto al riego ya que esta actividad se iniciaba de la parte superior, y que por el principio de la gravedad esta infiltraba a la parte inferior en forma indirecta. Por ello haciendo un promedio rápido del total de grano de quinua obtenido entre los tres bloques, se determina que existe una diferencia en rendimiento en promedio de 75 kg.ha⁻¹, en cada bloque, siendo el menor el bloque I, y el mayor valor en el bloque III.

Figura 1. Rendimiento de grano (kg.ha⁻¹) de quinua Blanca Junín de acuerdo a los tratamientos estudiados en condiciones de Casaorcco-Ayacucho.

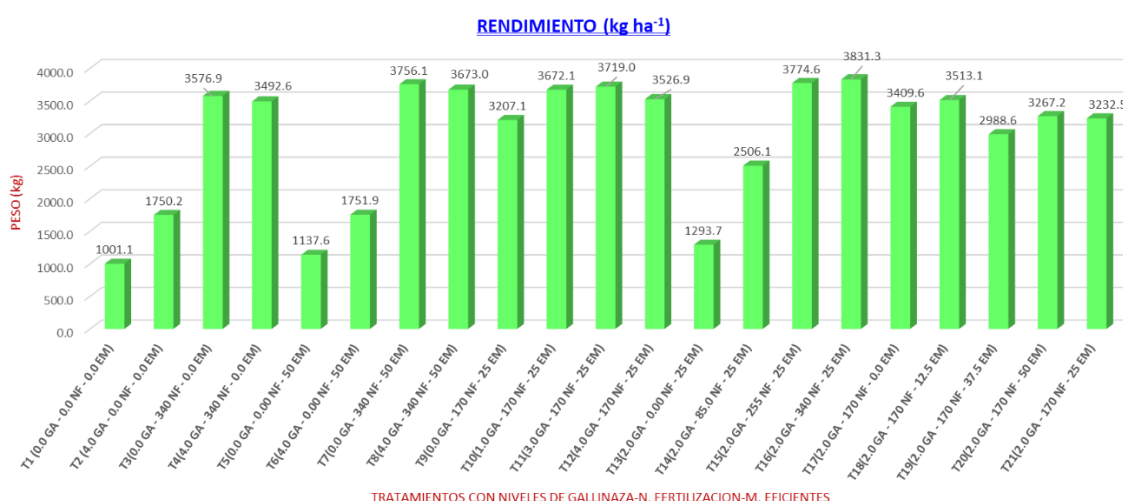


Tabla 12. Análisis de variancia del rendimiento de grano de quinua Blanca Junín en la comunidad de Casaorcco.

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	0.078981	0.039490	39.60	<0.0001**
Tratamiento	20	16.107219	0.805360	807.67	<0.0001**
Error	40	0.039885	0.000997		
Total	62	16.22608			

c.v.=1.97% R²=0.96

Para contrastar las medias de los tratamientos se realizó la prueba de Duncan al 0.05 (Tabla 13). Esta prueba señala que el rendimiento más alto corresponde al tratamiento T16 (2000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 NPK y 25 l.ha⁻¹ EM) con 3831.3 kg.ha⁻¹. Existe

tratamientos la cuales no tienen diferencia significativa entre ellos, es decir; la aplicación de los factores en cada tratamiento tiene como resultado un rendimiento parecido, la cuales en forma descendente, como primer grupo agrupado según Duncan son: T15, T7 y T11, que en promedio tienen un rendimiento de 3749.9 kg.ha⁻¹, el segundo grupo T10 y T8 con un rendimiento promedio de 3672.55 kg.ha⁻¹, el tercer grupo T3, T12 y T18 con un rendimiento promedio de 3538.96 kg.ha⁻¹, el cuarto grupo T4 y T17 con un rendimiento promedio de 3451.1 kg.ha⁻¹, el quinto grupo T20, T21 y T9 con un rendimiento promedio de 3235.6 kg.ha⁻¹, el sexto grupo la cual solo está el T19 con un rendimiento de 2988.6 kg.ha⁻¹, el séptimo grupo que también solo es el T14 con un rendimiento de 2506.1 kg.ha⁻¹.

Tabla 13. Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de grano (kg.ha⁻¹) de quinua Blanca Junín en la comunidad de Casaorcco.

