

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“MATERIA ORGÁNICA Y NIVELES NUTRICIONALES EN EL
RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. LA
MOLINA 89”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

JEAN CARLOS GONZALES GUTIERREZ

LIMA – PERÚ

2019

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación

(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“MATERIA ORGÁNICA Y NIVELES NUTRICIONALES EN EL
RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. LA
MOLINA 89”**

Presentado por:

JEAN CARLOS GONZALES GUTIERREZ

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Sady García Bendezú

PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Lorenzo Hurtado Leo

PATROCINADOR

Dr. Óscar Loli Figueroa

MIEMBRO

Dr. Jorge Jiménez Dávalos

MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Con todo cariño para mis padres Luz y Carlos, por todo el amor, comprensión, formación y apoyo que me brindaron en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por todo el apoyo brindado durante la elaboración de esta tesis.

Al Ing. Lorenzo Hurtado Leo por la oportunidad que me brindó al ser el asesor de este trabajo de investigación, por todas sus enseñanzas y su buena predisposición para ayudar en la culminación de este trabajo.

Al Programa de Cereales y Granos Nativos de la Facultad de Agronomía, a la Dra. Luz Gómez Pando, por permitirme evaluar la calidad de grano en el Laboratorio de Calidad de dicho programa. A la Ing. Martha Ibáñez Tremolada, por su ayuda durante las evaluaciones y a la Sra. Ruth Paucar por su buena predisposición.

A la Ing. Cecilia Figueroa Serrudo, Al Ing. Julio Nazario Ríos y al Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UNALM, por las facilidades otorgadas para ejecutar este ensayo agronómico.

Finalmente, a Junior Huaris Reyes, al Sr. Silvio García Lette, al Ing. José Dulanto Bejarano, a Luis Peschiera, a Melany Tapia, a Thalia León, a Anahí Gonzalez y a todos mis compañeros de la universidad que de alguna manera u otra ayudaron a la realización de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
	2.1. AGRONOMÍA DEL CULTIVO.....	3
	2.1.1. Morfología de la quinua.....	3
	2.1.2. Fenología del cultivo de la quinua.....	6
	2.1.3. Requerimientos agroclimáticos del cultivo.....	7
	2.1.4. Valor nutritivo de la quinua.....	8
	2.2. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO.....	9
	2.3. LA NUTRICIÓN VEGETAL.....	10
	2.3.1. La nutrición nitrogenada.....	10
	2.3.2. La nutrición fosforada.....	11
	2.3.3. La nutrición potásica.....	12
	2.3.4. La nutrición cálcica.....	12
	2.3.5. La nutrición del hierro, manganeso y zinc.....	13
	2.4. ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE QUINUA VARIEDAD LA MOLINA 89.....	14
III.	METODOLOGÍA	17
	3.1. MATERIALES.....	17
	3.1.1. Ubicación del campo experimental.....	17
	3.1.2. Características del suelo.....	17
	3.1.3. Características del agua de riego.....	18
	3.1.4. Características climatológicas de la zona experimental.....	22
	3.1.5. Características de la variedad en estudio.....	22
	3.1.6. Características de la materia orgánica utilizada.....	22
	3.1.7. Módulo de riego.....	23
	3.1.8. Fertilizantes utilizados en el ensayo.....	24
	3.1.9. Otros materiales.....	24
	3.2. MÉTODOS.....	24
	3.2.1. Factores en estudio.....	25
	3.2.2. Diseño experimental.....	26
	3.2.3. Características del campo experimental.....	27
	3.2.4. Conducción del experimento.....	29
	3.2.5. Evaluaciones experimentales.....	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
	4.1. RESULTADOS GENERALES.....	39
	4.1.1. Fenología del cultivo de quinua La Molina 89 y consumo de agua.....	43
	4.2. VARIABLES DE CRECIMIENTO.....	45
	4.2.1. Altura de planta.....	45
	4.2.2. Diámetro del tallo principal.....	48
	4.2.3. Área foliar.....	51
	4.2.4. Longitud de panoja principal.....	57

4.2.5.	Diámetro de panoja principal.....	62
4.2.6.	Número de panojas secundarias por planta.....	68
4.2.7.	Materia seca de tallo.....	70
4.2.8.	Materia seca de hojas.....	73
4.2.9.	Materia seca de panoja.....	78
4.2.10.	Materia seca total.....	80
4.3.	RENDIMIENTO DE GRANO.....	83
4.4.	COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	87
4.4.1.	Número de plantas/m ²	87
4.4.2.	Rendimiento de grano por planta.....	89
4.4.3.	Peso de 1000 granos.....	92
4.5.	COMPONENTES DE CALIDAD.....	95
4.5.1.	Granulometría.....	95
4.5.2.	Proteínas en grano.....	97
4.5.3.	Saponinas en grano.....	100
4.6.	PARÁMETROS AGRONÓMICOS.....	103
4.6.1.	Eficiencia de uso de agua.....	103
4.6.2.	Coeficiente de transpiración.....	106
4.6.3.	Índice de cosecha.....	108
4.6.4.	Índice de área foliar.....	111
4.7.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	116
V.	CONCLUSIONES.....	119
VI.	RECOMENDACIONES.....	120
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	121
VIII.	ANEXOS.....	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fases fenológicas y sus características en el cultivo de la quinua.....	6
Tabla 2: Composición de la quinua y otros alimentos seleccionados, por cada 100 g de peso en seco.....	8
Tabla 3: Efectos más destacados de la materia orgánica coloidal en los suelos.....	9
Tabla 4: Análisis de caracterización de suelo (profundidad de 5 a 30 cm).....	19
Tabla 5: Análisis del agua de riego.....	20
Tabla 6: Promedios mensuales de datos climáticos de La Molina (Agosto 2017 – Enero 2018).....	21
Tabla 7: Caracterización del compost utilizado en el ensayo agronómico.....	23
Tabla 8: Fertilizantes y su contenido en nutrientes.....	24
Tabla 9: Niveles nutricionales (N) utilizados en el ensayo agronómico.....	25
Tabla 10: Niveles de materia orgánica (M) utilizados en el ensayo agronómico.....	25
Tabla 11: Fuentes de variación y grados de libertad del experimento.....	27
Tabla 12: Cronograma de aplicación de los fertilizantes sintéticos.....	30
Tabla 13: Plagas y enfermedades identificadas en el experimento.....	31
Tabla 14: Cronograma de labores culturales realizadas en el experimento.....	32
Tabla 15: Resultados generales del efecto del nivel de materia orgánica.....	40
Tabla 16: Resultados generales del efecto del nivel nutricional.....	41
Tabla 17: Fenología y régimen de riego de la variedad de quinua La Molina 89.....	42
Tabla 18: Altura de planta y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	46
Tabla 19: Diámetro de tallo y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	50
Tabla 20: Comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el área foliar.....	53
Tabla 21: Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales para el área foliar, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad.....	54
Tabla 22: Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica para el área foliar, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad.....	54
Tabla 23: Comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para la longitud de panoja.....	58
Tabla 24: Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales para la longitud de panoja, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad.....	59
Tabla 25: Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica para la longitud de panoja, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad.....	59
Tabla 26: Comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el diámetro de panoja.....	63

Tabla 27: Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales para el diámetro de panoja, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad.....	64
Tabla 28: Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica para el diámetro de panoja, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad.....	64
Tabla 29: Número de panojas secundarias por planta y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	69
Tabla 30: Peso seco del tallo y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	72
Tabla 31: Comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el peso seco de hojas.....	74
Tabla 32: Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales para el peso seco de hojas, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad.....	75
Tabla 33: Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica para el peso seco de hojas, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad.....	75
Tabla 34: Peso seco de panoja y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	79
Tabla 35: Peso seco total y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	82
Tabla 36: Rendimiento de quinua-grano y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	85
Tabla 37: Número de plantas por m ² y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	88
Tabla 38: Rendimiento de grano por planta y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	90
Tabla 39: Peso de 1000 granos y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	93
Tabla 40: Clasificación granulométrica de los tratamientos.....	96
Tabla 41: Porcentaje de proteínas y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	99
Tabla 42: Porcentaje de saponinas y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	102
Tabla 43: Eficiencia de uso de agua y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	105
Tabla 44: Coeficiente de transpiración y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	107
Tabla 45: Índice de cosecha y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.....	109
Tabla 46: Comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el índice de área foliar.....	113

Tabla 47: Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales para el índice de área foliar, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad.....	114
Tabla 48: Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica para el índice de área foliar, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad.....	114
Tabla 49: Análisis económico del cultivo de quinua var. La Molina 89.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de aleatorización de los tratamientos en parcelas divididas.....	28
Figura 2: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en la altura de planta.....	46
Figura 3: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el diámetro del tallo principal.....	50
Figura 4: Respuesta de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales en el área foliar.....	53
Figura 5: Respuesta de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales en la longitud de panoja.....	58
Figura 6: Respuesta de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales en el diámetro de panoja.....	63
Figura 7: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el número de panojas secundarias por planta.....	69
Figura 8: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el peso seco del tallo.....	72
Figura 9: Respuesta de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales en el peso seco de hojas.....	74
Figura 10: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el peso seco de panoja.....	79
Figura 11: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el peso seco total.....	82
Figura 12: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el rendimiento de grano.....	85
Figura 13: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el número de plantas por m ²	88
Figura 14: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el rendimiento de grano por planta.....	90
Figura 15: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el peso de 1000 granos.....	93
Figura 16: Granulometría general del presente ensayo agronómico.....	96
Figura 17: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el porcentaje de proteínas.....	99
Figura 18: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el porcentaje de saponinas.....	102
Figura 19: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en la eficiencia de uso de agua.....	105
Figura 20: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el coeficiente de transpiración.....	107
Figura 21: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el índice de cosecha.....	109
Figura 22: Respuesta de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales en el índice de área foliar.....	113

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Contenido de minerales en la quinua, otros cereales y en el frejol (ppm en base a materia seca).....	129
ANEXO 2: Contenido de aminoácidos en granos andinos, arroz y trigo (g aminoácido/16 g N).....	130
ANEXO 3: Datos y ANVA de la altura de planta.....	131
ANEXO 4: Datos y ANVA del diámetro de tallo principal.....	132
ANEXO 5: Datos, ANVA y análisis de efectos simples del Área foliar.....	133
ANEXO 6: Datos, ANVA y análisis de efectos simples de la longitud de panoja...	134
ANEXO 7: Datos, ANVA y análisis de efectos simples del diámetro de panoja....	136
ANEXO 8: Datos y ANVA del número de panojas secundarias/planta.....	137
ANEXO 9: Datos y ANVA de la materia seca de tallo.....	138
ANEXO 10: Datos, ANVA y análisis de efectos simples de la materia seca de hojas.....	139
ANEXO 11: Datos y ANVA de la materia seca de panoja.....	141
ANEXO 12: Datos y ANVA de la materia seca total.....	142
ANEXO 13: Datos y ANVA del rendimiento de grano.....	143
ANEXO 14: Datos y ANVA del número de plantas/m ²	144
ANEXO 15: Datos y ANVA del rendimiento de grano por planta.....	145
ANEXO16: Datos y ANVA del peso de 1000 granos.....	146
ANEXO 17: Datos de granulometría.....	147
ANEXO 18: Datos y ANVA de las proteínas en grano.....	149
ANEXO 19: Datos y ANVA de las saponinas en grano.....	150
ANEXO 20: Datos y ANVA de la eficiencia de uso de agua.....	151
ANEXO 21: Datos y ANVA del coeficiente de transpiración.....	152
ANEXO 22: Datos y ANVA del índice de cosecha.....	153
ANEXO 23: Datos, ANVA y análisis de efectos simples del índice de área foliar...	154
ANEXO 24: Costos de producción de quinua La Molina 89, tratamiento “M3N4”..	156

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue determinar la respuesta de cuatro niveles nutricionales y de tres niveles de materia orgánica en el crecimiento, rendimiento, parámetros agronómicos y calidad de grano de quinua var. La Molina 89, bajo riego por goteo. El experimento se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria La Molina, durante los meses de agosto del 2017 y enero del 2018. Los niveles nutricionales en estudio fueron: Testigo no fertilizado, NPK, NPK + Ca y NPK + Ca + Fe-Mn-Zn. Las dosis de N, P₂O₅ y K₂O fueron 120, 60 y 120 kg/ha, respectivamente. La dosis de CaO fue 80 kg/ha y las dosis de hierro, manganeso y zinc, fueron 12, 8 y 6 kg/ha, respectivamente. Los niveles de materia orgánica en estudio fueron: 0, 10 y 20 t/ha de compost. El diseño experimental empleado fue parcelas divididas, donde se asignaron aleatoriamente a nivel de parcelas los niveles de materia orgánica y a nivel de subparcelas los niveles nutricionales.

Los niveles nutricionales: NPK, NPK + Ca y NPK + Ca + Fe-Mn-Zn presentaron rendimientos estadísticamente similares, con valores de 6,081 kg/ha, 6,079 kg/ha y 5,784 kg/ha de grano - quinua, respectivamente; difiriendo estadísticamente del testigo no fertilizado, el cual alcanzó un rendimiento de 4,794 kg/ha. Para niveles de materia orgánica, el nivel de 10 t/ha compost obtuvo un rendimiento de 5,985 kg/ha de grano-quinua, difiriendo estadísticamente sólo del testigo sin compost, que alcanzó un rendimiento de 5,361 kg/ha; mientras que el nivel de 20 t/ha compost fue similar estadísticamente a los otros dos con un rendimiento de 5,708 kg/ha. Para saponinas en grano, los niveles de 10 y 20 t/ha compost fueron estadísticamente similares con un valor de 1.5 por ciento, difiriendo estadísticamente del testigo sin compost, el cual obtuvo un valor de 1.3 por ciento. No se presentaron diferencias para altura de planta, granulometría, porcentaje de proteínas e índice de cosecha.

Los niveles nutricionales: NPK, NPK + Ca, NPK + Ca + Fe-Mn-Zn incrementaron significativamente el diámetro de tallo, la materia seca de panoja, la materia seca total, el rendimiento de grano/planta, el peso de 1000 granos y la eficiencia de uso de agua; donde NPK + Ca y NPK + Ca + Fe-Mn-Zn no desarrollaron un efecto significativo respecto a NPK. La interacción entre el nivel nutricional y el nivel de materia orgánica fue altamente significativa para área foliar, longitud de panoja, diámetro de panoja, materia seca de hojas

e índice de área foliar. Bajo las condiciones de suelo, agua, clima y tecnología, los parámetros agronómicos fueron, una eficiencia de uso de agua (EUA) de 1.99 kg de granos de quinua por m³ de agua aplicado, un índice de cosecha (IC) de 34.9 por ciento, un índice de área foliar (IAF) de 2.18 m²/m² de superficie foliar por superficie de terreno y un coeficiente de transpiración (CT) de 185.5 litros evapotranspirados por kilogramo de materia seca producida. Finalmente, se puede concluir que el mejor rendimiento de grano-quinua para niveles nutricionales se obtuvo con el nivel NPK y para niveles de materia orgánica con el nivel de 10 t/ha de compost.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa*, *La Molina 89*, compost, niveles nutricionales.

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the response of four nutritional levels and three levels of organic matter in growth, yield, agronomic parameters and grain quality of quinoa var. La Molina 89, under drip irrigation. The experimental test was carried out at the National Agrarian University La Molina, between the months of August 2017 and January 2018. The nutritional levels studied were: Control not fertilized, NPK, NPK + Ca and NPK + Ca + Fe-Mn-Zn. The doses of N, P₂O₅ and K₂O were 120, 60 and 120 kg/ha, respectively. The dose of CaO was 80 kg/ha and the doses of iron, manganese and zinc were 12, 8 and 6 kg/ha, respectively. The levels of organic matter under study were: 0, 10 and 20 t /ha of compost. The experimental design was split plots, where amounts of organic matter were randomly assigned for plots and amounts of nutrients for subplots.

The nutritional levels: NPK, NPK + Ca and NPK + Ca + Fe-Mn-Zn showed statistically similar yields, with values of 6,081 kg/ha, 6,079 kg/ha and 5,784 kg/ha of grain - quinoa, respectively; differing statistically from the unfertilized control, which reached a yield of 4,794 kg/ha. For organic matter levels, the 10 t/ha compost level obtained a yield of 5,985 kg/ha of grain-quinoa, statistically differing only from the control without compost, which reached a yield of 5,361 kg/ha; while the level of 20 t/ha compost was statistically similar to the other two with a yield of 5,708 kg/ha. For saponins in grain, the levels of 10 and 20 t/ha compost were statistically similar with a value of 1.5 percent, statistically differing from the control without compost, which obtained a value of 1.3 percent. No statistical significance was presented for plant height, granulometry, proteins percentage and harvest index.

The nutritional levels: NPK, NPK + Ca, NPK + Ca + Fe-Mn-Zn significantly increased stem diameter, panicle dry matter, total dry matter, grain/plant yield, weight of 1000 grains and water use efficiency; where NPK + Ca and NPK + Ca + Fe-Mn-Zn did not develop a significant effect with respect to NPK. The interaction between the nutritional level and the organic matter level was highly significant for leaf area, panicle length, panicle diameter, dry leaf matter and leaf area index. Under the conditions of soil, water, climate and technology, the agronomic parameters indicate, a water use efficiency (WUE) of 1.99 kg of quinoa grains per m³ of water applied, a harvest index (HI) of 34.9 percent, a leaf area

index (LAI) of 2.18 m²/m² of leaf area per land area and a transpiration coefficient (TC) of 185.5 liters evapotranspired per kilogram of dry matter produced. Finally, it can be concluded that the best grain-quinoa yield for nutritional levels was obtained with the NPK level and for organic matter levels with the level of 10 t/ha of compost.

Keywords: *Chenopodium quinoa*, *La Molina 89*, compost, nutritional levels.

I. INTRODUCCIÓN

La quinua es un grano andino ancestral y diverso, reflejado en alrededor de 3000 muestras registradas en los bancos de germoplasma del Perú, base de la dieta alimenticia de los pobladores de las zonas andinas desde hace más de 5000 años (DGPA, 2017). Es un producto con alto contenido de calcio, fósforo, magnesio, y hierro, siendo el único alimento vegetal que posee la mayoría de aminoácidos esenciales para la vida, principalmente lisina, el cual es escaso en el reino vegetal (MMR, 2007). Su contenido proteico es considerable, el cual varía entre 13.81 al 29.1 por ciento, superando a los cereales más importantes (FAO, 2011), conteniendo una cantidad idónea de carbohidratos, grasas y vitaminas que incrementan su valor nutracéutico (Gómez & Aguilar, 2016).

La quinua posee un alto valor agronómico por su capacidad de adaptarse a condiciones marginales de suelo y clima, pues es tolerante a la salinidad y a la sequía (Quispe, 2015); siendo sembrada en el Perú desde Tacna en el sur hasta Piura en el norte y desde el nivel del mar hasta los 4000 metros sobre el nivel del mar (Mujica, 1993). La superficie cosechada de quinua en el Perú en los años noventa en promedio fue menor a 20,000 hectáreas, con una producción nacional que en promedio no sobrepasaba las 17,000 toneladas, mientras que, en el año 2016 la superficie cosechada fue de 64,223 hectáreas con una producción nacional de 79,269 toneladas (DGPA, 2017).

En los suelos de la costa los factores limitantes son el agua, la salinidad y la escasez de materia orgánica. Dichos factores determinan, que la respuesta de los cultivos no sea idónea, por ello la utilización de sistemas eficientes de irrigación, como el riego localizado de alta frecuencia, solucionan una de las principales limitantes para la producción agrícola en costa, la cual es la insuficiente disponibilidad de agua de buena calidad y el elevado contenido de sales de los suelos. Mientras que, el valor de la incorporación de materia orgánica al suelo, es el de mejorar las propiedades físicas y químicas, permitiendo un mejor aprovechamiento de nutrientes y del agua de riego, todo ello en beneficio del crecimiento y producción de las plantas cultivadas.

Según la DGPA (2017), las exportaciones peruanas de quinua entre los años 2008 y 2017 aumentaron de 2,133 a 44,340 toneladas, donde las exportaciones hacia la Unión Europea incrementaron anualmente a una tasa promedio del 70 por ciento, acrecentando la importancia de este mercado de un 13.5 por ciento entre el 2008 al 2012, a tasas superiores en los siguientes años, representando el 44 por ciento de las exportaciones totales de quinua en el 2016, superando en importancia a los Estados Unidos de Norteamérica.

Para responder a este crecimiento en la demanda se debe incrementar el rendimiento de quinua en el Perú, ya que según Vergara (2015), en el periodo 2009-2013 el rendimiento nacional promedio fue de 1,158 kg/ha, el cual es un valor bajo, debido a que la mayoría de agricultores no fertilizan sus suelos. Así Barnett (2005), concluyó que en condiciones de La Molina la variedad La Molina 89 responde a dosis crecientes de nitrógeno hasta 120 kg/ha, después del cual la variación en el rendimiento por cada unidad adicional de N aplicado es decreciente. Se requiere por tanto, conocer las dosis adecuadas de otros nutrientes complementarios para mejorar la respuesta de este cultivo.

Por lo que se planteó la siguiente hipótesis, la aplicación de materia orgánica al suelo incrementará los rendimientos de quinua var. La Molina 89 bajo diferentes niveles nutricionales, al propiciar mejores condiciones para su crecimiento y desarrollo.

OBJETIVOS

- Determinar la respuesta de cuatro niveles nutricionales y de tres niveles de materia orgánica en el crecimiento, rendimiento y calidad de grano del cultivo de quinua variedad La Molina 89.
- Determinar la interacción del nivel nutricional y de la aplicación de materia orgánica en el cultivo de quinua variedad La Molina 89.
- Evaluar los parámetros agronómicos del cultivo de quinua variedad La Molina 89 bajo riego por goteo en condiciones de costa central.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 AGRONOMÍA DEL CULTIVO

La quinua es catalogada por la APG, citada por Mendoza (2013), de la siguiente manera: Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Orden: Caryophyllales, Familia: Amaranthaceae, Subfamilia: Chenopodioideae, Género: *Chenopodium* y Especie: *Chenopodium quinoa* Willdenow.

2.1.1. MORFOLOGÍA DE LA QUINUA

La raíz es del tipo pivotante, de la principal salen raíces laterales muy ramificadas. Su longitud es variable (0.8 a 1.5 m), esta medida está determinada por el genotipo, tipo de suelo, nutrición, humedad, entre otros factores (Gómez & Aguilar, 2016). Pacheco y Morlon, citados por Gandarillas (1979), mencionan que la profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta, ya que han podido detectar plantas de 1.70 m de altura con una raíz de 1.50 m, y plantas de 90 cm con una de 80 cm. El tallo es de sección circular cerca al cuello de planta, transformándose en angular a la altura donde se desarrollan las ramas y hojas (Tapia, 1997). La textura de la médula en las plantas jóvenes es blanda, cuando se acerca a la madurez es esponjosa y hueca, de color crema y sin fibras, aplastándose fácilmente cuando se la aprieta con los dedos. Por el contrario, la corteza es firme y compacta, formada por tejidos fuertes (Gandarillas, 1979).

De acuerdo al hábito de ramificación el tallo puede ser: a) de hábito sencillo, con un solo tallo y una inflorescencia terminal definida. b) De hábito ramificado donde las ramas laterales tienen casi la misma longitud del tallo principal y todas terminan en inflorescencias y c) de hábito ramificado donde el tallo principal posee mayor longitud que los tallos secundarios dando a la planta una forma cónica con la base más amplia (Gómez & Aguilar, 2016). La observación del hábito debe ser cuidadosa porque algunas plantas de hábito sencillo, cuando disponen de suficiente espacio para desarrollarse, tienden a ramificarse desde el suelo (Gandarillas, 1979). La altura de la planta varía de 30 cm a más de tres metros, incluyendo la inflorescencia. Este carácter está influenciado por el

genotipo, el medio ambiente, la nutrición y la densidad de siembra (Gómez & Eguiluz, 2011).

Las hojas, como la de todas las dicotiledóneas, están formadas por el peciolo y la lámina. Los peciolos son largos, finos, acanalados en su lado superior y de un largo variable dentro de la misma planta. Los que nacen directamente del tallo son más largos, y los de las ramas primarias más cortos (Gandarillas, 1979). Presentan un polimorfismo marcado en la planta, siendo las hojas inferiores rómbicas o triangulares, midiendo hasta 15 cm de largo por 12 cm de ancho. El tamaño va disminuyendo conforme se asciende en la planta, hasta alcanzar a las hojas que se encuentran en la inflorescencia, que son lanceoladas, midiendo apenas 10 mm de largo por 2 mm de ancho (Mujica, 1997). Poseen tres venas principales que se originan del peciolo. Pueden tener márgenes enteros, dentados o aserrados. El número de dientes de la hoja es uno de los caracteres más constantes y varía según la raza de quinua, registrándose de 3 a 20 dientes por hoja. Las razas con hojas más aserradas se encuentran entre el centro-norte del Perú y el Ecuador, en cambio, las cultivadas en Bolivia poseen muy pocos dientes (Gandarillas, 1979).

Las partes tiernas de la planta, incluyendo las hojas, están mayormente cubiertas con una pubescencia vesicular-granular blanca, púrpura o rosada; la cual contiene oxalato de calcio (Gómez & Aguilar, 2016). Este oxalato favorece la absorción y retención de humedad atmosférica, manteniendo turgentes las células guardas y subsidiarias de los estomas (Tapia, 1997). Además, reflejan los rayos luminosos, disminuyendo la radiación directa sobre las hojas. Esta característica de la planta se considera un mecanismo trascendental de tolerancia a la sequía (Gómez & Eguiluz, 2011). El color de la lámina a la madurez depende de la variedad, pudiendo ser: roja, púrpura, anaranjada o amarilla. Esto se debe a la presencia de dos pigmentos: las betacianinas y las betaxantinas (Vásquez *et al.*, 2016).

La inflorescencia es una panoja típica de 30 a 80 cm de longitud y de 5 a 30 cm de diámetro, con un eje central, ejes secundarios y ejes terciarios (Vásquez *et al.*, 2016). Puede adoptar los siguientes colores: verde, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, granate, púrpura, violeta, marrón, gris y negro. Todos ellos con diversas tonalidades del claro al oscuro (Gómez & Eguiluz, 2011). Teniendo en cuenta la forma y posición de los glomérulos (grupos de flores) se clasifican en amarantiformes, glomerulatas e intermedias. Es de tipo glomerulata cuando las inflorescencias forman grupos de flores esféricas con pedicelos cortos y juntos, dando un aspecto apretado y compacto. Es amarantiforme

cuando los glomérulos son alargados, y el eje central tiene numerosas ramas secundarias y terciarias, y en ellas se agrupan las flores formando masas bastante laxas. Mientras que las intermedias presentan características de transición entre los dos grupos (Mujica, 1997). Según Gandarillas, citado por Mujica 1997, el tipo de panoja está determinado genéticamente por un par de genes, siendo dominante el carácter glomerulado. Para que una panoja sea considerada compacta, intermedia o laxa, depende de la longitud de los ejes secundarios y terciarios (Gómez & Aguilar, 2016).

Las flores que presenta la quinua son sésiles o pediceladas y están agrupadas en glomérulos. De igual manera posee flores hermafroditas y pistiladas en la misma planta, por lo que es considerada una planta ginomonoica (Gómez & Aguilar, 2016). El porcentaje de flores hermafroditas y pistiladas depende de la variedad; normalmente se observa un porcentaje similar de ambas, pero también hay extremos con preponderancia de hermafroditas o pistiladas, o de machos estériles. Las flores hermafroditas se encuentran en el ápice del glomérulo y son más grandes que las pistiladas, con un diámetro de dos a cinco milímetros. Las flores pistiladas se encuentran alrededor y debajo de las flores hermafroditas, teniendo un diámetro de uno a tres milímetros. Las flores hermafroditas presentan cinco tépalos, un androceo formado por cinco estambres curvos y cortos, con un filamento también corto y un gineceo con un ovario elipsoidal con dos a tres ramificaciones estigmáticas. En cambio, las flores femeninas sólo presentan el perigonio y el gineceo (Gandarillas, 1979). Mujica (1997), menciona que la antesis de las flores se produce en las primeras horas de la mañana y sucesivamente del ápice a la base en una ramilla florífera. La primera en abrirse es la flor hermafrodita y luego las pistiladas, manteniéndose abierta la flor hermafrodita de cinco a siete días. Cabe mencionar que, Gómez y Aguilar (2016) consideran a la quinua una planta autógama porque posee un porcentaje de cruzamiento del 17 por ciento, aproximadamente.

El fruto es un aquenio, el cual está cubierto por el perigonio sepaloide, que puede ser verde, rojo o púrpura durante la formación del grano (Gómez & Eguiluz, 2011); consta del pericarpio (capa del fruto) y de la semilla. El pericarpio está adherido a la capa de la semilla (episperma), posee alveolos en su superficie y la saponina, sustancia que le da el sabor amargo al grano (Gómez & Aguilar, 2016). El diámetro del fruto varía desde 1.5 a 2.6 mm, dependiendo del genotipo; incluso dentro de la misma inflorescencia varía, encontrándose el tamaño más grande en la parte central del glomérulo (Mujica, 1997). La semilla está conformada por el episperma, el embrión y el perisperma. El episperma es la

capa que cubre la semilla y está adherida al pericarpio (Gómez & Aguilar, 2016). Está formado de cuatro capas, donde la más interna se desintegra por compresión a la madurez (Gómez & Eguiluz, 2011). El embrión está conformado por los cotiledones y la radícula, envolviendo al perispermo como un anillo. El perispermo es el principal tejido de almacenamiento, constituido por granos de almidón y es de color blanquecino. Las diferentes combinaciones de colores en el perigonio, pericarpio y episperma dan como resultado que la inflorescencia de la quinua presente tan variados colores (Gandarillas, 1979).