Trat.	Código			Niveles reales			Rdto kg ha ⁻¹	Significación de Duncan
	X1	X2	X3	GA (t ha ⁻¹)	NF (kg ha ⁻¹)	EM (l ha ⁻¹)		
T-16	0	2	0	2.0	340.0	25.0	3831.3	a
T-15	0	1	0	2.0	255.0	25.0	3774.6	ab
T-7	-2	2	2	0.0	340.0	50.0	3756.1	ab
T-11	1	0	0	3.0	170.0	25.0	3719.0	ab
T-10	-1	0	0	1.0	170.0	25.0	3672.1	b
T-8	2	2	2	4.0	340.0	50.0	3673.0	b
T-3	-2	2	-2	0.0	340.0	0.0	3576.9	bc
T-12	2	0	0	4.0	170.0	25.0	3526.9	bc
T-18	0	0	-1	2.0	170.0	12.5	3513.1	bc
T-4	2	2	-2	4.0	340.0	0.0	3492.6	c
T-17	0	0	-2	2.0	170.0	0.0	3409.6	c
T-20	0	0	2	2.0	170.0	50.0	3267.2	cd
T-21	0	0	0	2.0	170.0	25.0	3232.5	cd
T-9	-2	0	0	0.0	170.0	25.0	3207.1	cd
T-19	0	0	1	2.0	170.0	37.5	2988.6	d
T-14	0	-1	0	2.0	85.0	25.0	2506.1	e
T-6	2	-2	2	4.0	0.0	50.0	1751.9	f
T-2	2	-2	-2	4.0	0.0	0.0	1750.2	f
T-13	0	-2	0	2.0	0.0	25.0	1293.7	g
T-5	-2	-2	2	0.0	0.0	50.0	1137.6	h
T-1	-2	-2	-2	0.0	0.0	0.0	1001.1	i

Se encontró, incremento significativo en el rendimiento del cultivo de quinua, con la aplicación de NPK y abono orgánico (gallinaza). Como se observa en los rendimientos del tratamiento T01 (sin gallinaza, 00-00-00 NPK sintético y sin microorganismo eficiente), respecto al tratamiento T4 (4000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 NPK sintético y sin microorganismos eficientes) y T17 (2000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 85-59.5-25.5 NPK sintético sin microorganismos eficientes) y no habiendo respuesta notable al incremento con la aplicación de microorganismo eficiente.

Por tanto, los resultados sugieren que el abonamiento orgánico y sintético tuvo un efecto positivo, que se traduce en mayores rendimientos cuantitativamente tal como se observa en

la tabla 3.18. Esta respuesta probablemente se debe a que el abonamiento con gallinaza debido a sus propiedades de ser un abono orgánico, mejora las condiciones físico - químicas y microbiológicas del suelo .

Herreros (2018), en el distrito de Majes Arequipa realizó la evaluación de la respuesta de la fertilización nitrogenada y fosfórica del cultivo de quinua de la variedad Salcedo INIA, en la cual encontró que la mayor rendimiento de grano de quinua obtuvo con el T1 (90-90-100 kg.ha⁻¹ de N P K) con 4974 kg.ha⁻¹ En los resultados se pueden hacer comparaciones; como la de los tratamientos con la máxima dosis de abonamiento sintético; T03 (sin gallinaza, 170-119-51 NPK sintético y sin EM) y máxima dosis de abonamiento con gallinaza T02 (4000 kg.ha⁻¹ gallinaza, 00-00-00 NPK sintético y sin EM); se observa que ambos tratamientos se encuentran diferenciados casi en el doble de rendimiento entre los niveles de producción estadísticamente visto. Otra de las observaciones es al comparar el T18(2000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 85-59.5-25.5 NPK y 12.5 l.ha⁻¹ EM) con el T03 (sin gallinaza, 170-119-51 NPK sintético y sin EM), cuyos valores de rendimiento son semejantes. Estos resultados indican que es lo mismo producir grano de quinua con los niveles de ambos factores en estudio que poner solo fertilizante en su máxima dosis. Tomando en cuenta solo el rendimiento, mas no otras cualidades como: Calidad de grano, sostenibilidad de la actividad agrícola, precocidad del cultivo, costo de insumo para la fertilización y abonamiento, etc. Tapia (1979), menciona que el rendimiento del cultivo de quinua, variedad Blanca de Junín, varía mucho según el nivel de fertilización, pudiendo obtenerse hasta 2,500 kg.ha⁻¹, con niveles de 80-40-00 de NPK. Palomino (2006), en Canaán a 2750 msnm abonando el terreno con 7.5 t.ha⁻¹ de estiércol ovino obtuvo un rendimiento de 2,588.8 kg.ha⁻¹ y cuando la dosis de estiércol aumentó a 15.0 t.ha⁻¹ el rendimiento llegó a 4,694 kg.ha⁻¹ .