2.1.2. FENOLOGÍA DEL CULTIVO DE LA QUINUA

Tabla 1: Fases fenológicas y sus características en el cultivo de la quinua

Fases fenológicas	Características
Emergencia	Los cotiledones aún unidos emergen del suelo, pareciéndose a la cabeza de cerillos de fósforo.
Hojas cotiledonales	Los cotiledones emergidos se separan y se extienden.
Dos hojas verdaderas	Aparte de las hojas cotiledonales aparecen dos hojas verdaderas extendidas, encontrándose en botón foliar el siguiente par de hojas.
Cuatro hojas verdaderas	Se observa dos pares de hojas verdaderas extendidas, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice de la plántula e inicio de formación de botones en las axilas del primer par de hojas.
Seis hojas verdaderas	Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas. Se notan ya las hojas axilares desde el estado de formación de botones hasta la apertura de botones en toda la planta.
Ramificación	Se nota ocho hojas verdaderas extendidas y extensión de las hojas axilares hasta la tercera fila de hojas en el tallo. También se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja.
Inicio de panojamiento	La panoja va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas que cubren a la panoja en sus tres cuartas partes. También se observa una fuerte elongación y engrosamiento del tallo.
Panojamiento	La panoja sobresale con mucha nitidez por encima de las hojas superiores notándose los glomérulos de la base de la inflorescencia.

Inicio de floración	Es cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos se encuentran abiertas, mostrando los estambres separados de color amarillento.
Floración o antesis	Es cuando el 50 por ciento de las flores de la inflorescencia principal se encuentran abiertas, observándose la abundancia del polen en los estambres. Esta etapa debe observarse al mediodía ya que las flores son heliófilas.
Grano lechoso	Los frutos al ser presionados entre las uñas, explotan y dejan salir un líquido blanquecino.
Grano pastoso	Los frutos al ser presionados entre las uñas presentan una consistencia pastosa de color blanco.
Madurez fisiológica	Fase en la que la planta completa su madurez, y se reconoce cuando los granos al ser presionados por las uñas presentan resistencia a la penetración.

FUENTE: Elaborado con base en Mujica 2006:92

2.1.3. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS DEL CULTIVO

La quinua se ha cultivado en el Perú desde el nivel del mar (El Chira, Piura; Camaná, Arequipa) hasta los 4000 m de altura (Puno) en los andes del sur (Mujica, 1997). Por su gran variabilidad genética, se adapta a diferentes climas; dependiendo de las variedades a sembrar; las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo están en el rango de 15 a 25°C (Gómez & Aguilar, 2016). Álvarez *et al.*, citados por Wahli (1990), mencionan que la temperatura mínima para una buena germinación es de 5 °C y que la planta puede sobrevivir heladas de hasta -5 °C. Jacobsen y Sherwood (2002), mencionan que las temperaturas ambientales bajas (por debajo de 5 °C), especialmente durante la floración, producen esterilidad de polen y falta de fertilización, con la consiguiente disminución o pérdida de la producción. Por otra parte, la presencia de altas temperaturas puede afectar los procesos fisiológicos de la planta, generando que acelere la producción de grano (llenado precoz), además de ocasionar el aborto de flores (Calla, 2012).

Los requerimientos de humedad varían según el lugar de origen de las plantas, ya que según Tapia, citado por Vásquez et al. (2016), el rango sería de 100 a 2000 mm de precipitación por año. Los momentos en los que el agua de riego no debe faltar en la campaña son: en la germinación-emergencia, ya que allí se determina el establecimiento

del cultivo, y en el estado de crecimiento y llenado de fruto pues determina su productividad (Gómez & Aguilar, 2016). Esta planta ha sido domesticada y cultivada desde tiempos ancestrales desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en la Argentina y las islas de Chiloé en Chile (Vásquez *et al.*, 2016), por lo que muestra adaptación a varios fotoperiodos, desde requerimientos de días cortos para su florecimiento, cerca del ecuador, hasta la insensibilidad a las condiciones de luz para su desarrollo en Chile (Mujica, 1997).

La quinua al ser una planta rústica puede prosperar en suelos pobres, pero obviamente sus rendimientos serán bajos. Por lo que prefiere los suelos francos, semiprofundos, con buen contenido de materia orgánica y con buen drenaje, ya que con 4 a 5 días de exceso de humedad se afectará su desarrollo. El rango de pH del suelo en el que se desarrolla es de 4.5 a 8, siendo el pH recomendable de ligeramente alcalino a neutro (Tapia, 1997).

2.1.4. VALOR NUTRITIVO DE LA QUINUA

El valor nutritivo de los granos de quinua es excepcional, siendo una fuente excelente de proteínas, lípidos e hidratos de carbono como se aprecia en la Tabla 2. También es fuente importante de calcio, magnesio, hierro y fósforo, como se observa en el Anexo 1. Cabe mencionar, que la ventaja nutricional más importante de la quinua es en la composición de aminoácidos de sus proteínas, como se aprecia en el Anexo 2; resaltando el contenido de lisina, el cual es un aminoácido esencial escaso en los alimentos de origen vegetal.

Tabla 2: Composición de la quinua y otros alimentos seleccionados, por cada 100 g de peso en seco

Macronutrientes	Quinua	Frijol	Maíz	Arroz	Trigo
Energía (kcal/100 g)	399	367	408	372	392
Proteína (g/ 100 g)	16.5	28	10.2	7.6	14.3
Grasas (g/100 g)	6.3	1.1	4.7	2.2	2.3
Carbohidratos (Total)	69	61.2	81.1	80.4	78.4

FUENTE: Tomado de Koziol, citado por Daza *et al.* 2015:18.

En tanto, las saponinas son moléculas orgánicas pertenecientes al grupo de los esteroides o de los triterpenoides que forman espuma al ser lavados con agua, siendo las responsables de dar el sabor amargo a los granos de quinua (Tapia, 1997). La toxicidad de las saponinas depende del tipo de saponina, del organismo receptor, de su sensibilidad y del método de

absorción. Por ello los granos de quinua deben ser desamargados antes de ser consumidos, mediante el lavado o pulido, prácticas que no tienen efecto significativo en la composición final del grano, Koziol, citado por Wahli (1990).

2.2. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Es una mezcla de restos vegetales y animales, además de los productos de su descomposición, sustancias húmicas de síntesis y millones de organismos vivos: mesofauna, microfauna y microorganismos, que, junto con las enzimas, son los responsables de los innumerables procesos bioquímicos y biológicos que ocurren en el suelo y, por lo tanto, de su funcionamiento (Carballas, citado por Porta *et al.*, 2011). La Tabla 3 contiene información sobre la influencia de la materia orgánica sobre la fertilidad de los suelos.

Tabla 3: Efectos más destacados de la materia orgánica coloidal en los suelos

Parámetros edáficos	Efectos de la materia orgánica humificada
Físicos	<p>Agregación de partículas</p> <p>Aligera suelos arcillosos y cohesiona arenosos</p> <p>Aumenta la estabilidad estructural</p> <p>Aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa</p> <p>Facilita el drenaje y las labores</p> <p>Reduce la erosión</p> <p>Aumenta la capacidad de retención hídrica</p> <p>Reduce la evaporación</p> <p>Mejora el balance hídrico</p>
Químicos	<p>Aumenta el poder tampón, regula el pH</p> <p>Aumenta la capacidad de cambio catiónico</p> <p>Mantiene los cationes en forma cambiante</p> <p>Forma fosfohumatos y quelatos</p> <p>Contiene nutrientes</p>
Biológicos	<p>Favorece el intercambio gaseoso</p> <p>Regula la actividad microbiana</p> <p>Es fuente de energía para microorganismos heterótrofos</p> <p>El CO₂ desprendido favorece la solubilización mineral</p> <p>Activa la rizogénesis</p> <p>Mejora la nutrición mineral de los cultivos</p>

FUENTE: Adaptado de Urbano, citado por Labrador 1996:77

Compost es el producto estabilizado resultante de la descomposición biológica controlada de residuos orgánicos. Mientras que, compostaje es el proceso biológico de transformación de la materia orgánica cruda en sustancias húmicas estabilizadas, con propiedades y características por completo diferentes del material que le dio origen (Melgar & Díaz, 2008). Es un producto de color marrón oscuro e inodoro, que al superar las normas de calidad exigidas puede ser utilizado como sustituto de tierra vegetal en jardinería y paisajismo, como enmienda orgánica en cultivos forestales y agrícolas, así como sustrato en viveros forestales, ornamentales y hortícolas. También es de destacar su aplicación en la restauración de suelos degradados y en la recuperación de superficies denostadas por diversas actividades como construcción de infraestructura viaria, hidráulicas, etc., minería, canteras, entre otras (Navarro & Navarro, 2014).

2.3. LA NUTRICIÓN VEGETAL

Del suelo las plantas obtienen todos los elementos necesarios para su crecimiento, a excepción del carbono y el oxígeno que lo obtienen del aire atmosférico, principalmente. No existe suelo completamente deficiente; sin embargo, en ocasiones, los suelos son incapaces de suministrar todos los elementos nutritivos, en cantidad suficiente para un normal desarrollo de las plantas, y, por esta razón, hay que suplementar la reserva natural de los suelos mediante la fertilización, utilizando materiales orgánicos e inorgánicos (Paterson & Ede, 1970). Posiblemente la fertilización es el factor más importante en el aumento de la producción de los cultivos, ya que con su utilización se ha conseguido en los últimos 100 años, unos aumentos de producción que oscilan entre el 50 y el 60 por ciento (Finck, 2009).

2.3.1. LA NUTRICIÓN NITROGENADA

Las fuentes habituales de nitrógeno son los iones NH_4^+ y NO_3^- que son absorbidos, normalmente por las raíces. El N_2 puede ser utilizado por algunas plantas, como las leguminosas, en asociación con microorganismos nitro fijadores como *Rhizobium* sp., y el amoníaco atmosférico puede representar, también, una contribución significativa cuando su concentración es alta (Cowling, citado por Russell, 1992). Como las concentraciones de nitrato en el suelo son, normalmente, mucho más elevadas que las concentraciones de los compuestos amoniacales, la fuente principal de nitrógeno para las no leguminosas está constituida por nitratos. Ya que, cuando la mayor parte de las plantas son cultivadas en

soluciones nutritivas, se desarrollan indistintamente si están abastecidas con NH_4^+ o con NO_3^- , siempre que se mantenga adecuadamente el pH de la solución (Russell, 1992).

El nitrógeno es importante en la nutrición vegetal ya que constituye un gran número de compuestos orgánicos que son esenciales en el metabolismo. Forma parte de todas las proteínas y de moléculas importantes como las purinas, pirimidinas, ADN Y ARN. El nitrógeno se encuentra también como constituyente de las clorofilas y enzimas del grupo de los citocromos, así como en varias coenzimas como el fosfato de piridoxal, el NAD y el NADP (Navarro & Navarro, 2003). Casi todas las plantas absorben nitrógeno durante todo su ciclo vegetativo, pero principalmente durante los periodos de crecimiento rápido (Paterson & Ede, 1970). Es un elemento esencial para la quinua, ya que es a menudo uno de los nutrientes que limita el rendimiento. Determina el número de hojas, el número de semillas por inflorescencia y por lo tanto determina el potencial de rendimiento. Una importante cantidad del nitrógeno absorbido por la planta llega a los granos a la madurez y contribuye a la cantidad de proteína de estos. El síntoma más común para reconocer la deficiencia de nitrógeno es el color verde pálido o amarillo de las hojas. Adicionalmente la inflorescencia es pequeña y el contenido de proteína del grano disminuye y algunos granos no alcanzan su tamaño normal. (Gómez & Aguilar, 2016).

La palidez ocasionada por la deficiencia en nitrógeno suele ser más pronunciada en las hojas viejas y, especialmente, a lo largo de las nervaduras. Como la clorofila no es reemplazada al descomponerse, va desapareciendo de esas áreas. A lo largo de las nervaduras y en el ápice de las hojas viejas, se inicia un color pardo amarillento que progresa hacia el interior de la hoja. Esto se debe a que parte del nitrógeno de esas áreas es translocado a regiones de la planta todavía en crecimiento, para ser utilizado allí de modo preferente (Thompson & Troeh, 1988).

2.3.2. LA NUTRICIÓN FOSFORADA

El fósforo es absorbido del suelo en forma de H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} , desempeña un gran papel en la síntesis proteica, en la biogénesis de los glúcidos, en la síntesis de las clorofilas y compuestos carotenoides, en la glucólisis y metabolismo de los ácidos orgánicos, y en la biosíntesis de los lípidos (Navarro & Navarro, 2003).

Este macronutriente es absorbido por la planta casi en su totalidad en las primeras fases de desarrollo, principalmente para la formación de un buen sistema radicular. La deficiencia de fósforo en las plantas de quinua se manifiesta en la reducción marcada de la altura de las plantas, hojas de color verde muy oscuro o con un tono rojizo en los ápices de las hojas

jóvenes, retraso en la floración, retraso en la maduración, inflorescencias pequeñas y retorcidas, y granos muy pequeños o poco desarrollados (Gómez & Aguilar, 2016).

2.3.3. LA NUTRICIÓN POTÁSICA

El potasio es absorbido por las raíces bajo la forma de K^+ , siendo el principal catión presente en los jugos vegetales, pudiendo encontrarse en la forma de sales orgánicas (oxalatos, tartratos), sales minerales (fosfatos, nitratos) y de combinaciones complejas inestables con los coloides celulares. No encontrándose evidencia que forme parte de la estructura molecular de las células. Debido a su gran movilidad, actúa en la planta, neutralizando los ácidos orgánicos resultantes del metabolismo, y asegura así la constancia de la concentración en H^+ de los jugos celulares. Asimismo, desempeña una importante función en la fotosíntesis, en la economía hídrica de la planta y muy especialmente como activador enzimático (Navarro & Navarro, 2003). Nishikawa y Morales (2012), mencionan que el potasio activa más de 60 enzimas y que plantas bien provistas con este elemento sufren menos enfermedades.

El potasio interviene en la absorción de otros nutrientes y en el desplazamiento de los mismos dentro de la planta, por ejemplo, K^+ y NO_3^- pueden desplazarse juntos. La presencia de potasio y otros iones en solución ayuda a mantener la concentración osmótica necesaria para mantener la turgencia celular. También es importante en los procesos metabólicos que conducen a la formación de carbohidratos y de proteínas (Thompson & Troeh, 1988). La deficiencia de potasio se manifiesta por un pobre crecimiento del sistema radicular, tallos débiles y hojas de la parte baja de la planta con bordes de color amarillo y en proceso de secamiento (Gómez & Aguilar, 2016).

2.3.4. LA NUTRICIÓN CÁLCICA

El calcio es absorbido fundamentalmente bajo la forma de Ca^{2+} , es después del potasio, el elemento básico más abundante que existe en las plantas. Una de sus principales funciones es la de ser parte de la estructura de la protopectina, como agente cementante para mantener las células unidas. También es importante para el desarrollo de las raíces, en las cuales ejerce una triple función: multiplicación celular, crecimiento celular y neutralización de los hidrogeniones.

Asimismo, regula la absorción de nitrógeno; actúa sobre la translocación de los carbohidratos y proteínas en el interior de la planta; neutraliza los ácidos orgánicos que se originan en el metabolismo vegetal, tal cual ocurre con el ácido oxálico; y activa algunas

enzimas como la amilasa y la fosfolipasa. También se ha visto que regula la absorción y contrarresta los efectos perjudiciales debidos al exceso o acumulación de potasio, sodio y manganeso (Navarro & Navarro, 2003).

El calcio se encuentra de tal manera integrado en la pared celular que no es posible utilizar el que poseen las células viejas para construir las nuevas (Loneragan & Snowball, citado por Thompson & Troeh, 1988). Las plantas deficientes en este elemento son raquíticas porque producen menor número de células y estas son más pequeñas, con tallos débiles debido a que el espesor de sus paredes celulares es inferior al normal. Esta deficiencia limita el crecimiento de tallos, hojas y raíces (Thompson & Troeh, 1988).

2.3.5. LA NUTRICIÓN DEL HIERRO, MANGANESO Y ZINC

El hierro puede ser absorbido por la planta mediante su sistema radicular como Fe^{2+} , o como quelatos de hierro. Interviene en muchos procesos vitales para la planta, formando parte de diversos sistemas enzimáticos, bien como un componente metálico específico de las enzimas, bien como uno de los varios metales igualmente necesarios para la actividad de las enzimas correspondientes (Navarro & Navarro, 2003). Es necesario para la formación de la clorofila e interviene en algunas enzimas del sistema respiratorio (Schneider *et al.*, citado por Thompson & Troeh, 1988).

El síntoma más común de la deficiencia de hierro es la clorosis de las hojas jóvenes, comenzando con un color pálido de las hojas hasta el amarillamiento. La nervadura sigue conservando el color verde, pero a medida que la deficiencia se agrava, toda la hoja acusa clorosis y con el tiempo se transforma en blanco apergaminado y pueden aparecer manchas necróticas (Loué, 1988).

El manganeso es absorbido por la planta bajo la forma de Mn^{2+} y como quelato, tanto por su sistema radicular como por las hojas directamente. Por esta vía es aplicado frecuentemente en pulverizaciones para corregir deficiencias (Navarro & Navarro, 2003). Interviene en el desarrollo de la clorofila y en los sistemas enzimáticos vegetales. Su diversidad de valencias le otorga capacidad para funcionar, ya sea como coenzima metálica, ya sea como parte integrante de una molécula orgánica (Thompson & Troeh, 1988). La función mejor documentada del manganeso en las plantas verdes es la división del agua y sistema de evolución de O_2 en la fotosíntesis, la denominada reacción de Hill (Mengel & Kirkby, 1987).

El manganeso, como el hierro, es un elemento de escasa movilidad en la planta. Los síntomas de su deficiencia aparecen, primero en las hojas jóvenes y varían según la

especie; en las plantas de hoja ancha, suelen presentarse clorosis entre las nervaduras, similares a las ocasionadas por la clorosis férrica. La semejanza entre el manganeso y el hierro da lugar a una forma de competencia entre ambos (Thompson & Troeh, 1988).

El zinc es absorbido por la planta como Zn^{2+} , o como quelato por vía radicular o foliar. En ella, su movilidad no es grande, hallándose preferentemente acumulado en los tejidos de la raíz cuando encuentra un suministro adecuado en el suelo. Las funciones que el zinc realiza en la planta son variadas, en su gran mayoría son consecuencia de su participación en la formación y funcionamiento de diversos sistemas enzimáticos que intervienen en procesos vitales para la planta. El zinc es requerido para la síntesis del ácido β -indol acético, una de las hormonas de crecimiento en las plantas. También activa a la deshidrogenasa málica, a la enolasa, a la aldolasa, a la anhidrasa carbónica y a las deshidrogenasas láctica y alcohólica (Navarro & Navarro, 2003).

El zinc está estrechamente implicado en el metabolismo nitrogenado de las plantas. En las plantas deficientes, la síntesis de proteínas y los niveles de proteínas son muy reducidos, acumulándose amidas y aminoácidos (Mengel & Kirkby, 1987). Los síntomas visibles más característicos de la deficiencia de zinc en dicotiledóneas son retraso en el crecimiento, debido al acortamiento de los entrenudos y una disminución drástica del tamaño de la hoja. Muy a menudo estos síntomas se combinan con clorosis, que puede ser de alto contraste o de difusión (Navarro & Navarro, 2013).

2.4. ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE QUINUA VARIEDAD LA MOLINA 89

Con respecto a los trabajos de investigación que se han realizado con anterioridad y que están directamente relacionados a la fertilización de la variedad La Molina 89, a continuación, se citarán los ensayos realizados en el distrito de La Molina – Lima - Perú:

Timaná (1992), probó dosis y momentos de aplicación de Cycocel (cloromecuato, retardador de crecimiento) y su efecto sobre diferentes niveles de nitrógeno, sembrando en octubre de 1987 bajo riego por gravedad. El mejor resultado que obtuvo, sin tener en cuenta los efectos del Cycocel, fue un rendimiento de 2,978.94 kg/ha con la dosis de 80 kg de N/ha y 80 kg de P_2O_5 /ha. Mientras que, teniendo en cuenta los tres factores en estudio, el mejor rendimiento fue de 3,413.67 kg/ha, con 240 kg de N/ha y 80 kg de P_2O_5 /ha, con una dosis de 2 L/ha de Cycocel aplicado en el estado de ocho hojas verdaderas.

Apaza (1995), probó densidades de siembra y niveles de fertilidad, sembrando en setiembre de 1991 bajo riego por gravedad. El mejor resultado que obtuvo fue un rendimiento de 4,093.9 kg/ha con una dosis de 120 kg de N/ha y 80 kg de P₂O₅/ha con una densidad de siembra de 333,333 plantas/ha.

Echegaray (2003), probó diferentes métodos de cultivo, sembrando bajo riego por gravedad en febrero de 2001. El mejor resultado que obtuvo fue un rendimiento de 1,122.9 kg/ha con una dosis de 80 kg de N/ha y 60 kg de P₂O₅/ha, con riego indirecto (surco auxiliar a 40 cm del surco donde se encontraban las semillas), control manual de malezas y la semilla tapada con compost en la siembra.

Tapia (2003), probó dos diferentes tecnologías de cultivo, sembrando bajo riego por gravedad en enero del 2001. El mejor resultado que obtuvo fue un rendimiento de 1,523.75 kg/ha con una dosis de 80 kg de N/ha y 60 kg de P₂O₅/ha, con una densidad de siembra de 437,500.0 plantas/ha, con control manual de malezas y cosecha mixta (siega manual y trilla mecanizada).

Barnett (2005), probó diferentes niveles de fertilización nitrogenada y variedades de quinua, entre las que se encontraba La Molina 89. Sembró a una densidad de 223,000 plantas/ha bajo riego por goteo, en noviembre del 2002. El mejor resultado que obtuvo para esta variedad fue un rendimiento de 7,156.7 kg/ha, con una dosis de 160 kg de N/ha, 80 kg de P₂O₅/ha y 40 kg de K₂O/ha.

Huamancusi (2012), probó diferentes niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes (hierro, manganeso y zinc), sembrando a una densidad de 222,222 plantas/ha bajo riego por goteo, en agosto del 2002. El mejor resultado que obtuvo fue un rendimiento de 5,805 kg/ha con una dosis de 120 kg de N/ha, 80 kg de P₂O₅/ha y 40 kg de K₂O/ha, con la aplicación al suelo de 6 kg de Fe/ha, 5 kg de Mn/ha y 4 kg de Zn/ha.

Álvarez (2017), en su estudio probó densidades de siembra y variedades de quinua, entre las que se encontraba la variedad La Molina 89, sembrando bajo riego por goteo en setiembre del 2013. El mejor resultado que obtuvo para esta variedad fue un rendimiento de 5,288.7 kg/ha con una dosis de 160 kg de N/ha, 80 kg de P₂O₅/ha y 120 kg de K₂O/ha, a una densidad de 200,000 plantas/ha.

Baumann (2018), probó niveles nutricionales y densidades de siembra, sembrando bajo riego por goteo en junio del 2015. El mejor resultado que obtuvo fue un rendimiento de

4,637 kg/ha con una dosis de 160 kg de N/ha, 80 kg de P₂O₅/ha, 160 kg de K₂O/ha y 80 kg de CaO/ha, a una densidad de 160,000 plantas/ha.

Franco (2018), en su ensayo probó regímenes de riego y variedades de quinua, entre las que se encontraba la variedad La Molina 89, sembrando a una densidad de 152,000 plantas/ha bajo riego por goteo en octubre del 2013. El mejor resultado que obtuvo fue un rendimiento de 7,343.5 kg/ha con una dosis de 160 kg de N/ha, 80 kg de P₂O₅/ha y 120 kg de K₂O/ha, con un requerimiento de riego total de 4,800.8 m³/ha.

III. METODOLOGÍA

3.1. MATERIALES

3.1.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó en la Unidad de Investigación en Riegos perteneciente al Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), cuya ubicación geográfica es la siguiente:

- Latitud: 12° 05' 06''
- Longitud: 76° 57' 00''
- Altitud: 243.7 m s. n. m.

3.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Los suelos de La Molina se sitúan fisiográficamente en una terraza media de origen aluvial. Para determinar las características físico-químicas del suelo del área donde fue conducido el ensayo agronómico, se muestreó aleatoriamente y se llevó la muestra representativa al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF - UNALM), para el análisis de caracterización fisicoquímica.

Los resultados que se muestran en la Tabla 4 presentan un suelo franco arenoso, lo cual indica una moderada capacidad de retención de humedad, adecuada permeabilidad y buena aireación. Presenta una reacción moderadamente alcalina, lo cual está relacionado directamente con el porcentaje de carbonato de calcio, cuyo nivel es medio. De acuerdo con la conductividad eléctrica clasificamos este suelo como moderadamente salino. El porcentaje de materia orgánica es bajo (0.75 %), por consiguiente el abastecimiento natural del elemento nitrógeno también es bajo, con la probabilidad de una alta respuesta a la fertilización nitrogenada. El contenido de fósforo y potasio disponible, es alto y medio respectivamente.

La capacidad de intercambio catiónico (12.16 cmol (+)/kg), está en el límite de los rangos bajo y medio, mostrando una fertilidad potencial baja del suelo. Las relaciones catiónicas

Ca/Mg=3.9, Ca/K=34.7 y Mg/K=8.9 indican que el magnesio se encuentra por encima del nivel de equilibrio, por tanto, se puede esperar respuesta positiva a la fertilización potásica y cálcica.

3.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO

El agua utilizada para el riego proviene de la red de agua de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En la Tabla 5, se presentan los resultados del análisis realizado en LASPAF – UNALM. Se observa que el agua utilizada es altamente salina (3.1 dS/m), por ello es clasificada como C₄, este tipo de agua solo se puede utilizar en casos donde los suelos son muy permeables, con buen drenaje, con cultivos muy resistentes a la salinidad y con sistemas localizados de riego, que por microlixiviación permitirían una zona de raíces relativamente baja en sales. De otro lado su relación de adsorción de sodio es baja (3.8), lo cual indica que no afectará a la infiltración del agua en el suelo.

El pH se encuentra en los rangos normales de aguas de riego. Los niveles de boro y bicarbonato en el agua no representarían ningún problema para los cultivos, pero la elevada concentración del ión cloruro, restringiría el uso de esta agua sólo a cultivos tolerantes a niveles altos de este anión. El análisis indica también que el agua de riego presenta nitratos, anión no común en las aguas de riego, lo cual es un aporte significativo de nitrógeno para el cultivo y que debería ser considerado en el balance nutricional de este elemento. Finalmente, el agua se clasifica como agua muy dura (123.2 grados hidrométricos franceses) lo cual determinará la obturación potencial de los emisores del sistema de riego por goteo.

Tabla 4: Análisis de caracterización de suelo (profundidad de 5 a 30 cm)

Determinación	Valor	Unidad	Método de análisis
Conductividad eléctrica	5.4	dS/m	Lectura del extracto de saturación
Análisis mecánico			
Arena	60	%	Hidrómetro de Bouyoucos
Limo	22	%	
Arcilla	18	%	
Clase textural	Franco arenoso		Triángulo textural
pH	7.96		Potenciómetro 1:1 suelo/agua
Calcáreo total	3.80	%	Método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro
Materia orgánica	0.75	%	Walkley y Black
Fósforo disponible	29.9	ppm	Olsen modificado
Potasio disponible	139	ppm	Acetato de amonio 1N/ pH 7
Capacidad de intercambio catiónico	12.16	cmol(+)/kg	
Cationes cambiables			
Ca ²⁺	9.36	cmol(+)/kg	Espectrofotometría de absorción atómica
Mg ²⁺	2.40	cmol(+)/kg	
K ⁺	0.27	cmol(+)/kg	
Na ⁺	0.13	cmol(+)/kg	

Tabla 5: Análisis del agua de riego

Determinación	Valor	Unidad
Conductividad eléctrica	3.1	dS/m
pH	7.4	
Calcio	19.3	meq/L
Magnesio	5.41	meq/L
Sodio	13.48	meq/L
Potasio	0.26	meq/L
Suma de cationes	38.45	
Nitratos	0.65	meq/L
Carbonatos	0	meq/L
Bicarbonatos	1.52	meq/L
Sulfatos	13.13	meq/L
Cloruros	23.2	meq/L
Suma de aniones	38.5	
RAS	3.8	
Boro	0.75	ppm
Clasificación	C ₄ -S ₁	

Tabla 6: Promedios mensuales de datos climáticos de La Molina (Agosto 2017 – Enero 2018)

Mes	Temperatura media mensual (°C)	Radiación solar circunglobal (W/m ²)	Humedad relativa media mensual (%)	Precipitación mensual (mm)	Evaporación del tanque media (mm/día)	Heliofania (Horas/día)
Agosto	15.7	56.1	81.6	3.9	1.63	2.8
Setiembre	15.7	62.1	82.4	4.6	1.77	3.2
Octubre	17.0	98.7	78.2	0.3	2.61	6.6
Noviembre	17.8	88.5	76.3	0.3	2.65	5.4
Diciembre	20.0	86.5	76.3	0.4	2.67	4.6
Enero	22.5	106.7	71.3	1.2	3.18	5.8
PROMEDIO	18.1	83.1	77.7	1.8	2.42	4.7

3.1.4. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE LA ZONA EXPERIMENTAL

Según el sistema de clasificación de Köppen-Geiger, basado en promedios anuales de precipitación y de temperatura, le corresponde a La Molina la clasificación BWh (desierto árido caluroso), donde la temperatura media anual está por encima de los 18 °C y posee una precipitación anual escasa (16 mm). La Tabla 6 presenta los datos climatológicos correspondientes a la zona experimental durante el periodo de desarrollo del cultivo (agosto del 2017 a enero del 2018) obtenidos de los datos registrados por el Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.1.5. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD EN ESTUDIO

Timaná (1992) y Huamancusi (2012), mencionan que la variedad La Molina 89 fue seleccionada por el Programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM, siendo un material colectado en el altiplano debido a su precocidad, buen rendimiento y tipo de planta. Esta variedad está caracterizada como precoz (de 130 a 150 días de periodo vegetativo), con una altura de planta promedio de 130 cm. Presenta una panoja de tipo amarantiforme, compacta, de aprox. 36 cm de longitud y de 7 a 9 cm de diámetro, con granos de color crema. Además, Apaza (1995) y Tapia (2003), mencionan que esta variedad es tolerante al mildiu de la quinua (*Peronospora farinosa*).

3.1.6. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA ORGÁNICA UTILIZADA

Se utilizó compost comercial de marca “Agrasun”, el cual es elaborado según su ficha técnica a partir de plantas acuáticas, sin utilización de aditivos ni de nutrientes adicionales. Posee un alto contenido de fitohormonas (auxinas, citoquininas y giberelinas), con una densidad de 800 kg/m³. Cuenta con certificación orgánica, emitida por la empresa certificadora alemana BCS OKO GARANTIE.

Para determinar sus características químicas se tomó una muestra representativa del compost y se llevó al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para que se realice un Análisis de Materia orgánica. Los resultados se aprecian en la Tabla 7.

Según estos resultados el compost presenta un pH ácido, el cual ayudará en la disponibilidad de varios nutrientes en suelos de reacción básica, como el utilizado en el presente ensayo.

Posee una conductividad eléctrica aceptable para su utilización como abono en el suelo, ya que sólo afectará negativamente si se usa como sustrato en proporciones elevadas. La relación C/N (16.2) es aceptable, mientras que sus contenidos de materia orgánica, N, P₂O₅ y K₂O son relativamente bajos.

Tabla 7: Caracterización del compost utilizado en el ensayo agronómico

Determinación	Valor	Unidad
Conductividad eléctrica	5.2	dS/m
pH	5.6	
Materia orgánica, en peso seco	28.3	%
N	1.01	%
P ₂ O ₅	0.22	%
K ₂ O	0.28	%
CaO	1.56	%
MgO	0.53	%
Humedad ,en peso fresco	11.8	%
Na	0.06	%

3.1.7. MÓDULO DE RIEGO

La parte experimental se manejó bajo riego localizado de alta frecuencia (R.L.A.F.) por goteo.

Matriz:

- Dos válvulas de una pulgada (llaves de control e ingreso de fertilizante)
- 22 m de tubería principal PVC de una pulgada
- Un filtro de anillos de 3/4 de pulgada
- Un contómetro de agua tipo reloj
- Un inyector de fertilizantes tipo Venturi

Laterales:

- 120 m de laterales de goteo de 16 mm (PE)
- 384 goteros autocompensados Katif de 2.3 L/h

- 12 micro-válvulas de 16 mm de diámetro
- 12 conectores de salida
- 12 terminales de línea

3.1.8. FERTILIZANTES UTILIZADOS EN EL ENSAYO

En la Tabla 8 se presentan los fertilizantes sintéticos utilizados en el experimento, con sus respectivos contenidos de nutrientes en porcentaje.

Tabla 8: Fertilizantes y su contenido en nutrientes

Elemento	Fertilizante	Contenido de nutrientes (%)						
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe	Mn	Zn
Nitrógeno	Nitrato de amonio	33.5						
Fósforo	Ácido fosfórico		53					
Potasio	Sulfato de potasio			51				
Calcio	Nitrato de calcio	15.5			26			
Fierro	Sulfato de fierro					20		
Manganeso	Sulfato de manganeso						31.8	
Zinc	Sulfato de zinc							22.31

3.1.9. OTROS MATERIALES

Pulverizador manual tipo mochila, balanza eléctrica, balanza electrónica de precisión, balanza electrónica analítica, INFRATEC 1255 Food and Feed Analyzer, agitador mecánico, afrosímetro, venteadora de granos, estufa, tamices N° 10, 12 y 14, tubos de ensayo de 16 cm de longitud y 16 mm de diámetro, libreta de campo, vernier, bolsas de papel kraft, pala, rastrillo, azadón, cinta métrica y wincha.

3.2. MÉTODOS

El ensayo agronómico consistió en determinar la respuesta de cuatro niveles nutricionales bajo tres niveles de materia orgánica en el crecimiento y rendimiento de la variedad de quinua La Molina 89 bajo riego por goteo. El sistema de propagación fue el de siembra directa en hilera simple, depositando seis semillas por golpe, distanciados cada diez centímetros. En el desahíje se dejó dos plantas por golpe para al final obtener una densidad de 160,000 plantas por hectárea. El campo experimental constó de 12 camas de producción

con un distanciamiento de 1.25 m entre surcos. En cada cama se colocó una línea de riego con un distanciamiento entre goteros de 30 centímetros. Cada cama de producción tuvo una longitud de 9.6 metros de largo, un ancho de 80 cm y una altura de 15 cm.

El compost se aplicó en franja, de manera localizada y enterrándose a 15 cm de la línea de siembra, mientras que la fertilización se realizó disolviendo los fertilizantes en agua y aplicada de manera fraccionada, en 12 oportunidades para el nitrógeno, seis para el fósforo, 10 para el potasio, seis para el calcio y en cinco oportunidades para el hierro, manganeso y zinc. Las labores agronómicas y de sanidad del cultivo fueron las mismas para todos los tratamientos, de tal forma que no afectaran de manera diferente a los resultados de los tratamientos en investigación.

3.2.1. FACTORES EN ESTUDIO

En la Tabla 9 se aprecia los niveles nutricionales utilizados en el presente experimento junto a sus respectivas dosis de nutrientes, mientras que en la Tabla 10 se muestran los niveles de materia orgánica (compost) aplicados al suelo.

Tabla 9: Niveles nutricionales (N) utilizados en el ensayo agronómico

Clave	Nivel nutricional	Cantidades (kg/ha)						
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe	Mn	Zn
n1	Testigo	0	0	0	0	0	0	0
n2	NPK	120	60	120	0	0	0	0
n3	NPK + Ca	120	60	120	80	0	0	0
n4	NPK + Ca + microelementos	120	60	120	80	12	8	6

Tabla 10: Niveles de materia orgánica (M) utilizados en el ensayo agronómico

Clave	Niveles (t compost/ ha)
m1	0
m2	10
m3	20

3.2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue parcelas divididas (Split-plot) con estructura de parcelas en bloques al azar. Los niveles de materia orgánica en estudio fueron asignados aleatoriamente a nivel de parcelas dentro de cada bloque y los niveles nutricionales se asignaron aleatoriamente a nivel de subparcelas dentro de cada parcela completa. Se trabajó con cuatro bloques, lo que significa que por cada tratamiento se contó con cuatro repeticiones.

Modelo aditivo lineal de un diseño de parcelas divididas en bloques al azar:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_k + \tau_i + (\gamma\tau)_{ki} + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad i = 1,2,3 \quad j = 1,2,3,4 \quad k = 1,2,3,4$$

Donde:

- Y_{ijk} = Es el valor observado de la variable en estudio en el i-ésimo nivel de materia orgánica, del j-ésimo nivel nutricional en el k-ésimo bloque.
- μ = Es el efecto de la media general.
- γ_k = Es el efecto del k-ésimo bloque.
- τ_i = Es el efecto del i-ésimo nivel de materia orgánica.
- $(\gamma\tau)_{ki}$ = Es el efecto del error experimental del i-ésimo nivel de materia orgánica en el k-ésimo bloque, $[E_{(a)}]$.
- β_j = Es el efecto del j-ésimo nivel nutricional.
- $(\tau\beta)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción del i-ésimo nivel de materia orgánica con el j-ésimo nivel nutricional.
- ε_{ijk} = Es el efecto del error experimental del i-ésimo nivel de materia orgánica, con el j-ésimo nivel nutricional en el k-ésimo bloque, $[E_{(b)}]$.

Los grados de libertad para cada componente de las fuentes de variación del ANVA de un diseño de parcelas divididas en bloques al azar, son los siguientes (Tabla 11):

Tabla 11: Fuentes de variación y grados de libertad del experimento

Fuentes de variación	Grados de libertad	
Bloques	$(r - 1)$	3
Niveles de materia orgánica (A)	$(a - 1)$	2
Error (a)	$(r - 1)(a - 1)$	6
Niveles nutricionales (B)	$(b - 1)$	3
Interacción: Niveles de materia orgánica x Niveles nutricionales (AB)	$(a - 1)(b - 1)$	6
Error (b)	$a(r - 1)(b - 1)$	27
Total	$(abr - 1)$	47
a = Número de niveles de materia orgánica b = Número de niveles nutricionales r = Número de bloques o repeticiones		

El análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias de Duncan se realizaron a través de la aplicación del software estadístico SAS, versión 9.4 (SAS Institute, 2013).

3.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

- **Dimensiones del campo experimental**

Largo efectivo : 9.6 m
 Ancho efectivo : 15 m
 Área efectiva : 144 m²

- **Dimensiones del bloque**

Largo efectivo : 9.6 m
 Ancho efectivo : 3.75 m
 Área efectiva : 36 m²
 Número de bloques : 4

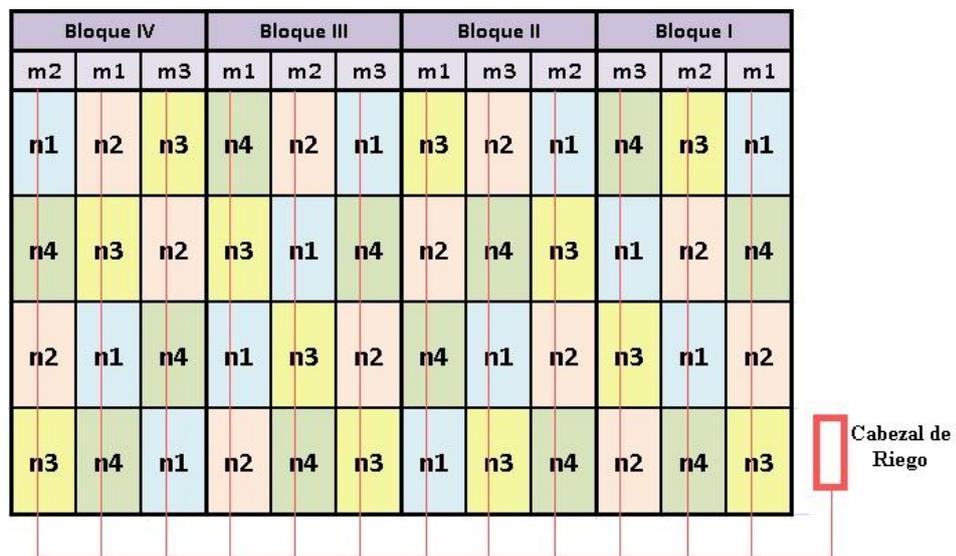
- **Dimensiones de la parcela**

Largo efectivo : 9.6 m
 Ancho efectivo : 1.25 m
 Área efectiva : 12 m²
 Número de parcelas : 12

- **Dimensiones de la subparcela**

Largo efectivo : 2.4 m
 Ancho efectivo : 1.25 m
 Área efectiva : 3 m²
 Número de subparcelas : 48

La conformación de los tratamientos a partir de los dos factores (niveles de materia orgánica y niveles nutricionales) se aprecia en la Figura 1, donde se encuentran aleatorizados en cada uno de los cuatro bloques.



m1: 0 t/ha de compost - TESTIGO	n1: TESTIGO
m2: 10 t/ha de compost	n2: NPK
m3: 20 t/ha de compost	n3: NPK + Ca
	n4: NPK + Ca + microelementos

Figura 1: Esquema de aleatorización de los tratamientos en parcelas divididas

3.2.4. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Nueve días antes de la siembra se comenzó con la preparación del terreno, empezando con un pequeño riego para humedecer el suelo. Después de una semana se removieron las 12 camas a 40 cm de profundidad y 80 cm de ancho y se desterronó, con la utilización del pico y la pala. El mullido y la nivelación de las camas a 15 cm de altura se realizaron con el rastrillo, mientras que con el azadón se trazaron surcos de 6 cm de profundidad a lo largo de las camas, donde se asentaron los laterales de riego. Finalmente, se procedió a la demarcación de las subparcelas y calles con ayuda de las estacas, la wincha y el pabilo.

La siembra se realizó el 11 de agosto del 2017, dentro de cada subparcela y en el fondo de surco, se marcó cada 10 cm los golpes, donde se colocaron seis semillas a una profundidad de tres centímetros. Se taparon estos agujeros con arena de río para facilitar la emergencia de las plántulas y se colocaron los laterales a 15 cm de la línea de siembra, para luego proceder a regar durante media hora.

Las camas fueron regadas de manera homogénea a través de un sistema de riego por goteo, para tener un control del riego se registraban las lecturas del contómetro que se encontraba al inicio del sistema de riego. El cierre del sistema se realizó a los 139 días después de la siembra, siendo este el último riego.

Las fechas y el fraccionamiento de la fertilización se detallan en la Tabla 12. Lo que corresponde de fertilizantes a una subparcela se disolvía en una jarra, la cual era aplicada a lo largo del surco de cada subparcela, para luego proceder a un riego ligero de un minuto. En el caso del Fe, Mn y Zn se acompañó de un quelato para una mejor absorción por parte de la planta.

El primer desmalezado se efectuó de manera manual tres semanas después de haber emergido las plántulas, en el estado de seis hojas verdaderas del cultivo. El desahije se realizó dos días después de este deshierbe, dejando únicamente dos plantas por golpe.

El primer aporque se realizó a los 44 días después de la emergencia (DDE), en el estado de inicio del panojamiento. El segundo fue a los 86 DDE, en el estado de floración y el último aporque se realizó a los 113 DDE, en el estado de grano lechoso. Esta labor se efectuó para evitar el tumbado de plantas debido al peso de estas y la acción del viento; además se aprovechó esta labor para controlar las malezas que emergían en el tiempo.

Tabla 12: Cronograma de aplicación de los fertilizantes sintéticos

Fecha	Días después de la siembra	Fraccionamiento de la fertilización
18/08/2017	7	1/6 P
25/08/2017	14	1/6 P + 1/12 N
28/08/2017	17	1/6 Ca
01/09/2017	21	1/6 P + 1/12 N
04/09/2017	24	1/6 Ca
08/09/2017	28	1/6 P + 1/12 N
11/09/2017	31	1/6 Ca
15/09/2017	35	1/6 P + 1/12 N
18/09/2017	38	1/6 Ca
20/09/2017	40	1/5 Fe, Mn, Zn
22/09/2017	42	1/6 P + 1/12 N
25/09/2017	45	1/6 Ca
27/09/2017	47	1/5 Fe, Mn, Zn
29/09/2017	49	1/12 N + 1/10 K
02/10/2017	52	1/6 Ca
04/10/2017	54	1/5 Fe, Mn, Zn
06/10/2017	56	1/12 N + 1/10 K
11/10/2017	61	1/5 Fe, Mn, Zn
13/10/2017	63	1/12 N + 1/10 K
18/10/2017	68	1/5 Fe, Mn, Zn
20/10/2017	70	1/12 N + 1/10 K
27/10/2017	77	1/12 N + 1/10 K
03/11/2017	84	1/12 N + 1/10 K
10/11/2017	91	1/12 N + 1/10 K
17/11/2017	98	1/10 K
24/11/2017	105	1/10 K
01/12/2017	112	1/10 K

Referente a la sanidad del cultivo, cinco días después de la siembra se colocó cebo tóxico de manera preventiva alrededor de los golpes, para evitar el ataque de los gusanos cortadores. En la Tabla 13, se detalla las plagas y enfermedades que se presentaron en la conducción del cultivo y los ingredientes activos de los plaguicidas utilizados para su control. Cabe añadir que no hubo ataque de aves debido a que el campo donde se realizó el ensayo agronómico ya contaba con una malla protectora, lo único que se hizo fue reparar las partes rasgadas y cambiar algunos postes.

Tabla 13: Plagas y enfermedades identificadas en el experimento

Plaga o enfermedad	Daño o síntoma observado	Ingrediente activo del plaguicida
Mosca minadora (<i>Liriomyza</i> sp.)	Las larvas realizaron minaduras serpenteantes en las hojas, mientras los adultos picaron las hojas para alimentarse de la savia emanada.	Oxamyl, Abamectina, Lambdacihalotrina, Cipermetrina, Permetrina.
Gusanos ejército (<i>Spodoptera eridania</i> , <i>Spodoptera ochrea</i>)	Las larvas de los primeros estadios rasparon la epidermis de las hojas, mientras que larvas más desarrolladas realizaron comeduras en el follaje.	Spinosad, Lambdacihalotrina, Cipermetrina, Permetrina.
Mosquilla de los brotes (<i>Prodiplosis longifila</i>)	Las larvas deformaron los brotes al raspar la epidermis de las hojas tiernas.	Imidacloprid
Chinches (<i>Nysius simulans</i> y otros)	Ninfas y adultos succionaron la savia de las plantas y los granos de la panoja en proceso de formación.	Imidacloprid, Permetrina, Clorpirifos.
Mildiu de la quinua (<i>Peronospora variabilis</i>)	Aparecieron manchas cloróticas de forma irregular en las hojas, mientras que en el envés se encontró la esporulación grisácea.	Benalaxyl + Mancozeb, Cymoxanyl + Mancozeb + Hidróxido de cobre.

La determinación del área foliar y de materia seca de hojas se realizó a los 90 días después de la emergencia, en el estado de floración, debido a que en este estado se observó que las plantas comenzaban a defoliarse. Las mediciones de altura de planta, diámetro de tallo y panoja, longitud de panoja y materia seca se realizó un día antes de la cosecha.

La cosecha se realizó de forma manual, cuando todas las panojas alcanzaron la madurez de cosecha, eso es cuando los granos de quinua poseen una humedad menor al 14 por ciento, lo cual se identifica de manera práctica al estar el grano “frágil bajo el diente”. Se cortaron las panojas con la ayuda de una tijera de podar para luego dejar secándolas bajo el sol sobre mantas de lona.

La trilla fue manual, mediante pisoteos, frotadas y golpes a las panojas. Para separar los granos de las envolturas florales secas se utilizó la máquina venteadora del Programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM.

Las evaluaciones de porcentajes de proteínas, granulometría y porcentaje de saponinas se realizaron en el Laboratorio de Calidad del Programa de Cereales y Granos Nativos. Las demás evaluaciones del presente trabajo de investigación se realizaron en el laboratorio de la Unidad de Investigación en Riegos de la Facultad de Agronomía.

En la Tabla 14, se presentan las actividades realizadas durante la conducción del ensayo, exceptuando las fertilizaciones, pues estas ya fueron dadas a conocer en la Tabla 12.

Tabla 14: Cronograma de labores culturales realizadas en el experimento

Actividad	Fecha	DDS
Muestreo del campo (Análisis del suelo)	04/08/2017	-7
Reacomodo y colocación de postes	08/08/2017	-3
Preparación de terreno	09/08/2017	-2
Parchado de malla protectora	10/08/2017	-1
Siembra y preparación de almácigos	11/08/2017	0
Aplicación de materia orgánica	13/08/2017	2
Aplicación de cebo tóxico	16/08/2017	5
Resiembra	17/08/2017	6
Aplicación de fungicida (control del mildiú)	23/08/2017	12
Aplicación de insecticidas (control de larvas de mosca minadora y de <i>Spodoptera eridania</i>)	31/08/2017	20

Trasplante	03/09/2017	23
Desmalezado	05/09/2017	25
Aplicación de insecticidas (control de mosca minadora y larvas de <i>Spodoptera</i>)	06/09/2017	26
Desahíje	07/09/2017	27
Aplicación de insecticidas (control de mosca minadora y larvas de <i>Spodoptera</i>)	12/09/2017	32
Aplicación de insecticidas (control de mosca minadora adultos y <i>Prodiplosis longifila</i>)	24/09/2017	44
Primer aporque	28/09/2017	48
Aplicación de insecticidas (control de mosca minadora adultos y <i>Prodiplosis longifila</i>)	08/10/2017	58
Aplicación de insecticidas (control de mosca minadora adultos y <i>Prodiplosis longifila</i>)	15/10/2017	65
Aplicación de fungicida (control del mildiú) y de insecticida (control de larvas de mosca minadora)	17/10/2017	67
Aplicación de fungicida (control de mildiú) y de insecticida (control de larvas de mosca minadora)	28/10/2017	78
Segundo aporque	09/11/2017	90
Evaluación del área foliar	13/11/2017	94
Aplicación de insecticidas (control de <i>Spodoptera</i> y pentatómidos)	14/11/2017	95
Aplicación de insecticidas (control de <i>Spodoptera</i> y pentatómidos)	28/11/2017	109
Tercer aporque	06/12/2017	117
Aplicación de insecticida (control de chinches)	14/12/2017	125
Aplicación de insecticida (control de chinches)	03/01/2018	145
Evaluación de las variables de crecimiento	21/01/2018	163
Cosecha	22/01/2018	164

3.2.5. EVALUACIONES EXPERIMENTALES

3.2.5.1. Rendimiento de grano (kg/ha)

Se pesaron los granos pertenecientes a cada subparcela, para luego aplicar la fórmula de Jenkins:

$$\text{Peso corregido por fallas} = \frac{\text{Peso de campo} \times (A - 0.3B)}{A - B}$$

A = Número de plantas cuando la población es perfecta (0 fallas)

B = Número de fallas (se considera una falla a la ausencia de una planta en un golpe).

Para realizar la corrección por humedad y expresar el peso al 14 por ciento de humedad, se utilizó la siguiente relación:

Peso corregido por fallas al 14 % de humedad (PCFH)

$$\text{PCFH} = \frac{\text{Peso corregido por fallas} \times (100 - \% \text{ de humedad a la cosecha})}{86}$$

Para expresar el rendimiento de quinua grano en kg/ha, se aplicó el siguiente factor de producción (FP):

$$\text{FP} = (10000 \times 0.971) / A$$

A = Área efectiva de la subparcela en m²

0.971 = Coeficiente de contorno

Finalmente:

Rendimiento (kg/ha) = FP x Rendimiento por subparcela corregido por fallas y por humedad de grano

3.2.5.2. Componentes del rendimiento

- **Número de plantas/m²**

Se determinó un día antes de la cosecha, dividiendo el número de plantas de la subparcela entre el área efectiva de dicha subparcela.

- **Rendimiento de grano por planta (g)**

Se determinó dividiendo el rendimiento de grano de cada subparcela al 14 por ciento de humedad entre el número de plantas de dicha subparcela.

- **Peso de 1000 granos (g)**

De los granos producidos en cada subparcela se tomó una muestra representativa. De esta muestra se contó 1000 granos de manera manual con la ayuda de una pinza, procediendo luego a pesarlos en una balanza analítica. Por último se expresó este peso al 14 por ciento de humedad.

3.2.5.3. Variables de crecimiento

- **Altura de planta (cm)**

Se midió con una regla graduada desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja. Para ello se tomaron tres plantas al azar por subparcela, un día antes de la cosecha.

- **Diámetro del tallo principal (mm)**

Se midió con la ayuda de un vernier, en la parte media del tercio inferior de la planta. Para ello se tomaron tres plantas al azar por subparcela, un día antes de la cosecha.

- **Área foliar (cm²/planta)**

Se tomaron muestras de hojas con un área conocida, determinando su peso, para luego relacionarlo con el peso total de hojas por planta.

- **Longitud de panoja principal (cm)**

Se midió con una regla graduada desde la base hasta el ápice de la panoja principal. Para ello se tomaron tres panojas principales al azar por subparcela, un día antes de la cosecha.

- **Diámetro de panoja principal (cm)**

Se midió con una regla graduada, registrando el diámetro máximo de la panoja principal. Para ello se tomaron tres panojas principales al azar por subparcela, un día antes de la cosecha.

- **Número de panojas secundarias**

Se contó el número de panojas secundarias (llamadas también subpanojas o panojas no diferenciadas) en una planta. Para ello se tomaron tres plantas al azar por subparcela, un día antes de la cosecha.

- **Materia seca de tallo (g/planta)**

Se troceó el tallo de una planta y se dejó en la estufa a 75 °C hasta que de un día para otro no varíe su peso (generalmente el tiempo en estufa fue mayor a dos días), entonces se pesó en una balanza de precisión. Para ello se tomó tres plantas al azar por subparcela, un día antes de la cosecha.

- **Materia seca de hojas (g/planta)**

Se colectaron las hojas de una planta y se colocaron en estufa a 75 °C hasta que de un día para otro no varíe su peso (generalmente el tiempo en estufa fue mayor a 5 días), entonces se pesó en una balanza de precisión. Esta evaluación fue a los 90 días después de la emergencia de las plántulas, en el estado de floración.

- **Materia seca de panoja (g/planta)**

Se trocearon las panojas (panoja principal y las secundarias) de una planta y se colocaron en estufa a 75 °C hasta que de un día para otro no varíe el peso (generalmente el tiempo en estufa fue mayor a 4 días), entonces se pesó en una balanza de precisión. Para ello se tomó tres plantas al azar por subparcela, un día antes de la cosecha.

- **Materia seca total (g/planta)**

Se determinó sumando las materias secas de la parte aérea de la planta (Materia seca de tallo + Materia seca de hojas + Materia seca de panoja).

3.2.5.4. Componentes de la calidad de grano

- **Granulometría (%)**

Se tomó una muestra representativa de 20 gramos de los granos producidos por cada subparcela, a estos granos se les separó de las envolturas florales que aún se mantenían adheridas con la ayuda de una pinza. Se clasificaron estos granos por el tamaño de sus diámetros con la utilización de los tamices N° 10, 12 y 14, para al final pesarlos en una balanza analítica.

- **Proteínas en grano (%)**

Fue determinado con el “INFRATEC 1255 Food and Feed Analyzer”, instrumento computarizado que emplea las propiedades de reflectancia y transmitancia de la radiación

infrarroja cercana, obteniéndose así una lectura directa de porcentaje de proteínas. Con este mismo instrumento también se determinó el porcentaje de humedad de grano en base seca, con lo cual mediante un artificio aritmético se obtuvo el porcentaje de humedad del grano en base húmeda.

- **Saponinas en grano (%)**

Esta evaluación se realizó mediante el método afrosimétrico mecánico, propuesto por koziol (1990) y modificado por Balsamo (2002). Consistió en colocar 0.5 g de granos de quinua con un diámetro mayor a 1.7 mm y menor a 2mm en un tubo de ensayo con 5 mL de agua destilada, para luego tapar el tubo y agitarlo durante 30 segundos, dejándolo reposar por 30 minutos. Pasado ese tiempo se agitó por 20 segundos más y se volvió a dejar a reposar el tubo durante media hora. Transcurrido ese tiempo se agitó nuevamente por 30 segundos y se le dejó reposar por cinco minutos esta vez. Por último se le dio una fuerte sacudida, igual a las sacudidas que se le dan a los termómetros orales, para así poder medir la altura de la espuma formada dentro del tubo de ensayo con la ayuda de un afrosímetro.

El porcentaje de saponinas se obtuvo a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Saponinas (\%)} = \frac{H - 0.29}{3.74}$$

H: Altura de espuma en centímetros

Wahli (1990), basado en la norma ecuatoriana para el grano de quinua, menciona que si mediante la prueba de espuma se obtiene un porcentaje de saponinas menor o igual a 0.11 por ciento la quinua será considerada “dulce”, pero si su porcentaje de saponinas es mayor a 0.11 por ciento se le considerará como una quinua “amarga”.

3.2.5.5. Parámetros agronómicos

- **Eficiencia de uso de agua (EUA - kg/m³)**

Es la relación existente entre el rendimiento comercial del cultivo y el requerimiento de riego del cultivo.

$$\text{EUA (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Rendimiento quinua grano (kg/ha)}}{\text{Requerimiento de riego total (m}^3\text{/ha)}}$$

- **Coefficiente de transpiración (CT – L/kg)**

Es la relación existente entre el requerimiento de riego neto y la materia seca total de la parte aérea producida por el cultivo, midiendo así su capacidad de transpiración.

$$\text{CT (L/kg)} = \frac{\text{Requerimiento de riego neto (L/ha)}}{\text{Materia seca total (kg/ha)}}$$

- **Índice de cosecha (IC - %)**

Es la relación existente entre el peso seco de granos y la biomasa aérea seca de la planta.

$$\text{IC (\%)} = \frac{\text{Materia seca de grano (kg/planta)} \times 100}{\text{Materia seca total (kg/planta)}}$$

- **Índice de área foliar (IAF – m²/m²)**

Es la relación existente entre la superficie foliar expuesta a la radiación solar (m²) respecto a la superficie del terreno (m²).

$$\text{IAF (m}^2\text{/m}^2\text{)} = \frac{\text{Número de plantas/ha} \times \text{Área foliar (m}^2\text{/planta)}}{10000 \text{ m}^2\text{/ha}}$$

- **Requerimiento de riego (m³/ha)**

Se obtuvo por lectura directa del caudalímetro, desde el inicio del ensayo (riego de pre-siembra) hasta el final del ciclo de cultivo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las figuras y tablas de resultados que se presentan y se discuten más adelante han sido elaboradas en base a los Anexos 3 al 23. En ellos se reflejan los valores promedios de las variables de crecimiento, componentes del rendimiento, rendimiento de grano, componentes de calidad de grano y parámetros agronómicos; así como los resultados de los análisis de varianzas y las pruebas de comparación de medias.