Del mismo modo, Oriundo (2010), en Canaán a 2750 msnm abonando el terreno con 2500 kg.ha⁻¹ guano de isla incubado en microorganismos, tuvo un rendimiento de 4047.9 kg.ha⁻¹ .

De la Cruz (2003) menciona que, a 3640 msnm con un nivel de abonamiento 150-90-60 NPK, obtuvo un rendimiento de 2570.64 kg.ha⁻¹. Los rendimientos de grano alcanzados con el presente trabajo varían de 1001.1 kg.ha⁻¹ a 3831.3 kg.ha⁻¹ valores que se asemejan a los encontrados por los autores anteriormente citados. Debe observarse que la variación está en función a diversos factores; en el presente caso al abonamiento, precipitación, altitud, suelo, presencia de plagas y enfermedades etc.

Apaza y Rodríguez (2006), recomienda, utilizar guano de islas 0.5 t.ha⁻¹ a la siembra y después del primer deshierbo.

Comparando estas recomendaciones y estudios nuestro trabajo experimental presenta tratamientos con mayores niveles de abonamiento con gallinaza desde 00 kg.ha⁻¹ hasta 4000 kg ha⁻¹, 00-00-00 hasta 170-119-51 NPK sintético y 00 l.ha⁻¹ de EM hasta 50 l.ha⁻¹. Se plantearon la necesidad de determinar los niveles que maximizan el rendimiento. Del mismo modo (Mujica, 1983), menciona que el potencial de rendimiento de grano de quinua alcanza a 11 t.ha⁻¹. Al realizar el análisis de regresión (tabla 14) para estimar la influencia del abonamiento con la gallinaza, el NPK sintético y microorganismos eficientes, en el rendimiento, se encontró una significación estadística para los componentes lineales de los factores uno(X1) y dos(X2), y no encontrando diferencia significativa para el factor tres(X3). Para los componentes cuadráticos no se encontrándose significación estadística para el factor uno(X1) y tres(X3), solo existe diferencia significativa para el factor dos(X2), para los componentes de interacción se observa que solo existe una alta diferencia significativa solo cuando se junta los factores uno y dos, señalando que es posible incrementar el abonamiento con gallinaza, así como aplicar mayores niveles de NPK sintético para posibilitar un mayor rendimiento del cultivo de quinua.

Chávez (2018), en su tesis, demostró que las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio que se deberá de aplicar al cultivo de quinua de la variedad INIA 415 Pasankalla para obtener en máximo rendimiento es de la siguiente manera, para el Nitrógeno el rendimiento de la quinua aumenta conforme se incrementa la cantidad del nutriente hasta llegar al máximo que es 160 kg.ha⁻¹ de N, en el caso del fósforo llego al máximo de 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y respecto al potasio el máximo fue de 160 kg.ha⁻¹ de K₂O, alcanzándose un rendimiento máximo de 6.59 t.ha⁻¹. Si se incrementa la cantidad de cada uno de los nutrientes por encima del máximo el rendimiento empieza a disminuir.

Tabla 14. Análisis de regresión para el rendimiento de quinua Blanca Junín, en la comunidad de Casaorcco.

F.V.	GL	S.C	CM	FC	Pr>F
MODEL	9	15.6925	1.7436	173.20	< 0.0001 **
Gallinaza	1	0.1992	0.1992	19.79	< 0.0001 **
NPK	1	12.0404	12.0404	1196.05	< 0.0001 **
EM	1	0.0006	0.0006	0.07	0.7978 NS
Galliaza ²	1	0.0055	0.0055	0.55	0.4624 NS
NPK ²	1	1.7817	1.7817	176.99	< 0.0001 **
EM ²	1	0.0191	0.0191	1.90	0.1740 NS
Gallinaza*NPK	1	0.2562	0.2562	25.46	< 0.0001 **
Gallinaza*EM	1	0.002	0.0020	0.20	0.6563 NS
NPK*EM	1	0.0054	0.0054	0.54	0.4672 NS
Error	53	0.5335	0.0100		
Total	62	16.2260			