4.1. RESULTADOS GENERALES

El presente ensayo evaluó la respuesta de tres niveles de materia orgánica (0 t compost/ha, 10 t compost/ha y 20 t compost/ha) bajo cuatro niveles nutricionales (testigo, NPK, NPK + Ca y NPK + Ca + Microelementos) en el crecimiento y rendimiento de la variedad de quinua La Molina 89 en La Molina (Lima, Perú) bajo riego por goteo. En las Tablas 15 y 16 se puede apreciar los promedios generales del cultivo de quinua bajo el efecto de estos dos factores, de los cuales se obtuvo en variables de crecimiento: una altura de planta de 2.20 m, un diámetro de tallo de 15.1 mm, un área foliar de 18.8 dm²/planta, una longitud de panoja de 40.9 cm, un diámetro de panoja principal de 14.1 cm, un desarrollo de 25 subpanojas por planta, un peso de tallo seco de 40.02 g, un peso de hojas secas de 8.46 g, un peso de panoja seca de 76.35 g y un peso de materia seca total de 124.83 g.

El rendimiento general fue de 5,684.4 kg/ha; los componentes del rendimiento fueron de: 11.55 plantas por metro cuadrado, 49.34 g de peso de granos por planta y 2.415 g de peso de 1000 granos. Con respecto a los componentes de calidad, el porcentaje de granulometría de los cuatro tamaños de granos fueron: 0.11 por ciento de granos mayores y/o iguales a 2mm, 11.28 por ciento de granos entre 1.7 a 2 mm, 63.27 por ciento de granos entre 1.4 a 1.7 mm y 25.34 por ciento de granos menores a 1.4 mm. El porcentaje de proteínas y saponinas fueron de 13.5 y 1.45 por ciento, respectivamente. En relación a los parámetros agronómicos, la eficiencia de uso de agua fue de 1.99 kg/m³, el coeficiente de transpiración fue de 185.5 L/kg, el índice de cosecha fue de 34.94 por ciento y el índice de área foliar fue 2.17.

Tabla 15: Resultados generales del efecto del nivel de materia orgánica

Características	Nivel de materia orgánica			Promedio general
	0 t compost/ha	10 t compost/ha	20 t compost/ha	
1. Variables de crecimiento				
Altura de planta (cm)	217.1	219.8	222.2	219.7
Diámetro del tallo principal (mm)	14.6	15.3	15.5	15.1
Área foliar (dm ² /planta)	16.5	20.0	19.9	18.8
Longitud de panoja principal (cm)	40.4	41.1	41.1	40.9
Diámetro de panoja principal (cm)	13.4	14.8	14.2	14.1
Número de panojas secundarias/planta	25	24	25	25
Materia seca de tallo (g/planta)	37.44	40.50	42.11	40.02
Materia seca de hojas (g/planta)	7.60	9.39	8.40	8.46
Materia seca de panoja (g/planta)	71.58	76.57	80.90	76.35
Materia seca total (g/planta)	116.61	126.46	131.42	124.83
2. Rendimiento de grano (kg/ha)	5360.6	5985.1	5707.6	5684.4
3. Componentes del rendimiento				
Número de plantas/m ²	11.54	11.48	11.63	11.55
Rendimiento de grano por planta (g)	46.53	52.04	49.44	49.34
Peso de 1000 granos (g)	2.379	2.455	2.410	2.415
4. Componentes de calidad				
Granulometría (%)				
≥ 2mm	0.15	0.14	0.06	0.11
<2 mm - 1.7 mm]	10.73	14.15	8.95	11.28
<1.7 mm - 1.4 mm]	62.14	63.63	64.06	63.27
< 1.4 mm	26.99	22.09	26.94	25.34
Proteínas en grano (%)	13.5	13.5	13.4	13.5
Saponinas en grano (%)	1.28	1.53	1.53	1.45
5. Parámetros agronómicos				
Eficiencia de uso de agua (kg/m ³)	1.88	2.10	2.00	1.99
Coeficiente de transpiración (L/kg)	194.3	188.1	174.0	185.5
Índice de cosecha (%)	34.62	37.26	32.94	34.94
Índice de área foliar (m ² /m ²)	1.91	2.30	2.31	2.17

Tabla 16: Resultados generales del efecto del nivel nutricional

Características	Nivel nutricional				Promedio general
	Testigo	NPK	NPK + Ca	NPK + Ca + Micro	
1. Variables de crecimiento					
Altura de planta (cm)	216.4	218.8	222.3	221.3	219.7
Diámetro del tallo principal (mm)	13.8	15.2	15.2	16.2	15.1
Área foliar (dm ² /planta)	14.5	16.6	23.8	20.3	18.8
Longitud de panoja principal (cm)	37.6	40.4	41.4	44.1	40.9
Diámetro de panoja principal (cm)	13.0	14.1	14.4	15.0	14.1
Número de panojas secundarias/planta	25	24	25	24	25
Materia seca de tallo (g/planta)	34.70	39.56	42.63	43.18	40.02
Materia seca de hojas (g/planta)	6.10	7.35	10.46	9.95	8.46
Materia seca de panoja (g/planta)	63.16	77.61	80.00	84.62	76.35
Materia seca total (g/planta)	103.96	124.52	133.09	137.75	124.83
2. Rendimiento de grano (kg/ha)	4794.1	6081.3	6078.7	5783.5	5684.4
3. Componentes del rendimiento					
Número de plantas/m ²	11.47	11.50	11.67	11.56	11.55
Rendimiento de grano por planta (g)	41.70	52.87	52.56	50.22	49.34
Peso de 1000 granos (g)	2.325	2.485	2.433	2.416	2.415
4. Componentes de calidad					
Granulometría (%)					
≥ 2mm	0.09	0.10	0.09	0.18	0.11
<2 mm - 1.7 mm]	11.10	11.15	11.18	11.68	11.28
<1.7 mm - 1.4 mm]	65.76	61.38	62.54	63.42	63.27
< 1.4 mm	23.05	27.37	26.20	24.73	25.34
Proteínas en grano (%)	13.2	13.8	13.6	13.3	13.5
Saponinas en grano (%)	1.37	1.38	1.51	1.53	1.45
5. Parámetros agronómicos					
Eficiencia de uso de agua (kg/m ³)	1.68	2.13	2.13	2.03	1.99
Coefficiente de transpiración (L/kg)	219.5	184.5	171.1	166.8	185.5
Índice de cosecha (%)	35.47	37.22	34.90	32.17	34.94
Índice de área foliar (m ² /m ²)	1.66	1.92	2.78	2.34	2.17

Tabla 17: Fenología y régimen de riego de la variedad de quinua La Molina 89

Fecha	Estado fenológico	DDE	Días por estado	Eo (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)	RR neto (mm)	RR total (m ³ /ha)
11-ago	SIEMBRA		-4				2.760	30.67
15-ago	0. Emergencia	0	0	1.63	0.47	0.766	3.064	34.05
27-ago	1. Estado de cuatro hojas verdaderas	12	12	1.63	0.57	0.929	11.149	123.88
09-set	2. Ramificación-ocho hojas verdaderas	25	13	1.73	0.67	1.159	15.068	167.43
27-set	3. Inicio de panojamiento	43	18	1.77	0.77	1.363	24.532	272.58
07-oct	4. Panojamiento	53	10	2.36	0.86	2.030	20.296	225.51
25-oct	5. Inicio de floración	71	18	2.61	0.93	2.427	43.691	485.46
02-nov	6. Floración	79	8	2.62	1.02	2.672	21.379	237.55
19-nov	7. Grano lechoso	96	17	2.65	1.10	2.915	49.555	550.61
08-dic	8. Grano pastoso	115	19	2.66	0.72	1.915	36.389	404.32
28-dic	9. Madurez fisiológica	135	20	2.67	0.54	1.442	28.836	320.40
22-ene	COSECHA	160	25					
Totales y/o promedios				2.23	0.77	1.762	256.7	2852.5

4.1.1. FENOLOGÍA DEL CULTIVO DE QUINUA LA MOLINA 89 Y CONSUMO DE AGUA

La Tabla 17, presenta el consumo de agua de riego por estado fenológico del cultivo de quinua variedad La Molina 89, durante los 160 días que duró el ciclo vegetativo. El requerimiento hídrico total del cultivo con una eficiencia de riego del 90 por ciento, fue de 2,852.5 m³/ha.

A los cuatro días después de la siembra, momento en el que se dio la emergencia del cultivo, el consumo de agua de riego fue de 64.72 m³/ha, representando el 2.27 por ciento del total aplicado. En este periodo la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 0.77 mm/día y el Kc estimado fue 0.47.

A los 12 días después de la emergencia (dde), en el estado de cuatro hojas verdaderas, el consumo de agua para riego fue de 188.6 m³/ha, representando el 6.61 por ciento del total aplicado. En este periodo la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 0.93 mm/día y el Kc estimado fue 0.57.

A los 25 dde, en el estado de ramificación, el consumo de agua para riego fue de 356.03 m³/ha, representando el 12.48 por ciento del total aplicado, asimismo, la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 1.16 mm/día y el Kc estimado fue 0.67.

A los 43 dde, en el estado de inicio de panojamiento, el consumo de agua para riego fue de 628.61 m³/ha, representando el 22.04 por ciento del total aplicado. En este periodo la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 1.36 mm/día y el Kc estimado fue 0.77.

A los 53 dde, en el estado de panojamiento, el consumo de agua para riego fue de 854.12 m³/ha, representando el 29.94 por ciento del total aplicado, asimismo, la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 2.03 mm/día y el Kc estimado fue 0.86.

A los 71 dde, en el estado de inicio de floración, el consumo de agua para riego fue de 1,339.58 m³/ha, representando el 46.96 por ciento del total aplicado. En este periodo la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 2.43 mm/día y el Kc estimado fue 0.93.

A los 79 dde, en el estado de floración, el consumo de agua para riego fue de 1,577.13 m³/ha, representando el 55.29 por ciento del total aplicado, asimismo, la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 2.67 mm/día y el Kc estimado fue 1.02.

A los 96 dde, en el estado de grano lechoso, el consumo de agua para riego fue de 2,127.74 m³/ha, representando el 74.59 por ciento del total aplicado. En este periodo la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 2.92 mm/día y el Kc estimado fue 1.10.

A los 115 dde, en el estado de grano pastoso, el consumo de agua para riego fue de 2,532.06 m³/ha, representando el 88.77 por ciento del total aplicado, asimismo, la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 1.92 mm/día y el Kc estimado fue 0.72.

Finalmente, a los 135 dde, en el estado de madurez fisiológica, el consumo de agua para riego fue de 2852.5 m³/ha, representando el 100 por ciento del total aplicado. En este periodo la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 1.44 mm/día y el Kc estimado fue 0.54.

Al respecto, Barnett (2005), estudiando el efecto de varios niveles de fertilización nitrogenada en tres variedades de quinua, entre las que se encontraba La Molina 89, obtuvo un gasto de 5,231.8 m³/ha, siendo el periodo vegetativo de 138 días. Huamancusi (2012), probó el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes en la variedad de quinua La Molina 89, donde gastó un total de agua de riego de 3,940.2 m³/ha, siendo el periodo vegetativo promedio de 152 días. Asimismo, León (2014), probó tres regímenes de riego en el cultivo de quinua, línea mutante LM89-77, gastando 3,235 m³/ha, 2,470 m³/ha y 1,623 m³/ha en un periodo vegetativo de 135 días. Porras (2015), probó dos sistemas de riego en el cultivo de quinua var. INIA431, llevado a cabo en el INIA de La Molina; gastando un total de agua para riego de 1,708.5 m³/ha para goteo y 1,571.67 m³/ha para exudación, con un periodo vegetativo de 117 días. Burín (2016), probando diferentes variedades de quinua y láminas de riego en La Molina, gastó 4,670.3 m³/ha, 3,737.2 m³/ha y 2,804.6 m³/ha en un periodo vegetativo que duró 145 días. Baumann (2018), probó niveles nutricionales y densidades de siembra en la variedad de quinua La Molina 89, gastando un total de agua de riego de 2,750.05 m³/ha, en un periodo vegetativo de 155 días. Deza (2018), probó densidades de siembra y sistemas de fertilización en cuatro variedades de quinua en la UNALM, entre las que se encontraba la línea mutante LM89-77, gastando un total de agua para riego de 3,252.31 m³/ha en un periodo vegetativo de 110 días. Finalmente, Franco (2018), probó regímenes de riego en diferentes variedades de quinua, entre las que se encontraba La Molina 89, gastando un total de agua para riego de 4,800.8 m³/ha, 3,600.6 m³/ha y 3,500.7 m³/ha.

4.2. VARIABLES DE CRECIMIENTO

4.2.1. ALTURA DE PLANTA

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 3), muestra que sólo existe significación estadística en la interacción bloque por nivel de materia orgánica. Los otros componentes de las fuentes de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 18 y en la Figura 2. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 3.46 por ciento, con un promedio general de 219.7 cm.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 18 y Figura 2, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en la altura de planta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel de 20 t compost/ha haya obtenido la mayor altura (222.2 cm), seguido del nivel de 10 t compost/ha con una altura de 219.8 cm y finalmente el nivel con cero aplicación de compost, con una altura de 217.1 cm. En contraste a estos resultados, Julon (2016), en su estudio sobre sistemas de cultivo y variedades de quinua obtuvo para la línea mutante LM89 M3-175 en La Molina, una altura de 130.0 cm en el nivel de 3,390.8 kg/ha de estiércol de vacuno; mientras tanto el testigo sin aplicación de materia orgánica al suelo alcanzó una altura de 160.0 cm, siendo estadísticamente diferentes. Esto puede ser debido a que es una fuente diferente de materia orgánica y a la alta conductividad eléctrica de esta (17.1 dS/m), que inhibió la absorción de agua y por ende el crecimiento.

En cambio Mamani (2018), consiguió resultados más parecidos a los del presente ensayo, ya que en su investigación sobre niveles de harina de rocas y compost, obtuvo para la variedad Real Blanca en La Paz – Bolivia, una altura de 115.8 cm en el nivel de 5 t de compost/ha, mientras que para el testigo sin compost alcanzó una altura de 115.1 cm, siendo estadísticamente similares.

Casos dónde la aplicación de materia orgánica al suelo fueron positivos para esta variable son los siguientes: Huahuachampi (2015), en su investigación sobre niveles de guano de isla y variedades de quinua, obtuvo para la var. Pasankalla en Arequipa, una altura de 126.0 cm para el tratamiento con 8 t de compost/ha y 800 kg de guano de isla/ha, el cual

Tabla 18: Altura de planta y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	217.1	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	219.8	A	101.2
M3 = 20 t compost/ha	222.2	A	102.3
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	216.4	A	100.0
N2 = NPK	218.8	A	101.1
N3 = NPK + Ca	222.3	A	102.7
N4 = NPK + Ca + Micro	221.3	A	102.2
Promedio General	219.7		

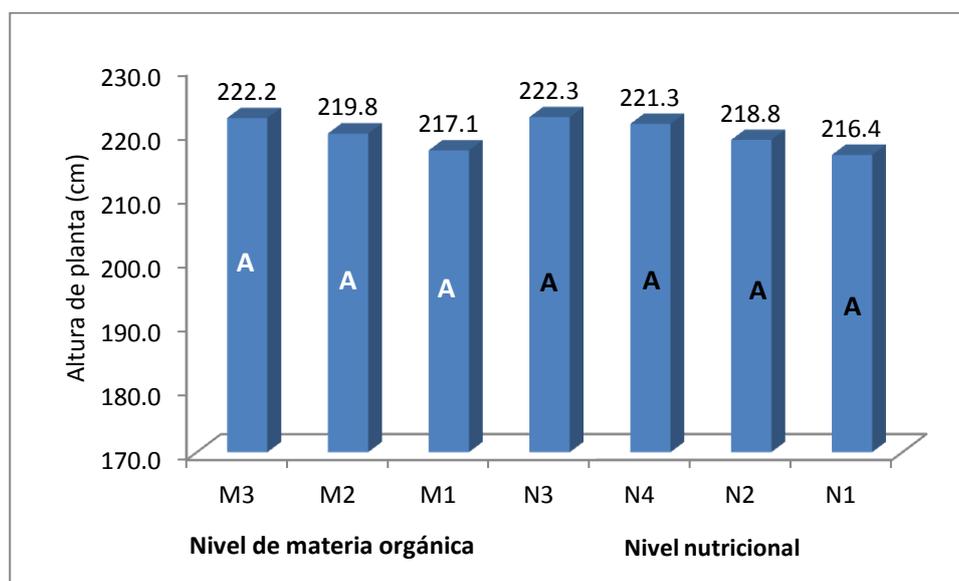


Figura 2: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en la altura de planta

fue estadísticamente diferente al testigo que sólo alcanzó una altura de 106.5 cm. En tanto, Medina (2015), en su estudio sobre niveles de humus de lombriz y biol, obtuvo para la variedad Real Blanca también en Arequipa, una altura de 113.9 cm en el nivel de 8 t de humus de lombriz/ha, el cual fue estadísticamente diferente al testigo, que logró una altura de 104.5 cm. Por último, Huanca (2015), en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de abono orgánico en Oruro – Bolivia, obtuvo una altura promedio de 93.9 cm en el nivel de 20 t de estiércol de camélido/ha, siendo estadísticamente diferente al testigo sin aplicación de materia orgánica, el cual alcanzó una altura de 85.3 cm. Estas diferencias con el presente ensayo agronómico podrían ser debido a que son diferentes variedades de quinua, sembradas en diferentes épocas y en diferentes lugares.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 18 y Figura 2, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en la altura de planta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que no existen diferencias estadísticas entre los niveles nutricionales, a pesar que el nivel tres (NPK + Ca) haya obtenido la mayor altura promedio con 222.3 cm, seguido del nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) con 221.3 cm, del nivel dos (NPK) con 218.8 cm y finalmente el testigo con 216.4 cm. Similar experiencia presentó Apaza (1995), en su investigación sobre densidades de siembra y niveles de fertilidad, donde obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una altura de 134.0 cm en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅) kg/ha; mientras tanto el testigo sin fertilizar alcanzó una altura de 119.5 cm, siendo estadísticamente similares. Igualmente, Huamancusi (2012), en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una altura de 170.0 cm en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha, mientras que, para el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha alcanzó una altura de 171.0 cm, siendo estadísticamente similares. En cambio, Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, como mayor altura un valor de 163.9 cm en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, siendo estadísticamente diferente al testigo sin fertilizar, que desarrolló el menor valor con 153.1 cm. Esta diferencia con los experimentos anteriormente mencionados podría deberse al nivel del nitrógeno, el cual es superior a todos los demás ya descritos.

Cabe señalar que en trabajos de investigación donde las siembras se realizaron antes del 2002, las alturas de planta para la var. La Molina 89 en La Molina fluctúan cerca al promedio de 130 cm dado en la literatura para esta variedad. Así se tiene a Timaná (1992), quien en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y dosis de aplicación de Cycocel, obtuvo una altura de 135.9 cm sin aplicación de fertilizantes sintéticos. En tanto Tapia (2003), en su estudio sobre tecnologías de cultivo, obtuvo una altura de 132.9 cm con un nivel nutricional de (80 N – 60 P₂O₅) kg/ha. Además, Echegaray (2003), en su investigación sobre métodos de cultivo, obtuvo una altura de 106.6 cm con un nivel nutricional de (80 N – 60 P₂O₅) kg/ha. En cambio, en trabajos de investigación donde las siembras fueron realizadas a partir del año 2002 se alcanzaron alturas de planta para la var. La Molina 89 en La Molina, mayores a la del promedio dado en las referencias bibliográficas (130.0 cm), como en el presente ensayo agronómico. Esto podría deberse a que la temperatura media del ambiente, ha aumentado en los últimos quince años en La Molina, influenciando, tal vez, en el crecimiento de las plantas. Así se tiene a Barnett (2005), en su estudio sobre niveles de fertilización nitrogenada y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una altura de 171.3 cm con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha. En tanto Sánchez (2015), en su trabajo de tesis sobre la identificación de eficiencias en el uso de nitrógeno en líneas mutantes de quinua, consiguió para la variedad La Molina 89 en La Molina, una altura de 152.9 cm con un nivel nutricional de (80 N – 70 P₂O₅) kg/ha. Mientras que Franco (2018), en su investigación sobre regímenes de riego y variedades de quinua, obtuvo para la var. La Molina 89 en La Molina, una altura de plantas de 204.0 cm con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha.

4.2.2. DIÁMETRO DEL TALLO PRINCIPAL

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 4), muestra que sólo existe una alta significación estadística en el factor niveles nutricionales y significación estadística en la interacción bloque x nivel de materia orgánica. Los otros componentes de las fuentes de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió a realizar el análisis de efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 19 y Figura 3. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 7.62 por ciento, con un promedio general de 15.1 mm.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 19 y en la Figura 3, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el diámetro de tallo mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel de 20 t compost/ha haya obtenido el mayor diámetro con 15.5 mm, seguido del nivel de 10 t compost/ha con un diámetro de 15.3 mm y finalmente el nivel sin compost con 14.6 mm. Similar respuesta presentó Choque (2010), en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de compost, obtuvo para la variedad Local en La Paz – Bolivia, un diámetro de 12.4 mm en el nivel de 9 t de compost/ha, mientras el testigo sin aplicación de compost desarrolló un diámetro de 12.7 mm, siendo estadísticamente similares. Al igual que Mamani (2014), que en su estudio sobre niveles de humus de lombriz, estiércol fresco y compost en La Paz – Bolivia, obtuvo para la variedad Jacha Grano un diámetro de 10.0 mm en el nivel de 10 t de compost/ha, mientras que el testigo desarrolló un diámetro de 8.3 mm, siendo estadísticamente similares. También Maceda (2015), en su estudio sobre niveles de compost y estiércol de ovino, obtuvo para la variedad Jacha Grano en La Paz – Bolivia, un diámetro de 8.6 mm en el nivel de 15 t de compost/ha, mientras que el testigo desarrolló un diámetro de 7.4 mm, siendo estadísticamente similares.

En contraste a estos resultados Mamani (2018), en su estudio sobre niveles de harina de rocas y compost, obtuvo para la variedad Real Blanca en La Paz – Bolivia, un diámetro de 9.5 mm en el nivel de 5 t de compost/ha, mientras que el testigo sin compost desarrolló un diámetro de 7.5 mm, siendo estadísticamente diferentes. Esta diferencia en el resultado comparado con los trabajos mencionados en el párrafo anterior, podría deberse a que es otra variedad de quinua o a una calidad diferente del compost.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 19 y Figura 3, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el diámetro de tallo principal mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que el nivel cuatro (NPK + Ca + Micro), el nivel dos (NPK) y el nivel tres (NPK + Ca) son similares estadísticamente, aunque el nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) tuvo el mayor diámetro con 16.2 mm, seguido del nivel dos (NPK) con 15.3 mm y del nivel tres (NPK + Ca) con 15.2 mm. El testigo tuvo el menor diámetro promedio con 13.8 mm y a la vez difiere estadísticamente a los otros

Tabla 19: Diámetro de tallo y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	14.6	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	15.3	A	105.1
M3 = 20 t compost/ha	15.5	A	106.2
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	13.8	B	100.0
N2 = NPK	15.3	A	110.2
N3 = NPK + Ca	15.2	A	110.0
N4 = NPK + Ca + Micro	16.2	A	117.1
Promedio General	15.1		

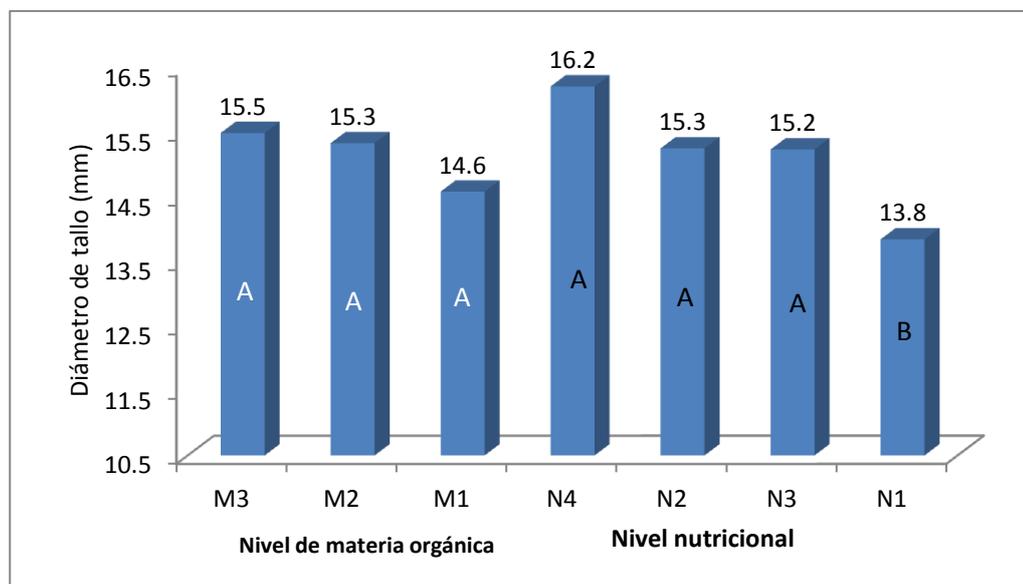


Figura 3: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el diámetro del tallo principal

tres niveles ya mencionados. Reforzando esta idea Baumann (2018), en su investigación sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, como mayor diámetro de tallo un valor de 14.4 mm en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, siendo estadísticamente diferente del testigo sin fertilizar, el cual desarrolló el menor valor con 10.6 mm. En tanto, Celis (2018), en su estudio sobre niveles de nitrógeno y sistemas de riego, obtuvo para esta variedad en La Molina, un diámetro de 14.0 mm con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha.

4.2.3. ÁREA FOLIAR

El análisis de los resultados de esta variable se basó en primer lugar del ANVA practicado (Anexo 5), el cual manifiesta que existe alta significación estadística en el factor niveles nutricionales y en la interacción materia orgánica por niveles nutricionales. Al ser este último significativo se procedió a realizar solo el análisis de efectos simples y no el análisis del efecto principal (niveles nutricionales), tal como se aprecia en el Anexo 5 también. Es importante señalar que el coeficiente de variabilidad de esta variable fue 18.16 por ciento, con un promedio general de 1,880.0 cm² de área foliar por planta.

En la Tabla 20, se aprecia la comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el área foliar; y en la Figura 4, se puede apreciar el efecto general de dicha interacción.

Por otra parte, en el Anexo 5 se muestra el análisis de efectos simples, el cual determina que a un nivel de significación de 0.01 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles de materia orgánica se obtiene un área foliar promedio diferente estadísticamente a las otras áreas en el nivel nutricional tres (NPK + Ca). Además, con un nivel de significación de 0.05 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles de materia orgánica se obtiene un área foliar promedio diferente estadísticamente a las otras áreas en el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro). Asimismo, con un nivel de significación de 0.01, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles nutricionales se obtiene un área foliar promedio diferente estadísticamente a las otras áreas en el nivel de 10 t compost/ha y en el nivel de 20 t compost/ha.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales**

En la Tabla 21, se aprecia la respuesta de los tres niveles de materia orgánica en cada uno de los cuatro niveles nutricionales, para lo cual se les realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad.

Para el nivel nutricional testigo, el nivel de 20 t compost/ha a pesar que fue el que desarrolló mayor área foliar con 1,706.0 cm²/planta no difiere estadísticamente del nivel sin compost, ni del nivel de 10 t compost/ha, que manifestaron valores de 1,411.8 cm²/planta y 1,220.3 cm²/planta, respectivamente. Al respecto Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un área foliar de 927.0 cm²/planta en el nivel nutricional testigo y sin aplicación de compost. Esta diferencia en el área foliar podría deberse a que la evaluación fue llevada a cabo por Baumann a los 130 días después de la siembra (DDS), tiempo en el cual se pierde una cierta cantidad de hojas de forma natural, mientras que en el presente trabajo la evaluación se realizó a los 100 DDS.

Para el nivel nutricional dos (NPK), el nivel sin compost a pesar que fue el que desarrolló mayor área foliar con 1,907.0 cm²/planta no difiere estadísticamente del nivel de 10 t compost/ha, ni del nivel de 20 t compost/ha, que manifestaron valores de 1,692.3 cm²/planta y 1,388.8 cm²/planta, respectivamente. Al respecto, Barnett (2005) y Huamancusi (2012), obtuvieron para la variedad La Molina 89 en La Molina, un área foliar de 1,564.1 cm²/planta y 1,236.5 cm²/planta, respectivamente, con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha y sin aplicación de compost. Así mismo Baumann (2018), obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un área foliar de 2,074.0 cm²/planta con el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O) kg/ha, sin aplicación de compost. En tanto Franco (2018), en su investigación sobre regímenes de riego y variedades de quinua obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un área de 2,158.0 cm²/planta con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha, también sin aplicación de compost. La diferencia entre el presente trabajo y estos dos últimos autores sería a que utilizaron una mayor dosis de nitrógeno, promoviendo un mayor crecimiento del follaje.

Tabla 20: Comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el área foliar

Nivel nutricional	Nivel de materia orgánica			Promedio	Incrementos (%)
	0 t compost/ha	10 t compost/ha	20 t compost/ha		
Testigo	1411.6	1220.4	1705.9	1446.0	100.0
NPK	1906.9	1692.4	1388.9	1662.7	115.0
NPK + Ca	1614.7	2667.2	2870.8	2384.2	164.9
NPK + Ca + Micro	1685.3	2409.2	1987.0	2027.2	140.2
Promedio	1654.6	1997.3	1988.1	Promedio general	
Incrementos (%)	100.0	120.7	120.2		1880.0

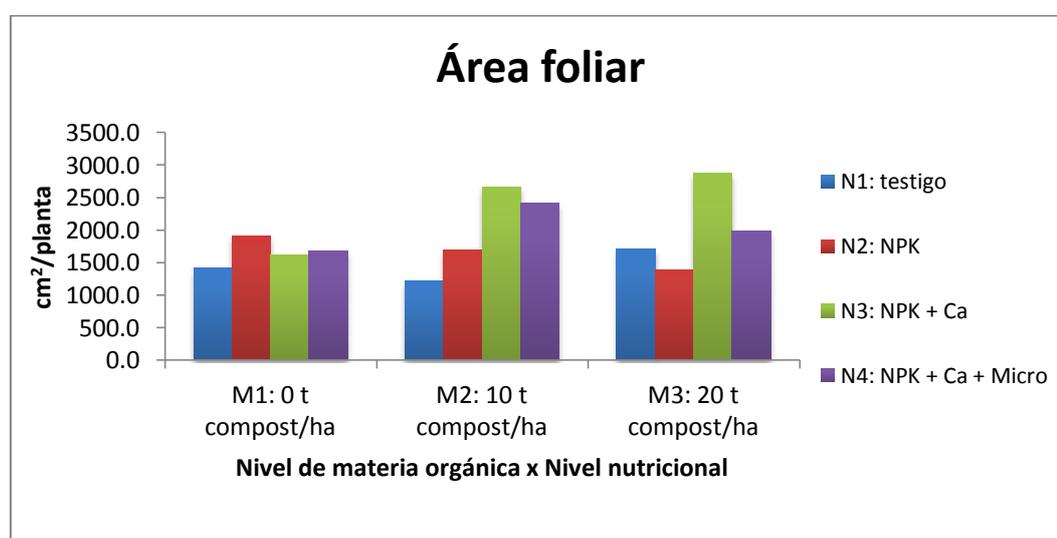


Figura 4: Respuesta de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales en el área foliar

Tabla 21: Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales para el área foliar, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad

Nivel de materia orgánica	Nivel nutricional	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
M1: 0 t compost/ha	N1: Testigo	1411.8	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		1220.3	A	86.4
M3: 20 t compost/ha		1706.0	A	120.8
M1: 0 t compost/ha	N2: NPK	1907.0	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		1692.3	A	88.7
M3: 20 t compost/ha		1388.8	A	72.8
M1: 0 t compost/ha	N3: NPK + Ca	1614.5	B	100.0
M2: 10 t compost/ha		2667.3	A	165.2
M3: 20 t compost/ha		2870.8	A	177.8
M1: 0 t compost/ha	N4: NPK + Ca + Micro	1685.5	B	100.0
M2: 10 t compost/ha		2409.3	A	142.9
M3: 20 t compost/ha		1987.3	AB	117.9

Tabla 22: Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica para el área foliar, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad

Nivel nutricional	Nivel de materia orgánica	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
N1: Testigo	M1: 0 t compost/ha	1411.8	A	100.0
N2: NPK		1907.0	A	135.1
N3: NPK + Ca		1614.5	A	114.4
N4: NPK + Ca + Micro		1685.5	A	119.4
N1: Testigo	M2: 10 t compost/ha	1220.3	B	100.0
N2: NPK		1692.3	B	138.7
N3: NPK + Ca		2667.3	A	218.6
N4: NPK + Ca + Micro		2409.3	A	197.4
N1: Testigo	M3: 20 t compost/ha	1706.0	BC	100.0
N2: NPK		1388.8	C	81.4
N3: NPK + Ca		2870.8	A	168.3
N4: NPK + Ca + Micro		1987.3	B	116.5

Para el nivel nutricional tres (NPK + Ca), el nivel de 20 t compost/ha y el nivel de 10 t compost/ha, son los que obtuvieron las mayores áreas foliares con 2,870.8 cm²/planta y 2,667.3 cm²/planta, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel sin compost obtuvo la menor área foliar con 1,614.5 cm²/planta, difiriendo estadísticamente a los otros dos niveles de materia orgánica. Al respecto Baumann (2018), obtuvo para la variedad La Molina 89 un área foliar de 2,922.0 cm²/planta en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, sin aplicación de compost. Esta diferencia podría deberse al mayor nivel de nitrógeno utilizado en dicho experimento.

Finalmente, para el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), el nivel de 10 t compost/ha y el nivel de 20 t compost/ha, son los que poseen los mayores valores de área foliar con 2,409.3 cm²/planta y 1,987.3 cm²/planta, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel sin compost obtuvo el menor valor de área foliar con 1,685.5 cm²/planta, siendo similar estadísticamente sólo al nivel de 20 t compost/ha, ya que difiere estadísticamente del nivel de 10 t compost/ha. Al respecto Huamancusi (2012), en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para la variedad La Molina 89 un área de 1,390.4 cm²/planta con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha y sin aplicación de compost. En tanto Baumann (2018), obtuvo para la variedad La Molina 89, un área foliar de 1,943.0 cm²/planta en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO – 12 Fe – 8 Mn – 6 Zn) kg/ha, sin aplicación de compost.

- **Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica**

En la Tabla 22, se aprecia la respuesta de los cuatro niveles nutricionales en cada uno de los tres niveles de materia orgánica, para lo cual se les realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad.

Para el nivel de materia orgánica sin compost, el nivel nutricional dos (NPK) a pesar que fue el que desarrolló mayor área foliar con 1,907.0 cm²/planta, no difiere estadísticamente de los niveles cuatro (NPK + Ca + Micro), tres (NPK + Ca) y del testigo, los cuales manifestaron valores de 1,685.5 cm²/planta, 1,614.5 cm²/planta y 1,411.8 cm²/planta, respectivamente.

Mientras que para el nivel de 10 t compost/ha, el nivel nutricional tres (NPK + Ca) y el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), son los que obtuvieron los mayores valores

de área foliar con 2,667.3 cm²/planta y 2,409.3 cm²/planta, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel nutricional dos (NPK) y el testigo obtuvieron los menores valores de área foliar con 1,692.3 cm²/planta y 1,220.3 cm²/planta, respectivamente, siendo similares estadísticamente entre sí, pero diferentes estadísticamente a los niveles tres (NPK + Ca) y cuatro (NPK + Ca + Micro).

Se tiene referencia que Vargas (2008), en su estudio sobre variedades de quinua y niveles de estiércol, obtuvo para la variedad Real Boliviana en Tacna, un área de 824.8 cm²/planta en el nivel de 10 t de estiércol de vacuno/ha, mientras que para el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un área de 553.8 cm²/planta. En tanto Paco (2011), en su investigación sobre niveles de humus de lombriz, obtuvo para la variedad Real en La Paz – Bolivia, un área foliar de 3,620.0 cm²/planta en el nivel de 6 t de humus de lombriz/ha, mientras que el testigo sin aplicación de humus desarrolló un área de 2,490.0 cm²/planta.

Cabe señalar que Astuhuamán (2008), en su investigación sobre el efecto del compost sobre la papa cv. Yungay en Junín, obtuvo un área foliar de 13,558.0 cm²/planta en el nivel de 10 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost desarrolló un área de 8,983.0 cm²/planta, siendo estadísticamente similares.

Para el nivel de 20 t compost/ha, el nivel nutricional tres (NPK + Ca) fue el que desarrolló mayor área foliar con 2,870.8 cm²/planta, difiriendo estadísticamente del nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), del nivel nutricional testigo y del nivel nutricional dos (NPK), los cuales obtuvieron valores de 1,987.3 cm²/planta, 1,706.0 cm²/planta y 1,388.8 cm²/planta, respectivamente. Por otra parte, las parejas nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro) con nivel nutricional testigo, nivel nutricional testigo con nivel nutricional dos (NPK), no presentaron diferencias estadísticas entre ellos; sin embargo, el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro) sí difirió estadísticamente del nivel nutricional dos (NPK).

Se tiene referencia que Vargas (2008), obtuvo para la variedad Real Boliviana en Tacna, un área de 983.0 cm²/planta en el nivel de 20 t de estiércol de vacuno/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un área de 553.8 cm²/planta. Mientras que Quispe (2001), en su estudio sobre niveles de materia orgánica y fertilización con microelementos, obtuvo para el cultivo de pallar cultigrupo Sieva en La Molina, un área de 1,327.7 cm²/planta en el nivel de 20 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost desarrolló un área de 1,166.9 cm²/planta, siendo estadísticamente diferentes.

4.2.4. LONGITUD DE PANOJA PRINCIPAL

El análisis de los resultados de esta variable se basó en primer lugar en el ANVA practicado (Anexo 6), el cual manifiesta que solamente existe alta significación estadística en el factor niveles nutricionales y en la interacción materia orgánica por niveles nutricionales. Al ser este último significativo se procedió a realizar solo el análisis de efectos simples y no el análisis de los efectos principales (niveles nutricionales), tal como se aprecia en el Anexo 6 también. Es importante señalar que el coeficiente de variabilidad de esta variable fue 6.61 por ciento, con un promedio general de 40.9 cm.

En la Tabla 23, se aprecia la comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para la longitud de panoja; y en la Figura 5, se puede apreciar el efecto general de dicha interacción.

Por otra parte, el Anexo 6 muestra el análisis de efectos simples, el cual determina que a un nivel de significación de 0.01 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles de materia orgánica se obtiene una longitud de panoja promedio diferente estadísticamente a las otras longitudes en los niveles nutricionales testigo y cuatro (NPK + Ca + Micro). Además, con un nivel de significación de 0.01 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles nutricionales se obtiene una longitud de panoja promedio diferente estadísticamente a las otras longitudes en el nivel de 10 t compost/ha. Asimismo, con un nivel de significación de 0.05, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles nutricionales se obtiene una longitud de panoja promedio diferente estadísticamente a las otras longitudes en el nivel de 20 t compost/ha.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales**

En la Tabla 24, se aprecia la respuesta de los tres niveles de materia orgánica en cada uno de los cuatro niveles nutricionales, para lo cual se les realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad.

Para el nivel nutricional testigo, el nivel de materia orgánica sin compost y el nivel de 20 t compost/ha, son los que obtuvieron las mayores longitudes de panoja con 41.0 cm y 38.1 cm, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel de 10 t compost/ha obtuvo la menor longitud de panoja con 33.6 cm, difiriendo estadísticamente con los otros dos niveles de materia orgánica.

Tabla 23: Comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para la longitud de panoja

Nivel nutricional	Nivel de materia orgánica			Promedio	Incrementos (%)
	0 t compost/ha	10 t compost/ha	20 t compost/ha		
Testigo	41.0	33.6	38.1	37.6	100.0
NPK	38.9	40.9	41.3	40.4	107.4
NPK + Ca	42.0	41.8	40.5	41.4	110.2
NPK + Ca + Micro	39.8	48.0	44.5	44.1	117.3
Promedio	40.4	41.1	41.1	Promedio general	
Incrementos (%)	100.0	101.6	101.7		40.9

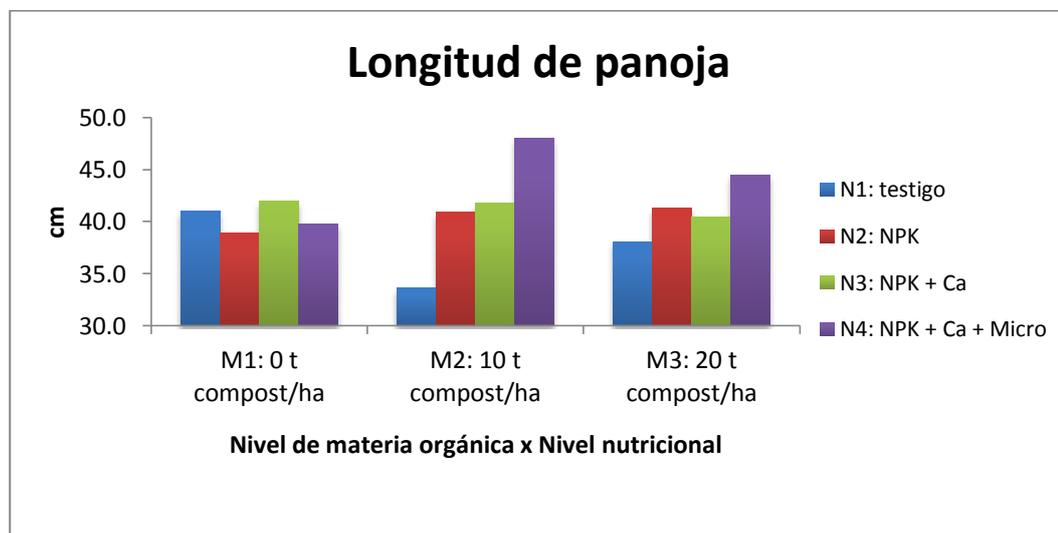


Figura 5: Respuesta de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales en la longitud de panoja

Tabla 24: Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales para la longitud de panoja, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad

Nivel de materia orgánica	Nivel nutricional	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
M1: 0 t compost/ha	N1: Testigo	41.0	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		33.6	B	81.8
M3: 20 t compost/ha		38.1	A	92.9
M1: 0 t compost/ha	N2: NPK	38.9	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		40.9	A	105.1
M3: 20 t compost/ha		41.3	A	106.2
M1: 0 t compost/ha	N3: NPK + Ca	42.0	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		41.8	A	99.3
M3: 20 t compost/ha		40.5	A	96.3
M1: 0 t compost/ha	N4: NPK + Ca + Micro	39.8	B	100.0
M2: 10 t compost/ha		48.0	A	120.6
M3: 20 t compost/ha		44.5	A	111.9

Tabla 25: Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica para la longitud de panoja, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad

Nivel nutricional	Nivel de materia orgánica	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
N1: Testigo	M1: 0 t compost/ha	41.0	A	100.0
N2: NPK		38.9	A	94.8
N3: NPK + Ca		42.0	A	102.4
N4: NPK + Ca + Micro		39.8	A	97.0
N1: Testigo	M2: 10 t compost/ha	33.6	C	100.0
N2: NPK		40.9	B	121.8
N3: NPK + Ca		41.8	B	124.3
N4: NPK + Ca + Micro		48.0	A	142.9
N1: Testigo	M3: 20 t compost/ha	38.1	B	100.0
N2: NPK		41.3	AB	108.4
N3: NPK + Ca		40.5	AB	106.2
N4: NPK + Ca + Micro		44.5	A	116.7

Al respecto, Timaná (1992), en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y dosis de aplicación de Cycocel, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una longitud de 34.3 cm en el testigo sin fertilizar. En tanto Apaza (1995), en su investigación sobre densidades de siembra y niveles de fertilidad, obtuvo para esta variedad en La Molina, una longitud de 36.8 cm en el nivel nutricional testigo. También Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para esta variedad en La Molina, una longitud de 37.8 cm en el testigo sin fertilizar. La mayor longitud de panoja en los resultados de investigaciones en los últimos años, podría deberse al aumento de la temperatura en La Molina (Lima – Perú).

Para el nivel nutricional dos (NPK), el nivel de 20 t compost/ha a pesar que fue el que desarrolló mayor longitud de panoja con 41.3 cm no difiere estadísticamente del nivel de 10 t compost/ha, ni del nivel sin compost, que manifestaron valores de 40.9 cm y 38.9 cm, respectivamente.

Como referencias científicas se tiene a: Apaza (1995), quien obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una longitud de 40.0 cm en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅) kg/ha. Tapia (2003), quien en su estudio sobre tecnologías de cultivo, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una longitud de 30.6 cm con un nivel nutricional de (80 N – 60 P₂O₅) kg/ha. Barnett (2005), quien en su estudio sobre niveles de fertilización nitrogenada y variedades de quinua, obtuvo para esta variedad en La Molina, una longitud de 62.8 cm con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha. Huamancusi (2012), quien en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una longitud de 41.5 cm en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha. Y por último a Baumann (2018), quien obtuvo para esta variedad en La Molina, una longitud de 45.0 cm en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O) kg/ha.

Para el nivel nutricional tres (NPK + Ca), el nivel de materia orgánica sin compost a pesar que fue el que desarrolló mayor longitud de panoja con 42.0 cm, no difiere estadísticamente del nivel de 10 t compost/ha, ni del nivel de 20 t compost/ha, que manifestaron valores de 41.8 cm y 40.5 cm, respectivamente. Al respecto, Baumann (2018), obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una longitud de 48.6 cm en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha. Esta diferencia en la

longitud de panoja con los resultados del presente ensayo, podría deberse a la mayor cantidad de nitrógeno utilizado.

Para el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), el nivel de 10 t compost/ha y el nivel de 20 t compost/ha, son los que obtuvieron las mayores longitudes de panoja con 48.0 cm y 44.5 cm, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel sin compost obtuvo la menor longitud de panoja con 39.8 cm, difiriendo estadísticamente de los otros dos niveles de materia orgánica. Al respecto, Huamancusi (2012), obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una longitud de 42.6 cm en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha. En tanto Baumann (2018), obtuvo para esta variedad en La Molina, una longitud de 42.1 cm en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO – 12 Fe – 8 Mn – 6 Zn) kg/ha.

- **Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica**

En la Tabla 25, se aprecia la respuesta de los cuatro niveles nutricionales en cada uno de los tres niveles de materia orgánica, para lo cual se les realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad.

Para el nivel de materia orgánica sin compost, el nivel nutricional tres (NPK + Ca) a pesar que fue el que desarrolló mayor longitud de panoja con 42.0 cm, no difiere estadísticamente del nivel nutricional testigo, ni del nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), ni del nivel nutricional dos (NPK), los cuales manifestaron valores de 41.0 cm, 39.8 cm y 38.9 cm, respectivamente.

Para el nivel de 10 t compost/ha, el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro) fue el que desarrolló mayor longitud de panoja con 48.0 cm, diferenciándose estadísticamente de los otros tres niveles. El nivel nutricional tres (NPK + Ca) y el nivel nutricional dos (NPK) presentaron valores de 41.8 cm y 40.9 cm, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí. Estos mismos se diferencian estadísticamente del nivel nutricional testigo que obtuvo una longitud de 33.6 cm.

Como referencias científicas se tiene a: Huahuachampi (2015), quien en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de guano de isla, obtuvo para la variedad Pasankalla en Arequipa, una longitud de 38.0 cm para su tratamiento de 8 t de compost/ha con 800 kg de guano de isla/ha, mientras que el testigo sin aplicación de materias orgánicas desarrolló una longitud de 29.6 cm, siendo estadísticamente diferentes. En tanto Mamani (2018), en

su estudio sobre niveles de harina de rocas y niveles de compost, obtuvo para la variedad Real Blanca en La Paz – Bolivia, una longitud de 29.9 cm con el nivel de 5 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost desarrolló una longitud de 26.3 cm, siendo estadísticamente diferentes.

Cabe señalar que Tambo (2014), en su investigación sobre variedades de quinua y abonos orgánicos, obtuvo una longitud de 19.0 cm en el nivel de 10 t de humus de lombriz/ha, mientras que el testigo sin aplicación de humus de lombriz desarrolló una longitud de 14.9 cm, siendo estadísticamente diferentes. Mientras que Medina (2015), en su estudio sobre niveles de humus de lombriz y biol, obtuvo para la variedad Real Blanca en Arequipa, una longitud de 35.2 cm en el nivel de 8 t de humus de lombriz/ha, mientras que el testigo sin aplicación de humus de lombriz desarrolló una longitud de 31.2 cm, siendo estadísticamente diferentes.

Por último, para el nivel de 20 t compost/ha, el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), el nivel nutricional dos (NPK) y el nivel nutricional tres (NPK + Ca) son los que poseen los mayores valores de longitud de panoja con 44.5 cm, 41.3 cm y 40.5 cm, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí. El nivel nutricional testigo obtuvo el menor valor de longitud de panoja con 38.1 cm, siendo similar estadísticamente sólo a los niveles dos (NPK) y tres (NPK + Ca), difiriendo estadísticamente del nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro).

4.2.5. DIÁMETRO DE PANOJA PRINCIPAL

El análisis de los resultados de esta variable se basó en primer lugar del ANVA practicado (obsérvese el Anexo 7), el cual manifiesta que existe significación estadística en los factores materia orgánica y niveles nutricionales, además de alta significación estadística en la interacción materia orgánica por niveles nutricionales. Al ser este último significativo se procedió a realizar solo el análisis de efectos simples y no el análisis de efectos principales (materia orgánica y niveles nutricionales), tal como se aprecia también en el Anexo mencionado anteriormente. Es importante señalar que el coeficiente de variabilidad de esta variable fue 11.48 por ciento, con un promedio general de 14.1 cm.

En la Tabla 26, se aprecia la comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el diámetro de panoja; y en la Figura 6, se puede apreciar el efecto general de dicha interacción.

Tabla 26: Comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el diámetro de panoja

Nivel nutricional	Nivel de materia orgánica			Promedio	Incrementos (%)
	0 t compost/ha	10 t compost/ha	20 t compost/ha		
Testigo	11.5	13.3	14.3	13.0	100.0
NPK	13.5	14.6	14.1	14.1	108.0
NPK + Ca	15.0	13.5	14.7	14.4	110.6
NPK + Ca + Micro	13.5	17.9	13.7	15.0	115.5
Promedio	13.4	14.8	14.2	Promedio general	
Incrementos (%)	100.0	111.0	106.3		14.1

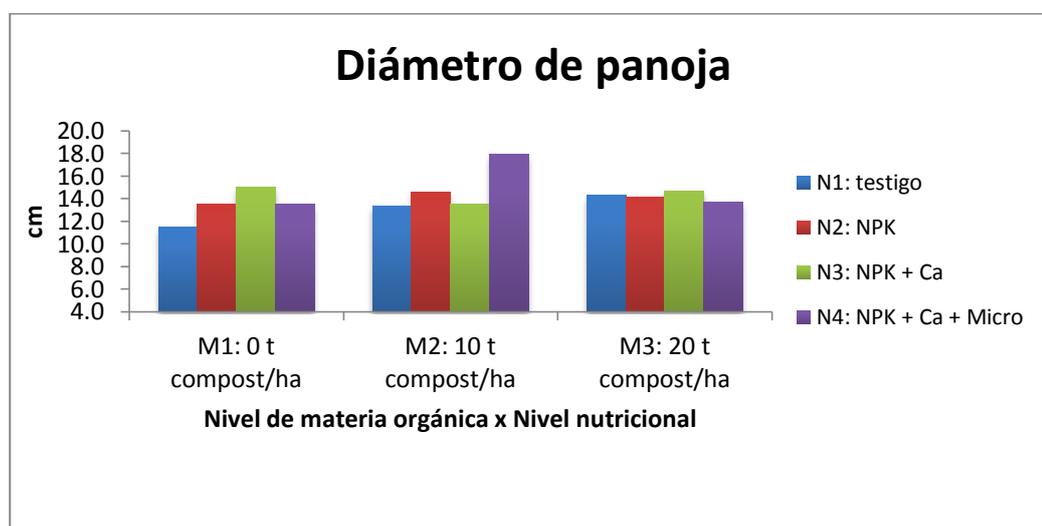


Figura 6: Respuesta de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales en el diámetro de panoja

Tabla 27: Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales para el diámetro de panoja, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad

Nivel de materia orgánica	Nivel nutricional	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
M1: 0 t compost/ha	N1: Testigo	11.5	B	100.0
M2: 10 t compost/ha		13.3	AB	115.7
M3: 20 t compost/ha		14.3	A	123.9
M1: 0 t compost/ha	N2: NPK	13.5	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		14.6	A	108.1
M3: 20 t compost/ha		14.1	A	104.4
M1: 0 t compost/ha	N3: NPK + Ca	15.0	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		13.5	A	90.0
M3: 20 t compost/ha		14.7	A	98.3
M1: 0 t compost/ha	N4: NPK + Ca + Micro	13.5	B	100.0
M2: 10 t compost/ha		18.0	A	133.2
M3: 20 t compost/ha		13.7	B	101.7

Tabla 28: Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica para el diámetro de panoja, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad

Nivel nutricional	Nivel de materia orgánica	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
N1: Testigo	M1: 0 t compost/ha	11.5	B	100.0
N2: NPK		13.5	AB	117.4
N3: NPK + Ca		15.0	A	130.2
N4: NPK + Ca + Micro		13.5	AB	117.2
N1: Testigo	M2: 10 t compost/ha	13.3	B	100.0
N2: NPK		14.6	B	109.8
N3: NPK + Ca		13.5	B	101.3
N4: NPK + Ca + Micro		18.0	A	135.0
N1: Testigo	M3: 20 t compost/ha	14.3	A	100.0
N2: NPK		14.1	A	98.9
N3: NPK + Ca		14.7	A	103.3
N4: NPK + Ca + Micro		13.7	A	96.1

Por otra parte, el Anexo 7 muestra el análisis de efectos simples, el cual determina que a un nivel de significación de 0.01 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles de materia orgánica se obtiene un diámetro de panoja promedio diferente estadísticamente a los otros diámetros en el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro). Además, con un nivel de significación de 0.05 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles nutricionales se obtiene un diámetro de panoja promedio diferente estadísticamente a los otros diámetros en el nivel de materia orgánica sin compost. Asimismo, con un nivel de significación de 0.01, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles nutricionales se obtiene un diámetro de panoja promedio diferente estadísticamente a los otros diámetros en el nivel de 10 t compost/ha.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales**

En la Tabla 27, se aprecia la respuesta de los tres niveles de materia orgánica en cada uno de los cuatro niveles nutricionales, para lo cual se les realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad.

Para el nivel nutricional testigo, el nivel de 20 t compost/ha y el nivel de 10 t compost/ha, son los que poseen los mayores valores de diámetro de panoja con 14.3 cm y 13.3 cm, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel sin compost obtuvo el menor valor de diámetro de panoja con 11.5 cm, siendo similar estadísticamente sólo al nivel de 10 t compost/ha, ya que difiere estadísticamente del nivel de 20 t compost/ha.

Al respecto Timaná (1992), en su estudio sobre niveles de fertilización nitrogenada y dosis de aplicación de Cycocel, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un diámetro de 5.1 cm en el testigo sin fertilizar. También se tiene que Apaza (1995), en su investigación sobre densidades de siembra y niveles de fertilidad, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un diámetro de 5.8 cm en el nivel nutricional testigo. Mientras que Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para esta variedad en La Molina, un diámetro de panoja de 9.6 cm en el testigo sin fertilizar. Esta diferencia en los resultados entre el presente trabajo y los dos primeros autores podría deberse a causas climáticas, ya que en esta última década la temperatura aumentado en La Molina (Lima – Perú) en los meses que se llevaron a cabo los respectivos experimentos.

Para el nivel nutricional dos (NPK), el nivel de materia orgánica de 10 t compost/ha a pesar que fue el que desarrolló mayor diámetro de panoja con 14.6 cm, no difiere estadísticamente del nivel de 20 t compost/ha, ni del nivel sin compost, que manifestaron valores de 14.1 cm y 13.5 cm, respectivamente.

Como referencias científicas se tiene a: Barnett (2005) y Huamancusi (2012), quienes obtuvieron para la variedad La Molina 89 en La Molina, un diámetro de panoja de 20.8 cm y 15.4 cm, respectivamente, con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha. Mientras que Alvarez (2017), en su investigación sobre variedades de quinua y densidades de siembra, obtuvo para la var. La Molina 89 en La Molina, un diámetro de 17.2 cm con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha y una densidad de 150,000 plantas/ha. En tanto Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para esta variedad en La Molina, un diámetro de 13.2 cm en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O) kg/ha.

Para el nivel nutricional tres (NPK + Ca), el nivel de materia orgánica sin compost a pesar que fue el que desarrolló mayor diámetro de panoja con 15.0 cm, no difiere estadísticamente del nivel de 20 t compost/ha, ni del nivel de 10 t compost/ha, los cuales manifestaron valores de 14.7 cm y 13.5 cm, respectivamente. En relación a esto Baumann (2018), obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un diámetro de 16.0 cm en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha. Esta diferencia en los resultados del presente experimento con este autor, podría deberse a la mayor cantidad de nitrógeno utilizado por este.

Para el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), el nivel de 10 t compost/ha fue el que desarrolló mayor diámetro de panoja con 18.0 cm, siendo estadísticamente diferente con los otros dos niveles de materia orgánica. El nivel de 20 t compost/ha y el nivel sin compost, obtuvieron los menores valores de diámetro de panoja con 13.7 cm y 13.5 cm, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí. Al respecto, Huamancusi (2012), en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un diámetro de 16.0 cm con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha. En tanto Baumann (2018), obtuvo para esta variedad en La Molina, un diámetro de 12.2 cm con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO – 12 Fe – 8 Mn – 6 Zn) kg/ha.