C.V.=6.28%

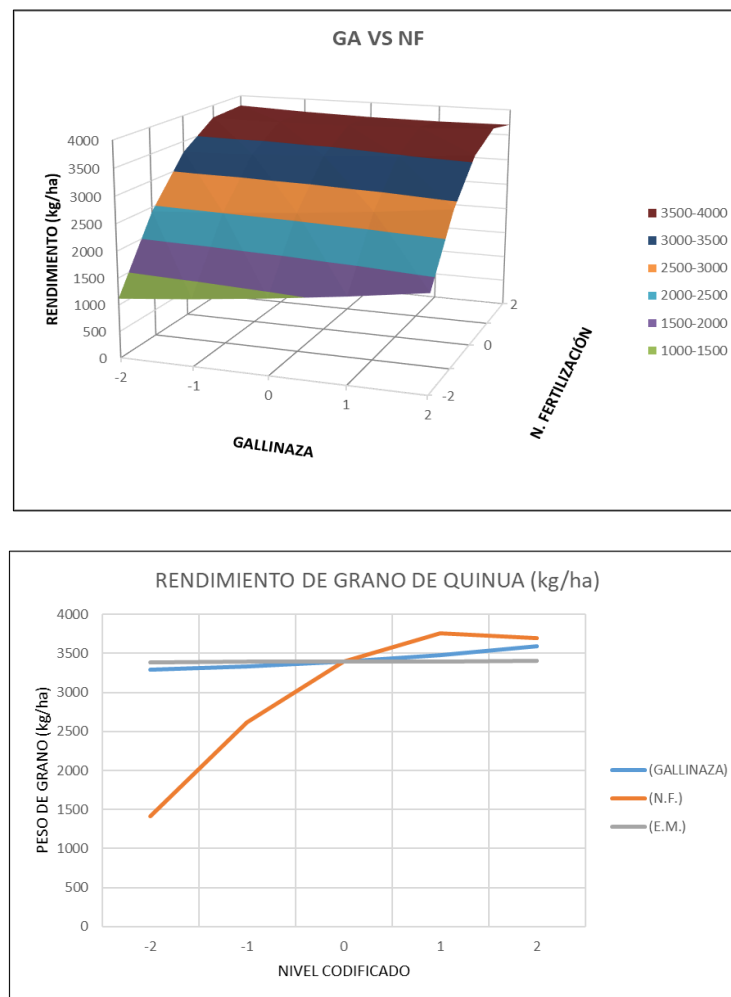
Considerando el modelo polinomial (superficie de respuesta):

$$f(x) = Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + e$$

$$Y = 1.8336 + 0.0397X_1 + 0.3091X_2 + 0.0023X_3 + 0.0063X_1^2 - 0.1133X_2^2 - 0.0117X_3^2 - 0.0258X_1X_2 - 0.0022 X_1X_3 + 0.0037X_2X_3 + e$$

El grafico de superficie de respuesta sería el siguiente:

Figura 2. Superficie de respuesta para el peso del rendimiento de grano de quinua Blanca Junín en las condiciones de Casaorcco y Efecto de la Gallinaza, fertilización (NPK) y EM en el rendimiento de grano de quinua Blanca Junín en las condiciones de Casaorcco



Niveles óptimos que maximizan el rendimiento del grano de quinua

Teniendo en cuenta el modelo polinomial del D3J (diseño del tres de julio), diseño utilizado en este trabajo de investigación, como resultado se tiene los coeficientes numéricos de la ecuación o polinomio la cual es:

$$f(x) = Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + e$$

$$Y = 1.8336 + 0.0397X_1 + 0.3091X_2 + 0.0023X_3 + 0.0063X_1^2 - 0.1133X_2^2 - 0.0117X_3^2 - 0.0258X_1X_2 - 0.0022 X_1X_3 + 0.0037X_2X_3 + e$$

Para determinar los niveles que maximizan el rendimiento de grano de quinua, se determinaron las derivadas de la ecuación calculada del rendimiento, Resolviendo las tres ecuaciones, se obtuvo los niveles codificados que optimizan el rendimiento, las cuales fueron: $X_1 = -0.163$, $X_2 = 1.391$ y $X_3 = 0.6945$, decodificando estos valores corresponderían a una aplicación de $X_1 = 1830 \text{ kg.ha}^{-1}$ de gallinaza, $X_2 = 145-100-45 \text{ NPK}$ y $X_3 = 34 \text{ l.ha}^{-1}$, aplicando estos valores con las mismas condiciones del lugar donde se ejecutó la investigación (Casaorcco), se obtendría un rendimiento máximo de $3785.12 \text{ kg.ha}^{-1}$.