- **Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica**

En la Tabla 28, se aprecia la respuesta de los cuatro niveles nutricionales en cada uno de los tres niveles de materia orgánica, para lo cual se les realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad.

Para el nivel de materia orgánica sin compost, el nivel nutricional tres (NPK + Ca), el nivel nutricional dos (NPK) y el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), son los que poseen los mayores valores de diámetro de panoja con 15.00 cm, 13.50 cm y 13.48 cm, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí. El nivel nutricional testigo obtuvo el menor valor de diámetro de panoja con 11.5 cm, siendo similar estadísticamente sólo a los niveles dos (NPK) y cuatro (NPK + Ca + Micro), difiriendo estadísticamente del nivel nutricional tres (NPK + Ca).

Para el nivel de 10 t compost/ha, el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro) fue el que desarrolló mayor diámetro de panoja con 18.0 cm, siendo estadísticamente diferente a los otros tres niveles nutricionales. El nivel nutricional dos (NPK), el nivel nutricional tres (NPK + Ca) y el nivel nutricional testigo, son los que desarrollaron los menores valores de diámetro de panoja con 14.6 cm, 13.5 cm y 13.3 cm, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí.

Como referencias científicas se tiene a: Huahuachampi (2015), quien en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de guano de isla, obtuvo para la variedad Pasankalla en Arequipa, un diámetro de 6.1 cm para su tratamiento de 8 t de compost/ha con 800 kg de guano de isla/ha, mientras que el testigo sin aplicación de materia orgánica desarrolló un diámetro de 4.5 cm, siendo estadísticamente diferentes. En tanto Mamani (2018), en su estudio sobre niveles de harina de rocas y niveles de compost, obtuvo para la variedad Real Blanca en La Paz – Bolivia, un diámetro de 4.1 cm con un nivel de 5 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost desarrolló un diámetro de 3.2 cm, siendo también estadísticamente diferentes.

Cabe señalar que Medrano (2018), en su estudio sobre niveles de estiércol semi-descompuesto, obtuvo para la línea NINO-1 en La Paz – Bolivia, un diámetro de 4.1 cm en el nivel de 8 t de estiércol de llama/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un diámetro de 3.5 cm, siendo también estadísticamente diferentes.

Para el nivel de 20 t compost/ha, el nivel nutricional tres (NPK + Ca) a pesar que fue el que desarrolló mayor diámetro de panoja con 14.7 cm, no difiere estadísticamente del nivel nutricional testigo, ni del nivel nutricional dos (NPK), ni del nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), los cuales manifestaron valores de 14.3 cm, 14.1 cm y 13.7 cm, respectivamente.

Al respecto Maceda (2015), en su estudio sobre niveles de compost y estiércol de ovino, obtuvo para la variedad Jacha Grano en La Paz – Bolivia, un diámetro de 2.7 cm en el nivel de 15 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost desarrolló un diámetro de 2.2 cm. En tanto Osco (2009), en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de fertilización orgánica en La Paz – Bolivia, obtuvo un diámetro de 7.6 cm en el nivel de 12 t de estiércol de ovino/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un diámetro de 5.1 cm, siendo estadísticamente diferentes.

4.2.6. NÚMERO DE PANOJAS SECUNDARIAS POR PLANTA

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 8), muestra que no existe significación estadística en ninguno de los componentes de las fuentes de variación. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió sólo a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 29 y en la Figura 7. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 12.48 por ciento, con un promedio general de 24.60 subpanojas por planta.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 29 y en la Figura 7, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el número de panojas secundarias por planta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel de 20 t compost/ha haya obtenido el mayor número de subpanojas por planta con 25.02, seguido del nivel sin compost con 24.75 subpanojas por planta y finalmente el nivel de 10 t compost/ha con 24.04 subpanojas por planta.

Parecido resultado logró Chino (2015), en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de estiércol de camélido, donde obtuvo 28.53 subpanojas por planta en el nivel de 20 t de estiércol de camélido/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló 27.90 subpanojas por planta, siendo estadísticamente similares. En tanto Osco

Tabla 29: Número de panojas secundarias por planta y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	24.75	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	24.04	A	97.1
M3 = 20 t compost/ha	25.02	A	101.1
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	24.89	A	100.0
N2 = NPK	24.22	A	97.3
N3 = NPK + Ca	24.92	A	100.1
N4 = NPK + Ca + Micro	24.39	A	98.0
Promedio General	24.60		

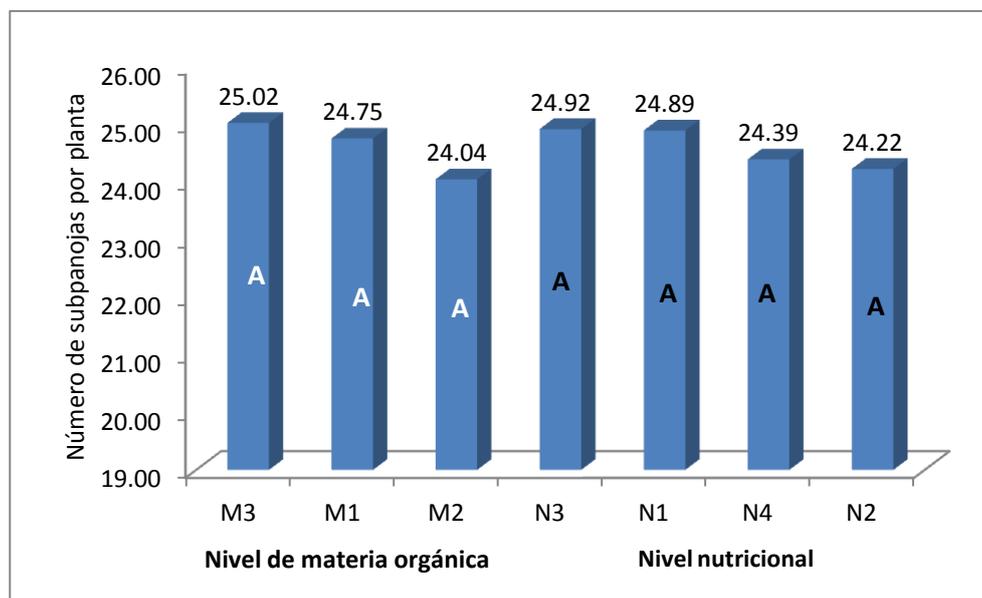


Figura 7: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el número de panojas secundarias por planta

(2009), en su estudio sobre variedades de quinua y niveles de fertilización orgánica, obtuvo 32 subpanojas por planta en el nivel de 12 t de estiércol de ovino/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló 26 subpanojas por planta, siendo estadísticamente diferentes. Esta diferencia en el comportamiento de los resultados entre Osco con Chino y el presente trabajo, podría deberse a las variedades de quinua que utilizó, las cuales fueron Belén 2000, Agro 2000 y Jiwaiki.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 29 y en la Figura 7, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el número de panojas secundarias por planta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que no existen diferencias estadísticas entre los cuatro niveles nutricionales, a pesar que el nivel tres (NPK + Ca) haya obtenido el mayor número de subpanojas por planta con 24.92, seguido del testigo con 24.89 subpanojas por planta, del nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) con 24.39 subpanojas por planta y finalmente del nivel dos (NPK) con 24.22 subpanojas por planta. Al respecto, Franco (2018), en su estudio sobre regímenes de riego y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un número de subpanojas de 15.65 con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha y una densidad de 152,000 plantas/ha.

4.2.7. MATERIA SECA DE TALLO

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 9), muestra que solo existe una alta significación estadística en el factor nivel nutricional. Los otros componentes de la fuente de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 30 y en la Figura 8. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 15.55 por ciento, con un promedio general de 40.02 g/planta.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 30 y en la Figura 8, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el peso seco de tallo mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel de 20 t

compost/ha haya obtenido el mayor peso seco de tallo (42.11 g/planta), seguido del nivel de 10 t compost/ha con 40.50 g/planta y finalmente el nivel sin compost con 37.44 g/planta. Similar respuesta logró Florez (1987), en su investigación sobre variedades de frijol y aplicación de materia orgánica, donde obtuvo para la variedad Canario Divex 8130 en La Molina, un peso seco de 3.82 g/planta en el nivel de 15 t de estiércol de caballo/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un peso seco de 3.98 g/planta, siendo estadísticamente similares.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 30 y en la Figura 8, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el peso seco de tallo mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que el nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) junto al nivel tres (NPK + Ca), son los que poseen los mayores pesos secos de tallo con 43.17 g/planta y 42.63 g/planta, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. Estos mismos también son similares estadísticamente al nivel nutricional dos (NPK) que obtuvo un peso de 39.56 g/planta y son diferentes estadísticamente al testigo que obtuvo 34.70 g/planta; sin embargo, el testigo no difiere estadísticamente del nivel nutricional dos (NPK).

Como referencias científicas se tiene a: Barnett (2005), quien en su estudio sobre niveles de fertilización nitrogenada y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un peso seco de 36.98 g/planta con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha. También a Huamancusi (2012), quien en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para esta variedad en La Molina, un peso seco de 25.6 g/planta en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha, mientras que para el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha desarrolló un peso seco de 28.6 g/planta. En tanto Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para esta variedad en La Molina, como mayor peso seco de tallo un valor de 36.2 g/planta en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, difiriendo estadísticamente del nivel nutricional testigo, el cual desarrolló el menor peso con 15.1 g/planta.

Tabla 30: Peso seco del tallo y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	37.44	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	40.50	A	108.2
M3 = 20 t compost/ha	42.11	A	112.5
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	34.70	B	100.0
N2 = NPK	39.56	AB	114.0
N3 = NPK + Ca	42.63	A	122.9
N4 = NPK + Ca + Micro	43.17	A	124.4
Promedio General	40.02		

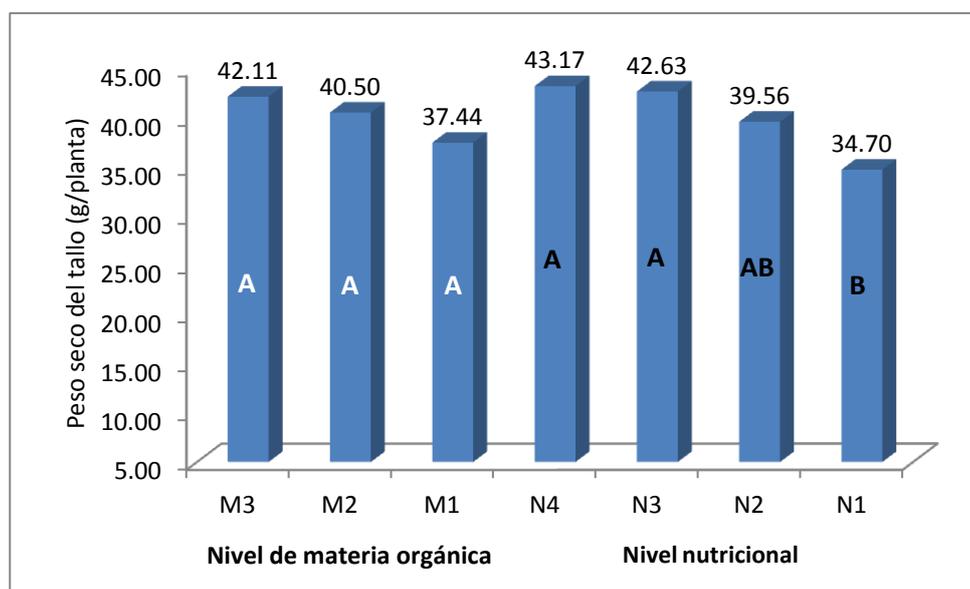


Figura 8: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el peso seco del tallo

4.2.8. MATERIA SECA DE HOJAS

El análisis de los resultados de esta variable se basó en primer lugar del ANVA practicado (Anexo 10), el cual manifiesta que solamente existe alta significación estadística en el factor niveles nutricionales y en la interacción materia orgánica por niveles nutricionales. Al ser este último significativo se procedió a realizar solo el análisis de efectos simples y no el análisis de efectos principales (niveles nutricionales), tal como se aprecia en el Anexo 10 también. Es importante señalar que el coeficiente de variabilidad de esta variable fue 17.78 por ciento, con un promedio general de 8.47 g/planta.

En la Tabla 31, se aprecia la comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el peso seco de hojas; y en la Figura 9, se puede apreciar el efecto general de dicha interacción.

Por otra parte, el Anexo 10 muestra el análisis de efectos simples, el cual determina que a un nivel de significación de 0.05 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles de materia orgánica se obtiene un peso seco de hojas promedio diferente estadísticamente a los otros pesos en el nivel nutricional dos (NPK). Además, con un nivel de significación de 0.01 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles de materia orgánica se obtiene un peso seco de hojas promedio diferente estadísticamente a los otros pesos en el nivel nutricional tres (NPK + Ca). También, con un nivel de significación de 0.05 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles nutricionales se obtiene un peso seco de hojas promedio diferente estadísticamente a los otros pesos en el nivel de materia orgánica sin compost. Asimismo, con un nivel de significación de 0.01 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles nutricionales se obtiene un peso seco de hojas promedio diferente estadísticamente a los otros pesos en los niveles de 10 t compost/ha y 20 t compost/ha.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales**

En la Tabla 32, se aprecia la respuesta de los tres niveles de materia orgánica en cada uno de los cuatro niveles nutricionales, para lo cual se les realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad.

Tabla 31: Comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el peso seco de hojas

Nivel nutricional	Nivel de materia orgánica			Promedio	Incrementos (%)
	0 t compost/ha	10 t compost/ha	20 t compost/ha		
Testigo	5.81	5.21	7.29	6.10	100.0
NPK	8.24	8.26	5.54	7.35	120.4
NPK + Ca	7.21	12.98	11.19	10.46	171.4
NPK + Ca + Micro	9.14	11.13	9.59	9.95	163.2
Promedio	7.60	9.39	8.40	Promedio general	
Incrementos (%)	100.0	123.6	110.6		8.46

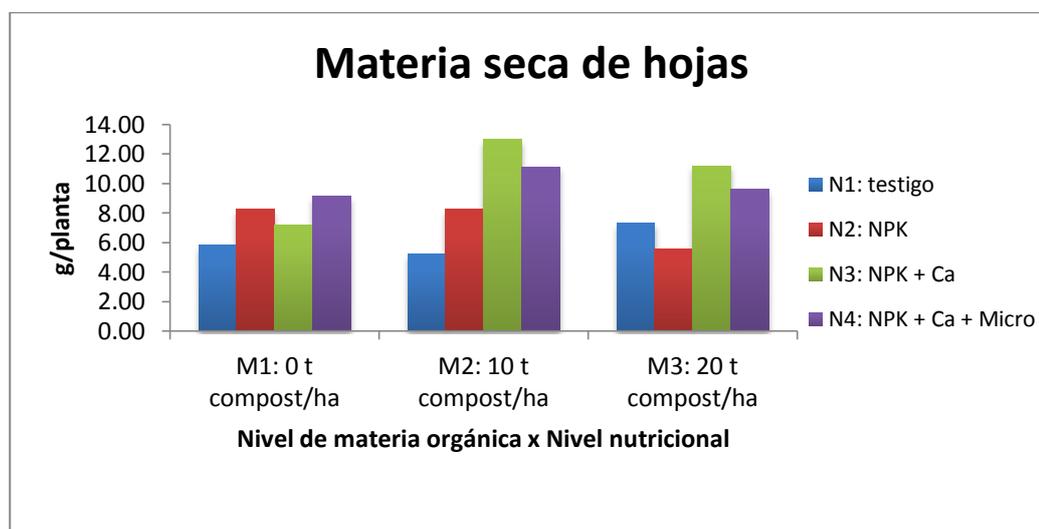


Figura 9: Respuesta de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales en el peso seco de hojas

Tabla 32: Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales para el peso seco de hojas, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad

Nivel de materia orgánica	Nivel nutricional	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
M1: 0 t compost/ha	N1: Testigo	5.81	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		5.21	A	89.8
M3: 20 t compost/ha		7.29	A	125.5
M1: 0 t compost/ha	N2: NPK	8.24	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		8.26	A	100.2
M3: 20 t compost/ha		5.54	B	67.2
M1: 0 t compost/ha	N3: NPK + Ca	7.21	B	100.0
M2: 10 t compost/ha		12.98	A	180.0
M3: 20 t compost/ha		11.19	A	155.3
M1: 0 t compost/ha	N4: NPK + Ca + Micro	9.14	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		11.13	A	121.8
M3: 20 t compost/ha		9.59	A	105.0

Tabla 33: Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica para el peso seco de hojas, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad

Nivel nutricional	Nivel de materia orgánica	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
N1: Testigo	M1: 0 t compost/ha	5.81	B	100.0
N2: NPK		8.24	A	141.9
N3: NPK + Ca		7.21	AB	124.2
N4: NPK + Ca + Micro		9.14	A	157.5
N1: Testigo	M2: 10 t compost/ha	5.21	C	100.0
N2: NPK		8.26	B	158.5
N3: NPK + Ca		12.98	A	249.0
N4: NPK + Ca + Micro		11.13	A	213.6
N1: Testigo	M3: 20 t compost/ha	7.29	BC	100.0
N2: NPK		5.54	C	76.0
N3: NPK + Ca		11.19	A	153.6
N4: NPK + Ca + Micro		9.59	AB	131.7

Para el nivel nutricional testigo, el nivel de 20 t compost/ha a pesar que fue el que desarrolló mayor peso seco de hojas con 7.29 g/planta, no difiere estadísticamente del nivel sin compost, ni del nivel de 10 t compost/ha, los cuales manifestaron valores de 5.81 g/planta y 5.21 g/planta, respectivamente. Se tiene referencia de que Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un peso seco de hojas de 3.1 g/planta en el nivel nutricional testigo. Esta diferencia en el peso seco de hojas podría deberse a que la evaluación de Baumann fue llevada a cabo a los 130 días después de la siembra (DDS), tiempo en el cual se pierde una cierta cantidad de hojas de forma natural, mientras que en el presente trabajo la evaluación se realizó a los 100 DDS.

Para el nivel nutricional dos (NPK), el nivel de 10 t compost/ha y el nivel sin compost, son los que obtuvieron los mayores pesos secos de hojas con 8.26 g/planta y 8.24 g/planta, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí. El nivel de 20 t compost/ha obtuvo el menor peso seco de hojas con 5.54 g/planta, difiriendo estadísticamente de los otros dos niveles de materia orgánica.

Como referencias científicas se tiene a Barnett (2005) y a Huamancusi (2012), quienes en sus investigaciones obtuvieron para la variedad La Molina 89 en La Molina, un peso seco de hojas de 8.50 g/planta y 5.60 g/planta, respectivamente, con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha. En tanto Baumann (2018), obtuvo para esta variedad en La Molina, un peso seco de hojas de 7.0 g/planta con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O) kg/ha.

Para el nivel nutricional tres (NPK + Ca), el nivel de 10 t compost/ha y el nivel de 20 t compost/ha, son los que obtuvieron los mayores pesos secos de hojas con 12.98 g/planta y 11.19 g/planta, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí. El nivel sin compost obtuvo el menor peso seco de hojas con 7.21 g/planta, difiriendo estadísticamente de los otros dos niveles de materia orgánica. Al respecto Baumann (2018), obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un peso seco de hojas de 9.7 g/planta con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha.

Para el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), el nivel de 10 t compost/ha a pesar que fue el que desarrolló mayor peso seco de hojas con 11.13 g/planta, no difiere estadísticamente del nivel de 20 t compost/ha, ni del nivel sin compost, los cuales manifestaron valores de 9.59 g/planta y 9.14 g/planta, respectivamente.

Se tiene referencia que Huamancusi (2012), en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un peso seco de 6.5 g/planta con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha. En tanto Baumann (2018), obtuvo para esta variedad en La Molina, un peso seco de hojas de 6.3 g/planta en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO – 12 Fe – 8 Mn – 6 Zn) kg/ha. La diferencia en pesos entre el presente trabajo y estos autores, podría deberse al momento de la evaluación; en el presente trabajo se realizó a los 100 días después de la siembra (DDS), mientras que Huamancusi lo hizo a los 115 DDS y Baumann a los 130 DDS. Recordando que a partir del panojamiento la planta de quinua empieza a perder hojas, mientras más días pasan, más hojas pierde.

- **Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica**

En la Tabla 33, se aprecia la respuesta de los cuatro niveles nutricionales en cada uno de los tres niveles de materia orgánica, para lo cual se les realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad.

Para el nivel de materia orgánica sin compost, el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), el nivel nutricional dos (NPK) y el nivel nutricional tres (NPK + Ca) son los que poseen los mayores valores de peso seco de hojas con 9.14 g/planta, 8.24 g/planta y 7.21 g/planta, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí. El nivel nutricional testigo obtuvo el menor valor de peso seco de hojas con 5.81 g/planta, siendo similar estadísticamente sólo al nivel nutricional tres (NPK + Ca), difiriendo estadísticamente de los niveles cuatro (NPK + Ca + Micro) y dos (NPK).

Para el nivel de 10 t compost/ha, el nivel nutricional tres (NPK + Ca) junto con el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), son los que poseen los mayores valores de peso seco de hojas con 12.98 g/planta y 11.13 g/planta, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí. Estos mismos presentan diferencias estadísticas con el nivel nutricional dos (NPK), el cual obtuvo un peso seco de hojas de 8.26 g/planta. Asimismo, el nivel dos (NPK) difiere estadísticamente del nivel nutricional testigo, el cual obtuvo el menor peso seco de hojas con 5.21 g/planta.

Para el nivel de 20 t compost/ha, el nivel nutricional tres (NPK + Ca) junto con el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), son los que poseen los mayores valores de peso

seco de hojas con 11.19 g/planta y 9.59 g/planta, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí. Adicionalmente, el nivel nutricional testigo junto con el nivel nutricional dos (NPK), poseen los menores valores de peso seco de hojas con 7.29 g/planta y 5.54 g/planta, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. Asimismo, el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro) y el nivel nutricional testigo son similares estadísticamente entre sí, difiriendo de los niveles tres (NPK + Ca) y dos (NPK).

Se tiene referencia de que Florez (1987), en su investigación sobre variedades de frijol y aplicación de materia orgánica, obtuvo para la variedad Canario Divex 8130 en La Molina, un peso seco de 4.02 g/planta en el nivel de 15 t de estiércol de caballo/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un peso seco de 3.70 g/planta, siendo estadísticamente similares.

4.2.9. MATERIA SECA DE PANOJA

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 11), muestra que sólo existe significación estadística en el factor niveles nutricionales. Los otros componentes de la fuente de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 34 y en la Figura 10. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 22.03 por ciento, con un promedio general de 76.35 g/planta.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 34 y en la Figura 10, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el peso seco de panoja mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel de 20 t compost/ha haya obtenido el mayor peso seco de panoja (80.90 g/planta), seguido del nivel de 10 t compost/ha con 76.57 g/planta y finalmente el nivel sin compost con 71.58 g/planta. Cabe señalar que no se encontraron datos sobre el peso de panoja seca en investigaciones sobre el cultivo de quinua donde se probaron niveles de materia orgánica aplicada al suelo.

Tabla 34: Peso seco de panoja y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	71.58	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	76.57	A	107.0
M3 = 20 t compost/ha	80.90	A	113.0
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	63.16	B	100.0
N2 = NPK	77.61	A	122.9
N3 = NPK + Ca	80.00	A	126.7
N4 = NPK + Ca + Micro	84.62	A	134.0
Promedio General	76.35		

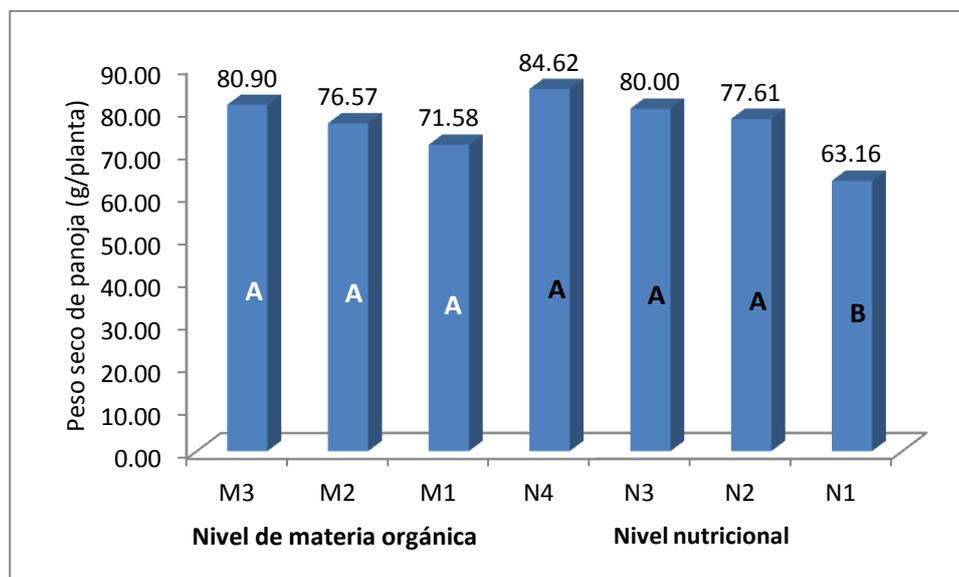


Figura 10: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el peso seco de panoja

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 34 y en la Figura 10, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el peso seco de panoja mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que el nivel cuatro (NPK + Ca + Micro), el nivel tres (NPK + Ca) y el nivel dos (NPK) son similares estadísticamente, a pesar que el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro) haya obtenido el mayor peso seco de panoja con 84.62 g/planta, seguido de los niveles tres (NPK + Ca) y dos (NPK) con 80.00 y 77.61 g/planta, respectivamente. Estos tres difieren estadísticamente del testigo, el cual obtuvo el menor peso seco de panoja con 63.16 g/planta.

Resultado similar consiguió Baumann (2018), en su investigación sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, donde obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, como mayor peso seco de panoja un valor de 56.5 g/planta en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, difiriendo estadísticamente del nivel nutricional testigo, el cual desarrolló el menor peso con 27.0 g/planta.

Entre otras referencias se tiene a Barnett (2005), quien en su estudio sobre niveles de fertilización nitrogenada y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un peso seco de 53.83 g/planta con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha. En tanto Huamancusi (2012), en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para esta variedad en La Molina, un peso seco de 29.8 g/planta en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha, mientras que para el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha desarrolló un peso seco de 33.5 g/planta. Esta diferencia en los resultados del peso seco de panoja entre el presente trabajo y los dos autores ya mencionados, se debe a que Barnett evaluó el peso seco de panoja a los 100 días después de la siembra (DDS), Huamancusi a los 115 DDS y el presente a los 160 DDS, cuando la panoja ya había pasado por su máximo desarrollo.

4.2.10. MATERIA SECA TOTAL

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 12), muestra que sólo existe una alta significación estadística en el factor niveles nutricionales. Los otros componentes de la fuente de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió a realizar el análisis de los efectos

principales, tal como se aprecia en la Tabla 35 y en la Figura 11. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 18.02 por ciento, con un promedio general de 124.83 g/planta.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 35 y en la Figura 11, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el peso seco total mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel de 20 t compost/ha haya obtenido el mayor peso seco total con 131.42 g/planta, seguido del nivel de 10 t compost/ha con 126.46 g/planta y finalmente el nivel sin compost con 116.61 g/planta.

En contraste a estos resultados Vargas (2008), en su estudio sobre variedades de quinua y niveles de estiércol, obtuvo para la variedad Real Boliviana en Tacna, un peso seco total de 118.40 g/planta en el nivel de 10 t de estiércol de vacuno/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un peso seco de 86.21 g/planta. Mientras que Neyra (2014), en su investigación sobre fertilización bioorgánica, obtuvo para la variedad Salcedo INIA en Tacna, un peso seco de 84.71 g/planta en el nivel de 20 t de estiércol de vacuno/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un peso seco de 73.58 g/planta, siendo estadísticamente diferentes. Esta diferencia en el comportamiento de los resultados con el presente trabajo, podría deberse a la fuente de materia orgánica y/o a la variedad de quinua.

Entre otras referencias científicas se tiene a La Rosa (2000), quien en su estudio sobre abonos orgánicos, obtuvo para el cultivo de col variedad criolla en La Molina, un peso seco de 210.60 g/planta en el nivel de 15 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost desarrolló un peso seco de 178.50 g/planta, siendo estadísticamente similares. En tanto Astuhuamán (2008), en su investigación sobre el efecto del compost sobre el cultivo de papa cv. Yungay en Junín, obtuvo un peso seco de 102.89 g/planta en el nivel de 20 t de compost/ha, mientras que el testigo desarrolló un peso seco de 49.72 g/planta, siendo estadísticamente diferentes.