Mérito económico de los tratamientos estudiados

Según la tabla 15, los tratamientos en estudio demostró que el abonamiento con niveles de 1000 kg.ha^{-1} de gallinaza, $85-59.5-25.5 \text{ NPK kg.ha}^{-1}$ y la aplicación de 25 l.ha^{-1} de M.E logró alcanzar un rendimiento de grano de quinua de $3,672.10 \text{ kg.ha}^{-1}$, con rentabilidad de 93.1% , demostrando que el cultivo de quinua es una actividad rentable.

Tabla 15. Mérito económico de los tratamientos de fuentes de abono orgánico en tres variedades de quinua, Canaán 2750 msnm.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION (tn/ha - kg/ha - lt/ha)	COSTO TOTAL DE PRODUCCION	RDTO. DE GRANO SELECCIONADO	COSTO UNITARIO DE PRODUCCION	PRECIO UNITARIO DE VENTA (*)	INDICE DE RENTABILIDAD
		S/. POR Ha	kg por Ha	s/. Por kg.	s/. Por kg.	%
T-1	0.0 GA - 0.0 NF - 0.0 EM	S/. 8,730.13	1001.10 kg	S/. 8.72	S/. 5.50	-36.93%
T-2	4.0 GA - 0.0 NF - 0.0 EM	S/. 10,663.64	1750.17 kg	S/. 6.09	S/. 5.50	-9.73%
T-3	0.0 GA - 340 NF - 0.0 EM	S/. 10,320.42	3576.94 kg	S/. 2.89	S/. 5.50	90.62%
T-4	4.0 GA - 340 NF - 0.0 EM	S/. 12,139.50	3492.59 kg	S/. 3.48	S/. 5.50	58.24%
T-5	0.0 GA - 0.00 NF - 50 EM	S/. 9,320.95	1137.58 kg	S/. 8.19	S/. 5.50	-32.87%
T-6	4.0 GA - 0.00 NF - 50 EM	S/. 11,235.95	1751.85 kg	S/. 6.41	S/. 5.50	-14.25%
T-7	0.0 GA - 340 NF - 50 EM	S/. 10,917.11	3756.15 kg	S/. 2.91	S/. 5.50	89.23%
T-8	4.0 GA - 340 NF - 50 EM	S/. 12,736.35	3672.99 kg	S/. 3.47	S/. 5.50	58.61%
T-9	0.0 GA - 170 NF - 25 EM	S/. 9,937.36	3207.06 kg	S/. 3.10	S/. 5.50	77.50%
T-10	1.0 GA - 170 NF - 25 EM	S/. 10,458.88	3672.10 kg	S/. 2.85	S/. 5.50	93.10%
T-11	3.0 GA - 170 NF - 25 EM	S/. 11,380.64	3718.96 kg	S/. 3.06	S/. 5.50	79.73%
T-12	4.0 GA - 170 NF - 25 EM	S/. 11,811.94	3526.91 kg	S/. 3.35	S/. 5.50	64.22%
T-13	2.0 GA - 0.00 NF - 25 EM	S/. 9,971.68	1293.73 kg	S/. 7.71	S/. 5.50	-28.64%
T-14	2.0 GA - 85.0 NF - 25 EM	S/. 10,447.27	2506.07 kg	S/. 4.17	S/. 5.50	31.93%
T-15	2.0 GA - 255 NF - 25 EM	S/. 11,239.76	3774.62 kg	S/. 2.98	S/. 5.50	84.71%
T-16	2.0 GA - 340 NF - 25 EM	S/. 11,556.71	3831.26 kg	S/. 3.02	S/. 5.50	82.33%
T-17	2.0 GA - 170 NF - 0.0 EM	S/. 10,594.47	3409.63 kg	S/. 3.11	S/. 5.50	77.01%
T-18	2.0 GA - 170 NF - 12.5 EM	S/. 10,751.69	3513.09 kg	S/. 3.06	S/. 5.50	79.71%
T-19	2.0 GA - 170 NF - 37.5 EM	S/. 10,965.72	2988.59 kg	S/. 3.67	S/. 5.50	49.90%
T-20	2.0 GA - 170 NF - 50 EM	S/. 11,146.99	3267.16 kg	S/. 3.41	S/. 5.50	61.20%
T-21	2.0 GA - 170 NF - 25 EM	S/. 10,856.19	3232.54 kg	S/. 3.36	S/. 5.50	63.77%
T-Rdto Max.	1.83 GA - 290 NF - 34 EM	S/. 11,387.21	3785.12 kg	S/. 3.01	S/. 5.50	82.82%