Tabla 35: Peso seco total y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	116.61	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	126.46	A	108.5
M3 = 20 t compost/ha	131.42	A	112.7
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	103.96	B	100.0
N2 = NPK	124.52	A	119.8
N3 = NPK + Ca	133.09	A	128.0
N4 = NPK + Ca + Micro	137.75	A	132.5
Promedio General	124.83		

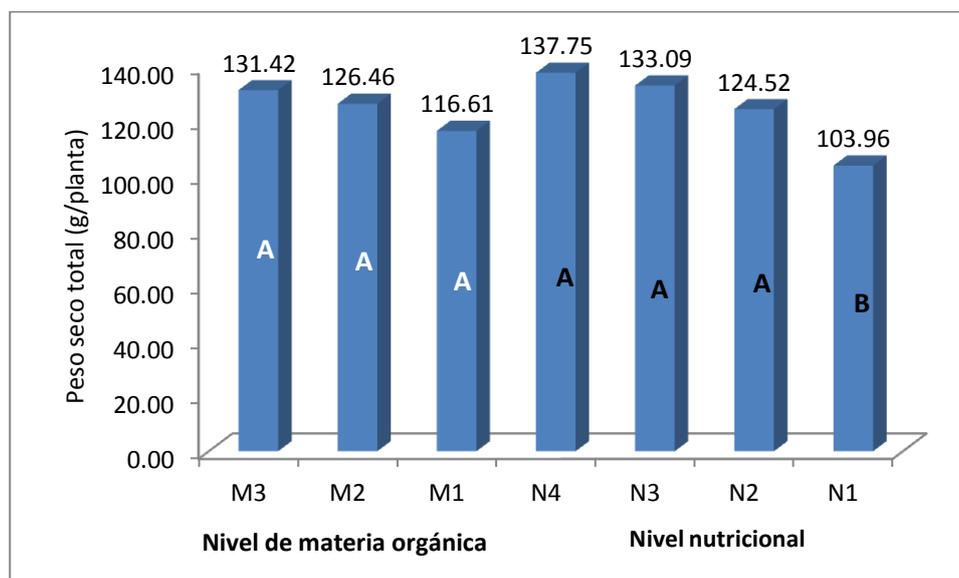


Figura 11: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el peso seco total

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 35 y en la Figura 11, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el peso seco total mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que el nivel cuatro (NPK + Ca + Micro), el nivel tres (NPK + Ca) y el nivel dos (NPK) son similares estadísticamente, a pesar que el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro) haya obtenido el mayor peso seco total con 137.75 g/planta, seguido de los niveles tres (NPK + Ca) y dos (NPK) con 133.09 y 124.52 g/planta, respectivamente. Estos tres difieren estadísticamente del testigo, el cual obtuvo el menor peso seco total con 103.96 g/planta.

Similar resultado obtuvo Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, donde obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, como mayor peso seco total un valor de 102.4 g/planta con el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, difiriendo estadísticamente del nivel nutricional testigo, el cual desarrolló el menor peso con 45.2 g/planta. Por otra parte Barnett (2005), en su estudio sobre niveles de fertilización nitrogenada y variedades de quinua, obtuvo para esta variedad en La Molina, un peso seco de 99.30 g/planta con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha. En tanto Huamancusi (2012), en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para esta variedad en La Molina, un peso seco de 60.9 g/planta en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha, mientras que para el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha desarrolló un peso seco de 68.5 g/planta. Esta diferencia en los resultados entre el presente trabajo y los dos últimos autores se debe a los diferentes momentos en los que se evaluó los componentes de esta variable.

4.3. RENDIMIENTO DE GRANO

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 13) muestra que sólo existe una alta significación estadística en el factor niveles nutricionales. Los otros componentes de la fuente de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores en estudio, se procedió a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 36 y en la Figura 12. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 15.33 por ciento, con un promedio general de 5,684.4 kg/ha.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 36 y en la Figura 12, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el rendimiento de grano. La prueba de comparación de medias de Duncan, manifiesta que el nivel de 10 t compost /ha y el nivel de 20 t compost/ha son los que poseen los mayores valores de rendimiento de grano con 5,985.1 kg/ha y 5,707.6 kg/ha, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel sin compost obtuvo el menor valor de rendimiento con 5,360.6 kg/ha, siendo similar estadísticamente sólo al nivel de 20 t compost/ha, ya que difiere estadísticamente del nivel de 10 t compost/ha.

Resultado similar consiguió Huahuachampi (2015), quien en su investigación sobre niveles de materia orgánica y variedades de quinua, obtuvo para la variedad Pasankalla en Arequipa, un rendimiento de 2,758.3 kg/ha para su tratamiento con 8 t de compost/ha y 800 kg de guano de isla/ha; mientras que el testigo sin aplicación de materias orgánicas desarrolló un rendimiento de 1,625.0 kg/ha, siendo estadísticamente diferentes. En tanto Mamani (2018), en su estudio sobre niveles de harina de rocas y niveles de compost, obtuvo para la variedad Real Blanca en La Paz – Bolivia, un rendimiento de 2,058.7 kg/ha en el nivel de 5 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost desarrolló un rendimiento de 1,793.7 kg/ha, siendo también estadísticamente diferentes.

Entre otras referencias científicas se tiene a Osco (2009), quien en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de fertilización orgánica en La Paz – Bolivia, obtuvo un rendimiento de 2,309.3 kg/ha en el nivel de 12 t de estiércol de ovino/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un rendimiento de 1,660.5 kg/ha, siendo también estadísticamente diferentes. En tanto Medina (2015), en su estudio sobre niveles de humus de lombriz y biol, obtuvo para la variedad Real Blanca en Arequipa, un rendimiento de 2,075.0 kg/ha en el nivel de 8 t de humus de lombriz/ha, el cual fue estadísticamente diferente al testigo, que logró un rendimiento de 1,908.0 kg/ha.

Tabla 36: Rendimiento de quinua-grano y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	5360.6	B	100.0
M2 = 10 t compost/ha	5985.1	A	111.6
M3 = 20 t compost/ha	5707.6	AB	106.5
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	4794.1	B	100.0
N2 = NPK	6081.3	A	126.8
N3 = NPK + Ca	6078.7	A	126.8
N4 = NPK + Ca + Micro	5783.6	A	120.6
Promedio General	5684.4		

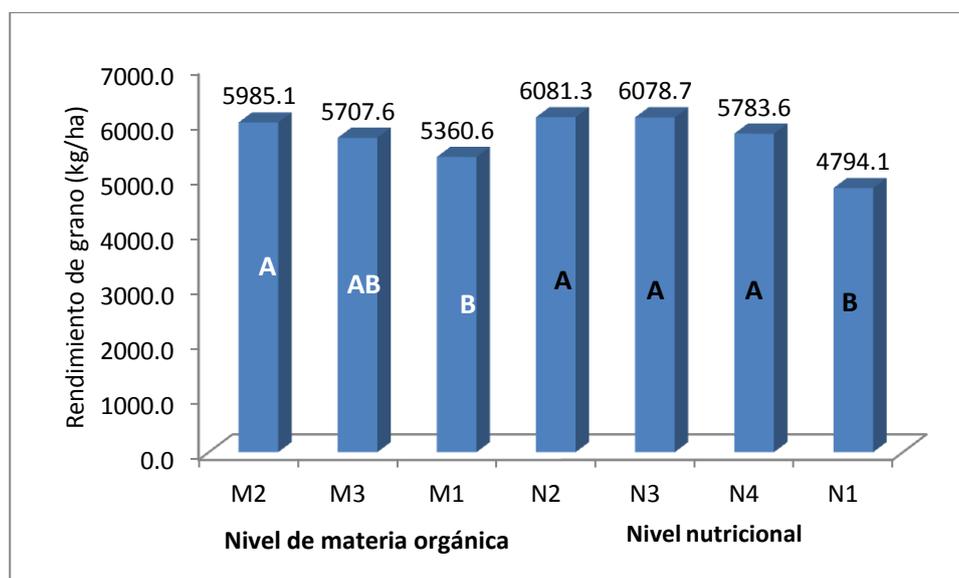


Figura 12: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el rendimiento de grano

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 36 y en la Figura 12, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el rendimiento de grano. La prueba de comparación de medias de Duncan muestra que el nivel dos (NPK), el nivel tres (NPK + Ca) y el nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) son similares estadísticamente, a pesar que el nivel nutricional dos (NPK) haya obtenido el mayor rendimiento de grano con 6,081.3 kg/ha, seguido de los niveles tres (NPK + Ca) y cuatro (NPK + Ca + Micro) con 6,078.7 kg/ha y 5,783.6 kg/ha, respectivamente. Estos tres difieren estadísticamente del testigo, el cual obtuvo el menor rendimiento de grano con 4,794.1 kg/ha.

Parecido resultado consiguió Apaza (1995), en su investigación sobre densidades de siembra y niveles de fertilidad, donde obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un rendimiento de 2,518.8 kg/ha en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅) kg/ha; mientras que el testigo sin fertilizar desarrolló un rendimiento de 1,077.2 kg/ha, siendo estadísticamente diferentes. Asimismo, Julon (2016), en su estudio sobre sistemas de cultivo y variedades de quinua, obtuvo para la línea mutante LM89 M3-175 en La Molina, un rendimiento de 3,136.3 kg/ha en el nivel nutricional de (100 N – 80 P₂O₅ – 4 K₂O) kg/ha, mientras tanto el testigo sin fertilizar desarrolló un rendimiento de 2,597.1 kg/ha, siendo también estadísticamente diferentes. En tanto Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, como mayor rendimiento un valor de 4,209.0 kg/ha en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, el cual difiere estadísticamente del testigo sin fertilizar, el cual desarrolló el menor valor de rendimiento con 3,018.0 kg/ha.

Entre otras referencias se tiene a Huamancusi (2012), quien en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un rendimiento de 5,158.6 kg/ha en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha, mientras que para el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha desarrolló un rendimiento de 5,805.9 kg/ha. Al respecto Franco (2018), en su investigación sobre regímenes de riego y variedades de quinua, obtuvo para esta variedad en La Molina, un rendimiento de 5,902.9 kg/ha con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha. En tanto Deza (2018), en su investigación sobre densidades de siembra y sistemas

de fertilización, obtuvo para la línea mutante LM 89-77 en La Molina, un rendimiento de 4,699.2 kg/ha con un nivel nutricional de (100 N – 90 P₂O₅ – 100 K₂O) kg/ha.

4.4. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

4.4.1. NÚMERO DE PLANTAS/m²

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 14), muestra que no existe significación estadística en ninguno de los componentes de las fuentes de variación. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió sólo a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 37 y en la Figura 13. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 2.65 por ciento, con un promedio general de 11.55 plantas por metro cuadrado.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 37 y en la Figura 13, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el número de plantas por m² mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel de 20 t compost/ha haya obtenido el mayor número de plantas por m² (11.63), seguido del nivel sin compost con 11.54 plantas por m² y finalmente el nivel de 10 t compost/ha con 11.48 plantas por m². Al respecto, Florez (1987), en su investigación sobre variedades de frijol y aplicación de materia orgánica, obtuvo un número de plantas por m² de 17.21 en el nivel de 15 t de estiércol de caballo/ha, mientras que el testigo desarrolló 16.53 plantas por m², siendo estadísticamente similares. Lo cual es lógico porque la densidad de siembra es la misma para todos los tratamientos al iniciar estos experimentos.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 37 y en la Figura 13, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el número de plantas por m² mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que no existen diferencias estadísticas entre los cuatro niveles nutricionales, a pesar que el nivel tres (NPK + Ca) haya obtenido el mayor número de plantas por m² con 11.67, seguido del nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) con 11.56 plantas por m², del nivel dos (NPK) con 11.50 plantas por m² y finalmente del testigo con 11.47 plantas por m².

Tabla 37: Número de plantas por m² y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	11.54	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	11.48	A	99.5
M3 = 20 t compost/ha	11.63	A	100.7
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	11.47	A	100.0
N2 = NPK	11.50	A	100.3
N3 = NPK + Ca	11.67	A	101.7
N4 = NPK + Ca + Micro	11.56	A	100.7
Promedio General	11.55		

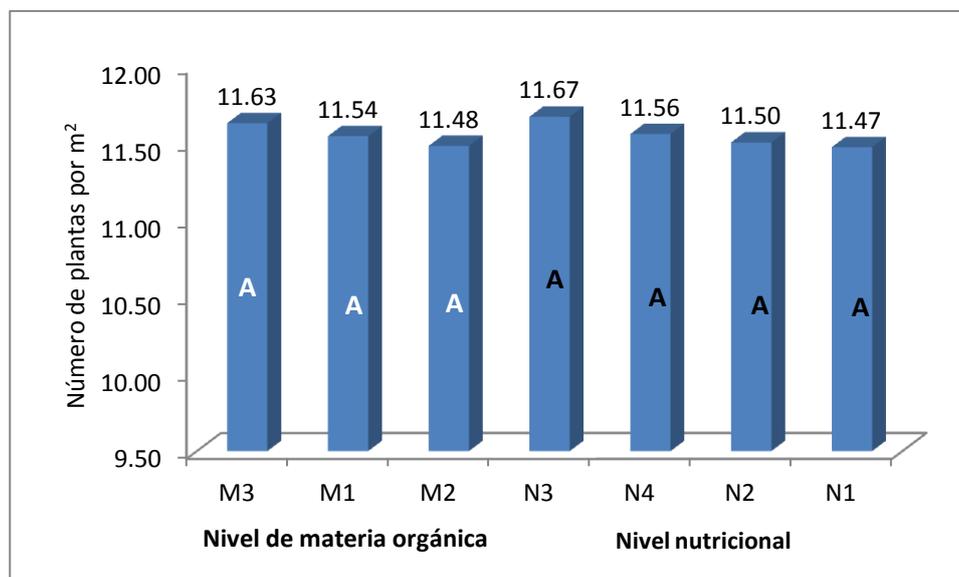


Figura 13: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el número de plantas por m²

Parecido resultado consiguió Huamancusi (2012), quien en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un número de plantas por m² de 21.4 en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha, mientras que, para el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha desarrolló un número de plantas por m² de 21.3, siendo estadísticamente similares. La diferencia entre el presente trabajo y el de Huamancusi se da en la densidad de siembra utilizada, pues el presente utilizó 160,000 plantas/ha, mientras que Huamancusi usó 220,000 plantas/ha. En tanto Celis (2018), en su estudio sobre niveles de nitrógeno y sistemas de riego, obtuvo para esta variedad en La Molina, un total de 11.3 plantas/m² con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha y una densidad de siembra de 150,793 plantas/ha.

4.4.2. RENDIMIENTO DE GRANO POR PLANTA

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 15), muestra que sólo existe una alta significación estadística en el factor niveles nutricionales. Los otros componentes de la fuente de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 38 y en la Figura 14. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 15.56 por ciento, con un promedio general de 49.34 g.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 38 y en la Figura 14, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el rendimiento de grano por planta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que el nivel de 10 t compost /ha y el nivel de 20 t compost/ha son los que poseen los mayores valores de rendimiento de grano por planta con 52.04 g y 49.44 g, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel sin compost obtuvo el menor valor de rendimiento de grano por planta con 46.53 g, siendo similar estadísticamente sólo al nivel de 20 t compost/ha, ya que difiere estadísticamente del nivel de 10 t compost/ha.

Resultado similar consiguió Chino (2015), quien en su estudio sobre variedades de quinua y niveles de estiércol de camélido, obtuvo para la variedad Jacha Grano un peso de grano por planta de 32.10 g en el nivel de 20 t de estiércol de camélido/ha, siendo estadísticamente similar al testigo sin aplicación de estiércol, el cual desarrolló un peso de

Tabla 38: Rendimiento de grano por planta y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	46.53	B	100.0
M2 = 10 t compost/ha	52.04	A	111.8
M3 = 20 t compost/ha	49.44	AB	106.3
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	41.70	B	100.0
N2 = NPK	52.87	A	126.8
N3 = NPK + Ca	52.56	A	126.0
N4 = NPK + Ca + Micro	50.22	A	120.4
Promedio General	49.34		

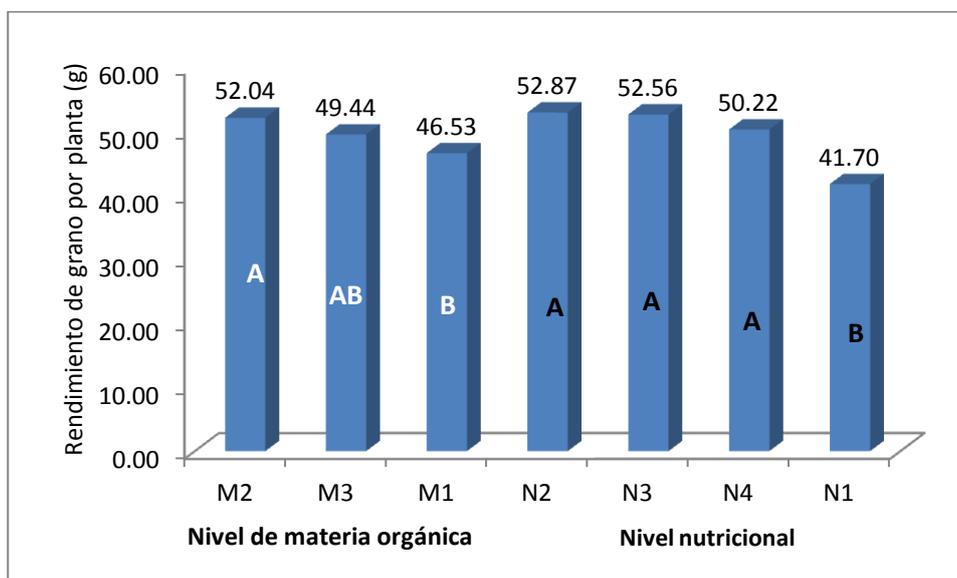


Figura 14: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el rendimiento de grano por planta

25.73 g. En tanto Osco (2009), en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de fertilización orgánica en La Paz – Bolivia, obtuvo un peso de grano por planta de 44.48 g en el nivel de 12 t de estiércol de ovino/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un peso de 26.10 g, siendo estadísticamente diferentes.

Entre otras referencias científicas se tiene a Choque (2010), quien en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de compost, obtuvo para la variedad Local en La Paz – Bolivia, un peso de grano por planta de 6.07 g en el nivel de 9 t de compost/ha, mientras el testigo sin aplicación de compost desarrolló un peso de 5.85 g. En tanto Mullo (2011), en su estudio sobre niveles de aplicación de abonos orgánicos en Ecuador, obtuvo un peso de grano por planta de 106.90 g en el nivel de 12 t de compost/ha, mientras que el testigo desarrolló un peso de 93.75 g, siendo estadísticamente similares. Estas diferencias entre el presente trabajo y estos dos autores podrían deberse a la variedad de quinua sembrada y a las dosis de compost utilizadas.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 38 y en la Figura 14, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el rendimiento de grano por planta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que el nivel dos (NPK), el nivel tres (NPK + Ca) y el nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) son similares estadísticamente, a pesar que el nivel nutricional dos (NPK) haya obtenido el mayor rendimiento de grano por planta con 52.87 g, seguido de los niveles tres (NPK + Ca) y cuatro (NPK + Ca + Micro) con 52.56 g y 50.22 g, respectivamente. Estos tres difieren estadísticamente del testigo, el cual obtuvo el menor rendimiento de grano por planta, que fue de 41.70 g.

Resultado similar consiguió Baumann (2018), quien en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, como mayor peso de grano por planta un valor de 32.3 g en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, el cual difiere estadísticamente del testigo sin fertilizar que desarrolló el menor valor con 23.4 g. En tanto Huamancusi (2012), en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para esta variedad en La Molina, un peso de granos por planta de 24.1 g en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha, mientras que, para el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O – 6 Fe – 5 Mn – 4 Zn) kg/ha desarrolló un peso de granos por planta de 27.2 g.

Entre otras referencias se tiene a Barnett (2005), quien en su estudio sobre niveles de fertilización nitrogenada y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un peso de granos por planta de 32.07 g con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha. En tanto Franco (2018), en su investigación sobre regímenes de riego y variedades de quinua, obtuvo para esta variedad en La Molina, un rendimiento de grano por planta de 38.83 g con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha.

4.4.3. PESO DE 1000 GRANOS

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 16), muestra que sólo existe una alta significación estadística en el factor niveles nutricionales. Los otros componentes de la fuente de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 39 y en la Figura 15. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 4.12 por ciento, con un promedio general de 2.415 g.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 39 y en la Figura 15, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el peso de 1000 granos mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel de 10 t compost/ha haya obtenido el mayor peso de 1000 granos con 2.455 g, seguido del nivel de 20 t compost/ha con 2.410 g y finalmente el nivel sin compost con 2.379 g.

Parecido resultado consiguió Tambo (2014), en su investigación sobre variedades de quinua y abonos orgánicos, donde obtuvo en La Paz – Bolivia, un peso de 4.8 g en el nivel de 10 t de humus de lombriz/ha, mientras que el testigo sin aplicación de humus desarrolló un peso de 4.7 g, siendo estadísticamente similares. En tanto Medina (2015), en su estudio sobre niveles de humus de lombriz y biol, obtuvo para la variedad Real Blanca en Arequipa, un peso de 3.10 g en el nivel de 8 t de humus de lombriz/ha, el cual fue estadísticamente similar al testigo sin aplicación de humus, que logró un peso de 2.50 g.

Tabla 39: Peso de 1000 granos y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	2.379	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	2.455	A	103.2
M3 = 20 t compost/ha	2.410	A	101.3
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	2.325	B	100.0
N2 = NPK	2.485	A	106.9
N3 = NPK + Ca	2.433	A	104.6
N4 = NPK + Ca + Micro	2.416	A	103.9
Promedio General	2.415		

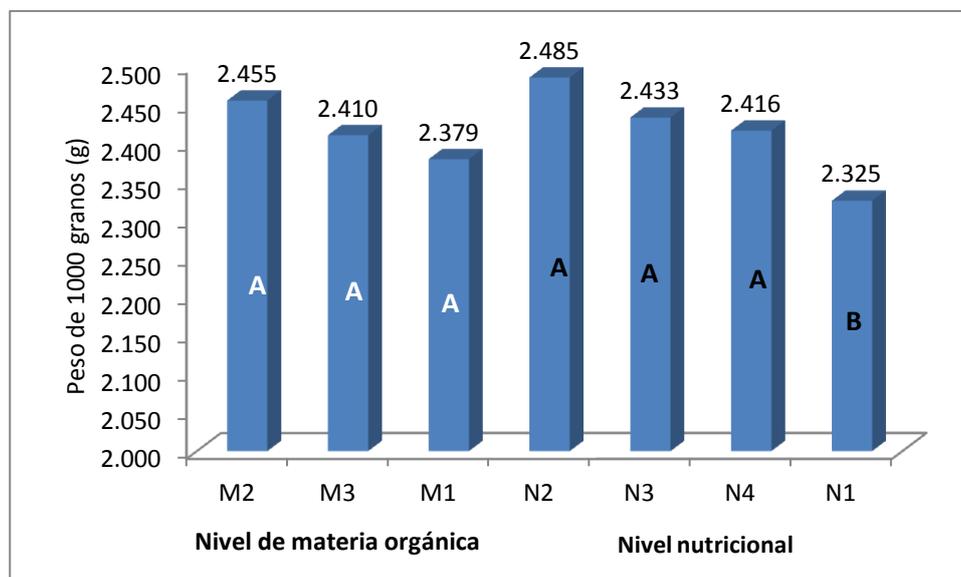


Figura 15: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el peso de 1000 granos

En cambio, Osco (2009), en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de fertilización orgánica en La Paz – Bolivia, obtuvo un peso promedio de 4.5313 g en el nivel de 12 t de estiércol de ovino/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un peso de 4.0313 g, siendo estadísticamente diferentes. En tanto Huanca (2015), en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de abono orgánico en Oruro – Bolivia, obtuvo un peso promedio de 4.11 g en el nivel de 20 t de estiércol de camélido/ha, siendo estadísticamente diferente al testigo sin aplicación de estiércol, el cual desarrolló un peso de 5.05 g. Estas diferencias con el presente trabajo podrían deberse a la fuente de materia orgánica y a la cantidad aplicada de estas.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 39 y en la Figura 15, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el peso de 1000 granos mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que el nivel dos (NPK), el nivel tres (NPK + Ca) y el nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) son similares estadísticamente, a pesar que el nivel nutricional dos (NPK) haya obtenido el mayor peso de 1000 granos con 2.485 g, seguido de los niveles tres (NPK + Ca) y cuatro (NPK + Ca + Micro) con 2.433 g y 2.416 g, respectivamente. Estos tres difieren estadísticamente del testigo, el cual obtuvo el menor peso de 1000 granos, que fue de 2.325 g.

Resultado similar consiguió Julon (2016), quien en su estudio sobre sistemas de cultivo y variedades de quinua, obtuvo para la línea mutante LM89 M3-175 en La Molina, un peso de 3.32 g en el nivel nutricional de (100 N – 80 P₂O₅ – 4 K₂O) kg/ha, mientras que el testigo sin fertilizar desarrolló un peso de 2.60 g, siendo estadísticamente diferentes. En tanto Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, como mayor peso de 1000 granos un valor de 2.20 g en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, el cual difiere estadísticamente del testigo sin fertilizar, que obtuvo el menor peso de 1000 granos con 1.79 g.

Entre otras referencias científicas se tiene a Barnett (2005), quien en su estudio sobre niveles de fertilización nitrogenada y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un peso de 2.53 g con un nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅ – 40 K₂O) kg/ha. En tanto Álvarez (2017), en su investigación sobre variedades de quinua y densidades de siembra, obtuvo para esta variedad en La Molina, un peso de 2.3 g con un

nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha y una densidad de 150,000 plantas/ha. Asimismo Franco (2018), en su estudio sobre regímenes de riego y variedades de quinua, obtuvo para esta variedad en La Molina, un peso de 2.288 g con el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha.

4.5. COMPONENTES DE CALIDAD

4.5.1. GRANULOMETRÍA

La determinación del tamaño de grano se realizó en el Laboratorio de Calidad del Programa de Cereales y Granos nativos de la UNALM, donde se utilizó zarandas de diferentes calibres (1.4 mm, 1.7 mm y 2.0 mm) para su medición. Los resultados de todas las subparcelas se pueden apreciar en el Anexo 17, mientras que los resultados por tratamiento se ven en la Tabla 40.

Como se puede apreciar el tamaño de grano predominante que se obtuvo en todos los tratamientos está dentro de la categoría de “mediano” según la Norma Técnica Peruana (INDECOPI 2009). Por lo que los niveles nutricionales y los niveles de materia orgánica probados, no influyeron para realizar alguna diferencia entre los tratamientos respecto al tamaño de grano de la variedad en las condiciones en las que se manejó el experimento.

En la Figura 16 se puede observar que el rango en el que se encuentra la mayor cantidad de granos en todo el experimento es el de 1.4 mm hasta 1.7 mm de diámetro de grano (categoría de granos medianos) con un 63.27 por ciento del total de granos, seguido de los granos con categoría de pequeños, con diámetros menores a 1.4 mm, con un 25.34 por ciento del total. En tanto los granos de categoría grandes, con diámetros entre 1.7 mm hasta 2 mm, alcanzaron un 11.28 por ciento, seguido de los granos de categoría extra grandes, casi inexistentes en el presente trabajo, con un 0.11 por ciento.

Al respecto, Baumann (2018), en su estudio sobre densidades de siembra y niveles nutricionales en la variedad de quinua La Molina 89, obtuvo un promedio general de 15.0 por ciento de granos pequeños, 0.5 por ciento de granos extra grandes y un 84.5 por ciento de granos medianos y grandes, sin diferencias significativas entre todos sus tratamientos respecto al tamaño de granos. Al no utilizar el tamiz N° 12 no pudo diferenciar granos medianos de granos grandes, por lo que se puede decir que desarrolló como grano predominante en su estudio o bien granos de categoría medianos o bien granos de categoría grandes. Asimismo, Franco (2018), en su experimento sobre variedades de quinua y

Tabla 40: Clasificación granulométrica de los tratamientos

Nivel de materia orgánica	Nivel nutricional	Granulometría (%)				Tamaño del grano
		Tamiz N° 10	Tamiz N° 12	Tamiz N° 14	Fondo	
		2 mm	1.7 mm	1.4 mm	< 1.4 mm	
M1: 0 t/ha compost	N1: Testigo	0.03	10.42	66.29	23.26	Mediano
	N2: NPK	0.05	10.90	60.28	28.77	Mediano
	N3: NPK + Ca	0.12	9.49	57.84	32.56	Mediano
	N4: NPK + Ca + Micro	0.38	12.11	64.15	23.36	Mediano
M2: 10 t/ha compost	N1: Testigo	0.17	14.03	67.00	18.80	Mediano
	N2: NPK	0.20	13.74	61.10	24.96	Mediano
	N3: NPK + Ca	0.08	14.33	65.02	20.57	Mediano
	N4: NPK + Ca + Micro	0.11	14.50	61.38	24.01	Mediano
M3: 20 t/ha compost	N1: Testigo	0.07	8.86	63.99	27.08	Mediano
	N2: NPK	0.04	8.82	62.77	28.37	Mediano
	N3: NPK + Ca	0.07	9.71	64.75	25.47	Mediano
	N4: NPK + Ca + Micro	0.04	8.42	64.72	26.83	Mediano
PROMEDIO		0.11	11.28	63.27	25.34	Mediano

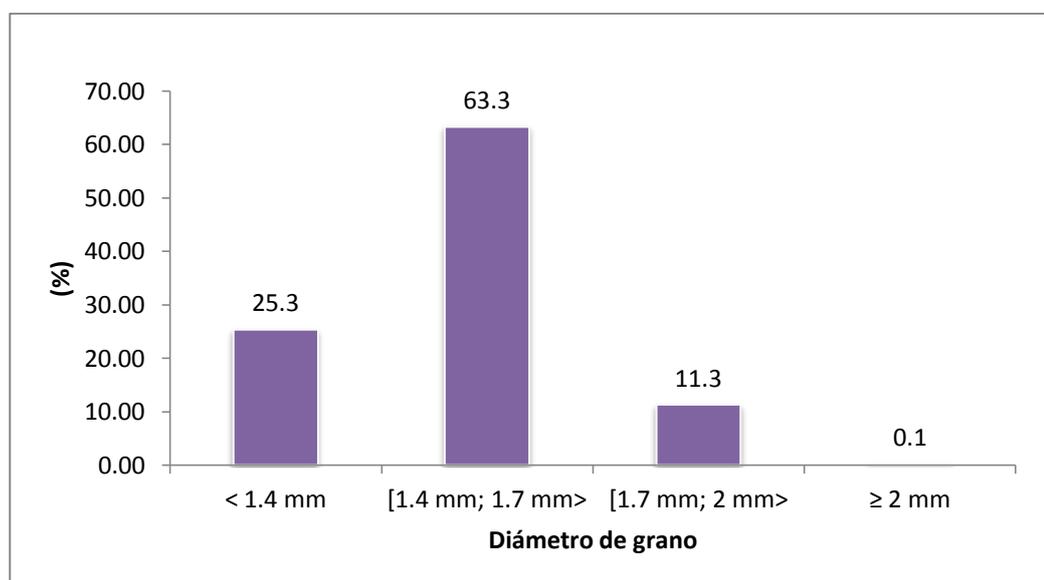


Figura 16: Granulometría general del presente ensayo agronómico

regímenes de riego, obtuvo para la variedad La Molina 89 un porcentaje de 21.57 por ciento de granos pequeños, 67.23 por ciento de granos medianos, 10.85 por ciento de granos grandes y 0.35 por ciento de granos extra grandes; donde los granos predominantes fueron los de categoría “medianos”, resultado semejante al presente trabajo.