CONCLUSIONES

1. El mejor resultado en altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y el rendimiento de grano de quinua, se obtuvo con aplicación de 2 t.ha^{-1} de gallinaza, $170-119-51 \text{ kg.ha}^{-1}$ de NPK y 25 l.ha^{-1} se logró 1.91m , 55.88cm , 327.86g , 14.34g y $3831.3 \text{ kg.ha}^{-1}$ respectivamente, seguido con mínima diferencia de la aplicación 2 t.ha^{-1} de gallinaza, $127.5-89.25-38.25 \text{ kg.ha}^{-1}$ de NPK y 25 l.ha^{-1} de microorganismos eficientes.

Con la interacción de niveles de fertilización y microorganismos eficientes, el mejor resultado se obtuvo con 0 t.ha⁻¹ de gallinaza, 170-119-51 kg.ha⁻¹ de NPK y 50 l.ha⁻¹ de microorganismos eficientes, logrando 1.73 m, 50.39 cm, 288.96 g, 14.10 g y 3756.1 kg.ha⁻¹ respectivamente.

2. El nivel óptimo de rendimiento del grano de quinua, se obtuvo con la aplicación de 1,830 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 145-100-45 NPK kg.ha⁻¹ y 34 l.ha⁻¹ de EM, con rendimiento de grano de quinua de 3785.12 kg.ha⁻¹.
3. Los niveles de gallinaza que tuvieron mejor efecto, en la altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y el rendimiento de grano de quinua, con aplicación de 4 t.ha⁻¹.
4. Los niveles de fertilización (NPK) que tuvieron mejor efecto, en altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y el rendimiento de grano de quinua fue la aplicación de 170-119-51 kg.ha⁻¹ NPK.
5. Los niveles de Microorganismos que tuvieron mejor efecto, en la evaluación de la altura de planta, longitud de panoja, peso de panoja, peso de grano de panoja y el rendimiento de grano de quinua, según resultado fue la aplicación de 50 l.ha⁻¹.
6. El análisis de la rentabilidad económica de los tratamientos en estudio demostró que el abonamiento con niveles de 1000 kg.ha⁻¹ de gallinaza, 85-59.5-25.5 NPK kg.ha⁻¹ y la aplicación de 25 l.ha⁻¹ de M.E se logró alcanzar un rendimiento de grano de quinua de 3,672.10 kg.ha⁻¹, con rentabilidad de 93.1%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chávez M. J. (2018). *Dosis de nitrógeno, fósforo y potasio en el rendimiento de quinua en Acopalca-Huari*. [Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Faustino Sánchez Carrión. Ancash, Perú].
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/2079/CHAVEZ%20MELGAREJO%20JHON%20BEKER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De la Cruz, J. (2003). *Fertilización NPK en cuatro variedades de quinua en condiciones de Manasallacc a 3640 msnm – Ayacucho*. [Tesis para optar título de Ing. Agrónomo, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]
- InfoAgro (2014). Guía de tecnología EM. Disponible en:
<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20EM.pdf>.

- Hermosa, E. (1980). *Análisis de Crecimiento y Variación de Proteínas y Almidón en hojas y granos de Dos Variedades de Quinoa. Precoz dulce y tardía Amarga en Allpachaka a 3500 msnm. Ayacucho*. [Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga].
- Herreros Quispe, L. (2018). *Fertilización nitrogenada y fosfórica en quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) variedad Salcedo INIA bajo riego a goteo en zona árida*. [Tesis de Ing. Agro. Facultad de Agronomía Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- MIDAGRI. (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2016. Disponible en: https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2016.pdf
- Oriundo, C. (2010). *Dosis de guano de isla incubado en el rendimiento de la quinoa blanca de Junín (Chenopodium quinoa Willd), Canaán 2750 msnm-Ayacucho*. [Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú].
- SOLID, OPD (2010). Tecnología productiva de la quinoa, primer módulo. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1908216/TECNOLOG%C3%8DA%20PRODUCTIVA%20DE%20LA%20QUINUA.pdf.pdf>.
- Tapia, M. (1979). *La quinoa y la kañihua, cultivos andinos*. Bogotá CIID.