Por otro parte León (2014), en su estudio sobre regímenes de riego obtuvo para la línea mutante LM 89-77 con 3,104 m³ de agua de riego/ha, un porcentaje de 9.80 por ciento de granos pequeños, 30.68 por ciento de granos medianos, 58.72 por ciento de granos grandes y 0.79 por ciento de granos extra grandes, siendo los granos predominantes los de categoría “grandes”. Esta diferencia en el resultado con el presente trabajo podría deberse a que es una línea mutante de la variedad estudiada.

Entre otras referencias científicas se tiene a Mamani (2018), quien en su investigación sobre niveles de harina de rocas y niveles de compost, obtuvo para la variedad Real Blanca en La Paz – Bolivia, un porcentaje de 2.38 por ciento de granos pequeños, 41.05 por ciento de granos medianos, 56.39 por ciento de granos grandes y 0.18 por ciento de granos extra grandes, en promedio para todos sus tratamientos. En tanto Medrano (2018), en su estudio sobre niveles de estiércol semi-descompuesto, obtuvo para la línea NINO-1 en La Paz – Bolivia, un porcentaje de 73.63 por ciento de granos medianos y 21.52 por ciento de granos grandes, siendo los granos predominantes los de categoría “medianos” en todos sus tratamientos.

4.5.2. PROTEÍNAS EN GRANO

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 18), muestra que no existe significación estadística en ninguno de los componentes de las fuentes de variación. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió sólo a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 41 y en la Figura 17. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 4.34 por ciento, con un promedio general de 13.48 por ciento.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 41 y en la Figura 17, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el porcentaje de proteínas mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel de 10

t compost/ha haya obtenido el mayor porcentaje con 13.53 por ciento, seguido del nivel sin compost con 13.49 por ciento y finalmente el nivel de 20 t compost/ha con 13.41 por ciento.

Se tiene referencia que Risco (2011), en su investigación sobre abonamientos y distanciamientos entre surcos, obtuvo para la variedad Blanca de Junín en Ayacucho, un porcentaje de proteínas de 14.12 por ciento en el nivel de 800 kg/ha de guano de isla, mientras que el testigo sin aplicación de guano desarrolló un porcentaje de 13.58 por ciento, siendo estadísticamente diferentes. Esta diferencia con el presente trabajo en los resultados podría deberse a la variedad de quinua o a la fuente de materia orgánica. En tanto Maceda (2015), en su estudio sobre niveles de compost y estiércol de ovino, obtuvo para la variedad Jacha Grano en La Paz – Bolivia, un contenido de proteínas de 12.03 por ciento en el nivel de 15 t de compost/ha, mientras que el testigo desarrolló un contenido de proteínas de 10.54 por ciento.

De otro lado, Julon (2016), en su estudio sobre sistemas de cultivo y variedades de quinua, obtuvo para la línea mutante LM89 M3-175 en La Molina, un contenido de proteínas de 11.63 por ciento en el nivel de 3,390.8 kg/ha de estiércol de vacuno, mientras tanto el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un contenido de proteínas de 10.18 por ciento. Esta diferencia en el resultado con el presente trabajo podría deberse a que es una línea mutante de La Molina 89 y/o a la fuente de materia orgánica.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 41 y en la Figura 17, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el porcentaje de proteínas mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que los niveles dos (NPK) y tres (NPK + Ca) son los que poseen los mayores porcentajes de proteínas con 13.81 y 13.60 por ciento, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) junto con el testigo, son los que poseen los menores porcentajes de proteínas con 13.28 y 13.23 por ciento, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente con el nivel tres (NPK + Ca), pero diferentes estadísticamente al nivel dos (NPK).

Tabla 41: Porcentaje de proteínas y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	13.5	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	13.5	A	100.3
M3 = 20 t compost/ha	13.4	A	99.4
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	13.2	B	100.0
N2 = NPK	13.8	A	104.4
N3 = NPK + Ca	13.6	AB	102.8
N4 = NPK + Ca + Micro	13.3	B	100.4
Promedio General	13.5		

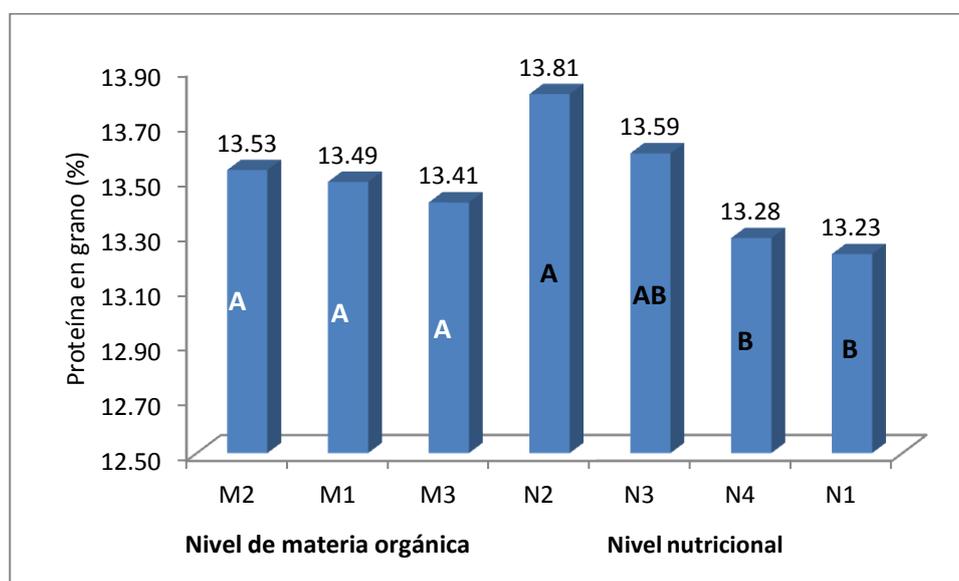


Figura 17: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el porcentaje de proteínas

Resultado similar consiguió Baumann (2018), en su investigación sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, donde obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un porcentaje de proteína en grano de 16.3 por ciento en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, difiriendo estadísticamente del nivel nutricional testigo, el cual desarrolló un porcentaje de 14.4 por ciento. Cabe mencionar que Baumann utilizó el método de kjeldahl para hallar el contenido de nitrógeno y luego el de proteínas, por ello quizás la diferencia con el presente trabajo en cuanto al contenido de proteínas en los granos. En tanto Julon (2016), en su estudio sobre sistemas de cultivo y variedades de quinua, obtuvo para la línea mutante LM89 M3-175 en La Molina, un contenido de proteínas de 12.13 por ciento en el nivel nutricional de (100 N – 80 P₂O₅ – 4 K₂O) kg/ha, mientras que el testigo sin fertilizar desarrolló un contenido de proteínas de 10.18 por ciento, siendo estadísticamente diferentes.

Entre otras referencias científicas se tiene a Sánchez (2015), quien en su investigación sobre la identificación de eficiencias en el uso de nitrógeno en líneas mutantes de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un porcentaje de proteínas de 12.31 por ciento con un nivel nutricional de (80 N – 70 P₂O₅) kg/ha. Mientras que Franco (2018), obtuvo para esta variedad en La Molina, un contenido de proteínas de 14.17 por ciento con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha. En tanto Deza (2018), en su investigación sobre densidades de siembra y sistemas de fertilización, obtuvo para la línea mutante LM 89-77 en La Molina, un porcentaje de proteínas de 12.92 por ciento con un nivel nutricional de (100 N – 90 P₂O₅ – 100 K₂O) kg/ha.

4.5.3. SAPONINAS EN GRANO

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 19), muestra que sólo existe una alta significación estadística en el factor materia orgánica. Los otros componentes de la fuente de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 42 y en la Figura 18. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 14.47 por ciento, con un promedio general de 1.45 por ciento.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 42 y en la Figura 18, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el porcentaje de saponinas mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que el nivel de 20 t compost/ha junto con el nivel de 10 t compost/ha, son los que poseen los mayores porcentajes de saponinas con 1.53 por ciento ambos, resultando ser similares estadísticamente entre sí. El nivel sin compost posee el menor valor de porcentaje de proteínas con 1.28 por ciento y difiere estadísticamente con los otros dos niveles.

Se tiene referencia que Julon (2016), en su estudio sobre sistemas de cultivo y variedades de quinua, obtuvo para la línea mutante LM89 M3-175 en La Molina, un contenido de saponinas de 1.05 por ciento en el nivel de 3,390.8 kg/ha de estiércol de vacuno, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un contenido de saponinas mayor, con 1.29 por ciento. Esta diferencia en el resultado comparado al del presente trabajo podría deberse a la fuente de materia orgánica o a que es una línea mutante con un comportamiento diferente.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 42 y en la Figura 18, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el porcentaje de saponinas mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que no existen diferencias estadísticas entre los cuatro niveles nutricionales, a pesar que el nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) haya obtenido el mayor porcentaje de saponinas con 1.53 por ciento, seguido del nivel nutricional tres (NPK + Ca) con 1.51 por ciento, del nivel dos (NPK) con 1.38 por ciento y del testigo con 1.37 por ciento. Con incrementos porcentuales importantes del 10.7 y 11.8 por ciento en los niveles nutricionales NPK + Ca y NPK + Ca + Micro, respectivamente.

Así Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, como mayor porcentaje de saponinas en grano un valor de 1.6 por ciento en el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, difiriendo estadísticamente del nivel nutricional testigo, el cual desarrolló el menor porcentaje con 1.3 por ciento.

Tabla 42: Porcentaje de saponinas y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	1.28	B	100.0
M2 = 10 t compost/ha	1.53	A	119.3
M3 = 20 t compost/ha	1.53	A	119.6
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	1.37	A	100.0
N2 = NPK	1.38	A	100.6
N3 = NPK + Ca	1.51	A	110.7
N4 = NPK + Ca + Micro	1.53	A	111.8
Promedio General	1.45		

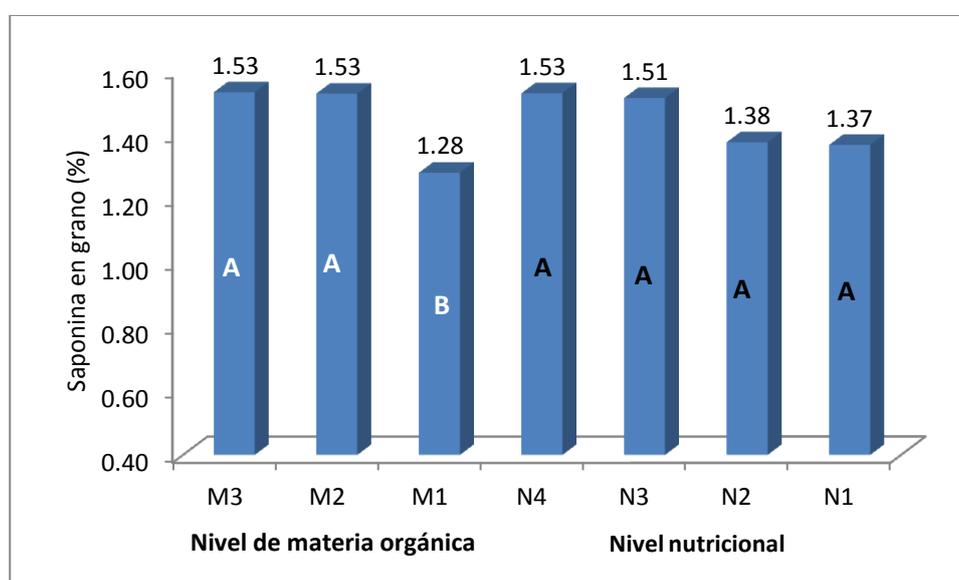


Figura 18: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el porcentaje de saponinas

Entre otras referencias científicas se tiene a: Alvarez (2017), quien en su estudio sobre variedades de quinua y densidades de siembra, obtuvo para la var. La Molina 89 en La Molina, un contenido de saponinas de 1.31 por ciento con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha y una densidad de 150,000 plantas/ha. En tanto Franco (2018), en su investigación sobre regímenes de riego y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un contenido de saponinas de 1.52 por ciento con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha.

4.6. PARÁMETROS AGRONÓMICOS

4.6.1. EFICIENCIA DE USO DE AGUA

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 20), muestra que sólo existe una alta significación estadística en el factor niveles nutricionales. Los otros componentes de las fuentes de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores en estudio, se procedió a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 43 y en la Figura 19. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 15.33 por ciento, con un promedio general de 1.99 kg/m³.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 43 y en la Figura 19, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en la eficiencia de uso de agua del cultivo mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que el nivel de 10 t compost/ha y el nivel de 20 t compost/ha son los que poseen los mayores valores de eficiencia de uso de agua con 2.10 kg/m³ y 2.00 kg/m³, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel sin compost obtuvo el menor valor de eficiencia de uso de agua con 1.88 kg/m³, siendo similar estadísticamente sólo al nivel de 20 t compost/ha, ya que difiere estadísticamente del nivel de 10 t compost/ha.

Al respecto Huanca (2008), en su investigación sobre niveles de abono orgánico y riego deficitario, obtuvo para la variedad Santa María en La Paz – Bolivia, una EUA de 0.26 kg/m³ en el nivel de 10 t de estiércol de ovino/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló una EUA de 0.30 kg/m³, siendo estadísticamente similares. En tanto Tintaya (2011), en su estudio sobre niveles de abonamiento orgánico bajo riego deficitario, obtuvo para la variedad Toledo rojo en Oruro – Bolivia, una EUA de 0.25 kg/m³ en el nivel de 12 t de estiércol de llama/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol

desarrolló una EUA de 0.21 kg/m^3 , siendo estadísticamente similares. Esta diferencia con el presente trabajo podría deberse al comportamiento de cada variedad de quinua al ser fertilizada con abonos orgánicos y a la capacidad de retención de humedad de cada fuente de materia orgánica.

Entre otras referencias científicas se tiene a Barnett (2005), quien en su estudio sobre niveles de fertilización nitrogenada y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una EUA promedio de 1.21 kg/m^3 . Mientras que Huamancusi (2012), en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para esta variedad en La Molina, una EUA promedio de 1.20 kg/m^3 .

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 43 y en la Figura 19, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en la eficiencia de uso de agua del cultivo mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que el nivel dos (NPK), el nivel tres (NPK + Ca) y el nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) son similares estadísticamente, a pesar que los niveles nutricionales dos (NPK) y tres (NPK +Ca) hayan obtenido la mayor eficiencia de uso de agua con 2.13 kg/m^3 ambos, seguido del nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) con 2.03 kg/m^3 . Estos tres difieren estadísticamente del testigo, el cual obtuvo la menor eficiencia de uso de agua, que fue de 1.68 kg/m^3 . Resultado similar consiguió Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, donde obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, como mayor eficiencia de uso de agua un valor de 1.53 kg/m^3 en el nivel nutricional de (160 N – 80 P_2O_5 – 160 K_2O – 80 CaO) kg/ha, difiriendo estadísticamente del nivel nutricional testigo, el cual desarrolló la menor EUA con 1.10 kg/m^3 .

Entre otras referencias científicas se tiene a León (2014), quien en su estudio sobre regímenes de riego, obtuvo para la línea mutante LM 89-77 en La Molina, una EUA de 1.20 kg/m^3 con un nivel nutricional de (40 N – 60 P_2O_5) kg/ha. En tanto Franco (2018), en su investigación sobre regímenes de riego y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, una eficiencia de uso de agua de 1.39 kg/m^3 con un nivel nutricional de (160 N – 80 P_2O_5 – 120 K_2O) kg/ha. La diferencia en las eficiencias entre el presente trabajo y estos autores es debido a los rendimientos obtenidos en cada experimento y a la cantidad de agua utilizada en ellos.

Tabla 43: Eficiencia de uso de agua y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	1.88	B	100.0
M2 = 10 t compost/ha	2.10	A	111.7
M3 = 20 t compost/ha	2.00	AB	106.5
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	1.68	B	100.0
N2 = NPK	2.13	A	126.8
N3 = NPK + Ca	2.13	A	126.8
N4 = NPK + Ca + Micro	2.03	A	120.6
Promedio General	1.99		

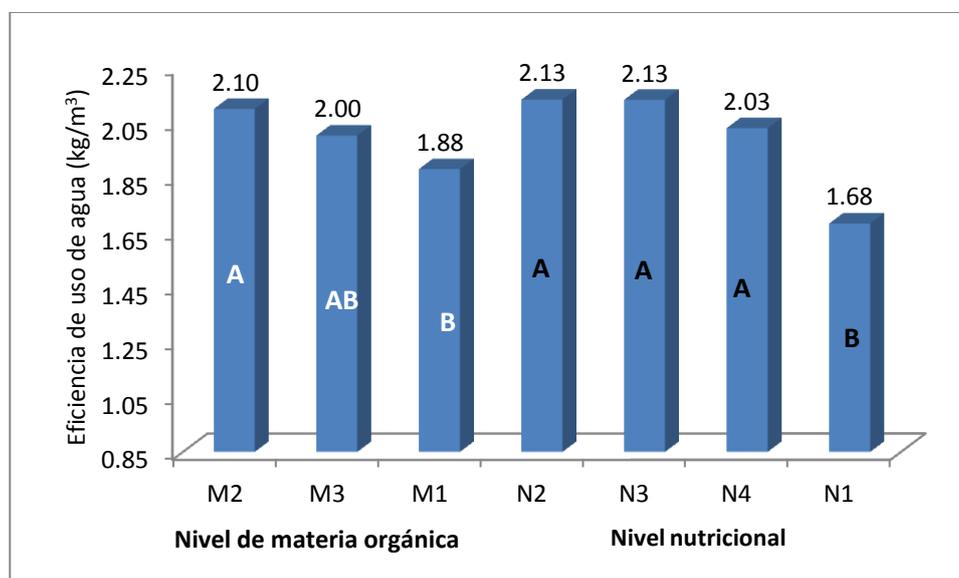


Figura 19: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en la eficiencia de uso de agua

4.6.2. COEFICIENTE DE TRANSPIRACIÓN

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 21), muestra que sólo existe una alta significación estadística en el factor niveles nutricionales. Los otros componentes de las fuentes de variación no presentaron alguna significación estadística. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores de estudio, se procedió a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 44 y en la Figura 20. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 15.15 por ciento, con un promedio general de 185.5 L/kg.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 44 y en la Figura 20, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el coeficiente de transpiración del cultivo mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel sin compost haya obtenido el mayor coeficiente de transpiración con 194.3 L/kg, seguido del nivel de 10 t compost/ha con 188.1 L/kg y finalmente el nivel de 20 t compost/ha con 174.0 L/kg.

Barnett (2005), obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un coeficiente de transpiración promedio de 251.3 L/kg. Mientras que Huamancusi (2012), en su investigación sobre niveles de fertilización nitrogenada y modalidades de aplicación de micronutrientes, obtuvo para esta variedad también en La Molina, un coeficiente de transpiración promedio de 324.6 L/kg. Donde los valores del coeficiente de transpiración (CT) son mayores al del presente trabajo, debido a que los componentes de la materia seca total (denominador en la fracción para hallar el CT) fueron evaluados mucho antes de la madurez fisiológica, obteniendo pesos secos bajos.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 44 y en la Figura 20, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el coeficiente de transpiración del cultivo mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que el testigo obtuvo el mayor coeficiente de transpiración con 219.5 L/kg y a la vez difiere estadísticamente con los otros tres niveles nutricionales. Los niveles nutricionales dos (NPK), tres (NPK + Ca) y cuatro (NPK + Ca + Micro) son similares estadísticamente entre sí, obteniendo a la vez los menores coeficientes de transpiración, los cuales fueron: 184.5, 171.1 y 166.8 L/kg.

Tabla 44: Coeficiente de transpiración y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	194.3	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	188.1	A	96.8
M3 = 20 t compost/ha	174.0	A	89.6
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	219.5	A	100.0
N2 = NPK	184.5	B	84.1
N3 = NPK + Ca	171.1	B	78.0
N4 = NPK + Ca + Micro	166.8	B	76.0
Promedio General	185.5		

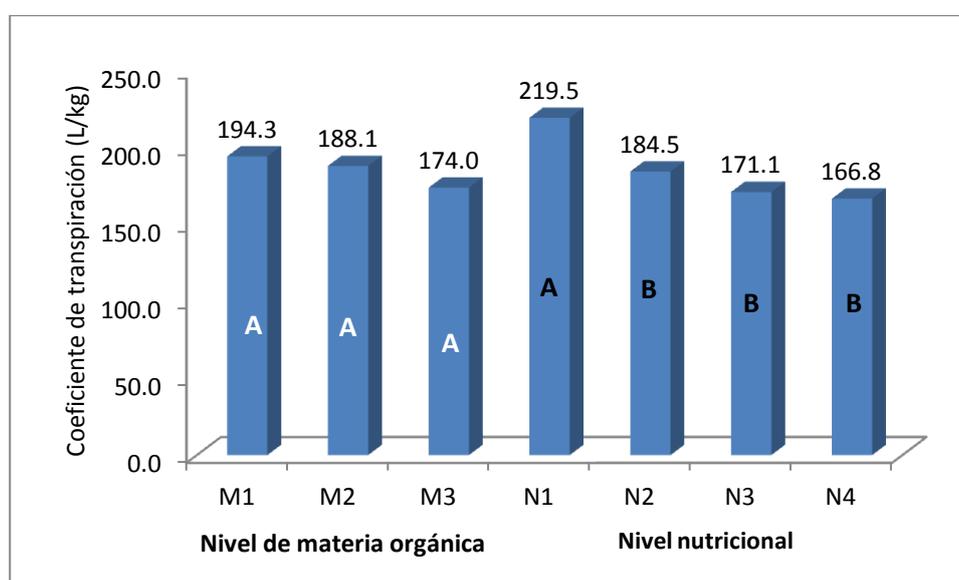


Figura 20: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el coeficiente de transpiración

Resultado similar consiguió Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, donde obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, como mayor coeficiente de transpiración un valor de 496.6 L/kg en el nivel nutricional testigo, difiriendo estadísticamente del nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, el cual desarrolló el menor CT con 228.3 L/kg. En tanto Franco (2018), en su investigación sobre regímenes de riego y variedades de quinua, obtuvo para esta variedad también en La Molina, un CT de 110.49 L/kg con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha.

4.6.3. ÍNDICE DE COSECHA

El ANVA que se realizó a esta variable (Anexo 22), muestra que no existe significación estadística en ninguno de los componentes de las fuentes de variación. Por ello, al no existir interacción entre los dos factores en estudio, se procedió sólo a realizar el análisis de los efectos principales, tal como se aprecia en la Tabla 45 y en la Figura 21. El coeficiente de variabilidad de esta variable fue 19.30 por ciento, con un promedio general de 34.94 por ciento.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica**

En la Tabla 45 y en la Figura 21, se puede apreciar la respuesta del nivel de materia orgánica en el índice de cosecha mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba manifiesta que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles de materia orgánica, a pesar que el nivel de 10 t compost/ha haya obtenido el mayor índice de cosecha con 37.26 por ciento, seguido del nivel sin compost con 34.62 por ciento y finalmente el nivel de 20 t compost/ha con 32.94 por ciento.

A similar conclusión llegó Osco (2009), en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de fertilización orgánica en La Paz – Bolivia, donde obtuvo un índice de cosecha (IC) de 43.13 por ciento en el nivel de 12 t de estiércol de ovino/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un índice de 39.38 por ciento, siendo estadísticamente similares. En tanto Tambo (2014), en su estudio sobre variedades de quinua y abonos orgánicos, obtuvo para la variedad Nayra en La Paz – Bolivia, un IC de 44 por ciento en el nivel de 10 t de humus de lombriz/ha, mientras que el testigo sin aplicación de humus desarrolló igualmente un índice de 44 por ciento. Cabe señalar que Mamani (2014), en su

Tabla 45: Índice de cosecha y significación de los efectos principales mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

Factores	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
Nivel de materia orgánica			
M1 = 0 t compost/ha	34.62	A	100.0
M2 = 10 t compost/ha	37.26	A	107.6
M3 = 20 t compost/ha	32.94	A	95.2
Nivel nutricional			
N1 = Testigo	35.47	A	100.0
N2 = NPK	37.22	A	104.9
N3 = NPK + Ca	34.90	A	98.4
N4 = NPK + Ca + Micro	32.17	A	90.7
Promedio General	34.94		

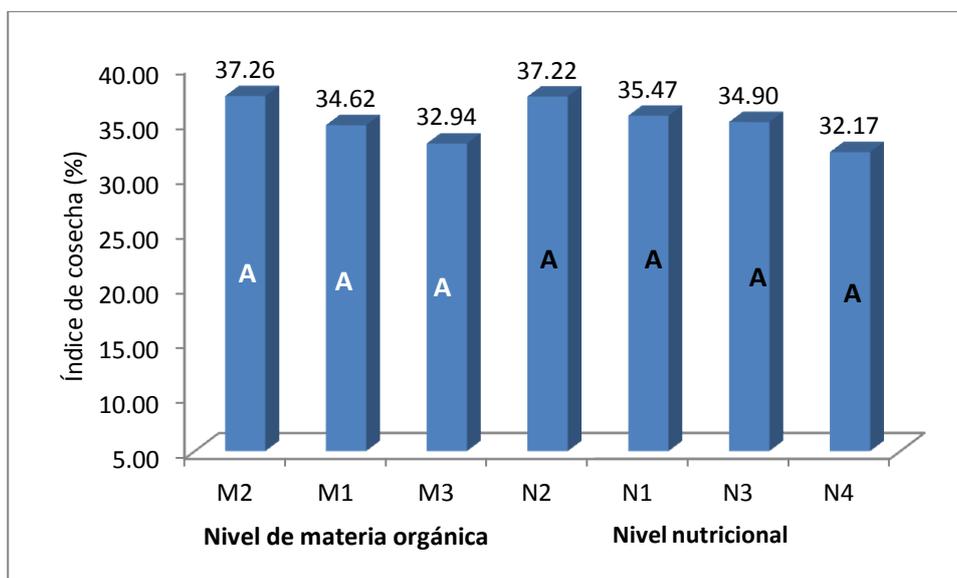


Figura 21: Efectos principales de los niveles de materia orgánica y niveles nutricionales en el índice de cosecha

estudio sobre niveles de humus de lombriz, estiércol fresco y compost en La Paz – Bolivia, obtuvo para la variedad Jacha Grano un IC de 38.28 por ciento en el nivel de 10 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost desarrolló un índice de 37.19 por ciento, siendo estadísticamente similares.

- **Respuesta del nivel nutricional**

En la Tabla 45 y en la Figura 21, se puede apreciar la respuesta del nivel nutricional en el índice de cosecha mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad. Esta prueba muestra que no existen diferencias estadísticas entre los cuatro niveles nutricionales, a pesar que el nivel dos (NPK) haya obtenido el mayor índice de cosecha con 37.22 por ciento, seguido del testigo con 35.47 por ciento, del nivel nutricional tres (NPK + Ca) con 34.90 por ciento y finalmente del nivel cuatro (NPK + Ca + Micro) con 32.17 por ciento.

Resultado similar consiguió Julon (2016), en su estudio sobre sistemas de cultivo y variedades de quinua, donde obtuvo para la línea mutante LM89 M3-175 un índice de 38.80 por ciento en el nivel nutricional de (100 N – 80 P₂O₅ – 4 K₂O) kg/ha, mientras que el testigo sin fertilizar desarrolló un índice de 34.88 por ciento, siendo estadísticamente similares. En tanto Franco (2018), en su investigación sobre regímenes de riego y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un índice de 43.39 por ciento con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha. Mientras que Deza (2018), en su estudio sobre densidades de siembra y sistemas de fertilización, obtuvo para la línea mutante LM 89-77 en La Molina, un índice de 33.56 por ciento con un nivel nutricional de (100 N – 90 P₂O₅ – 100 K₂O) kg/ha.

En cambio Apaza (1995), en su investigación sobre densidades de siembra y niveles de fertilidad, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un índice de 31.03 por ciento en el nivel nutricional de (120 N – 80 P₂O₅) kg/ha, mientras que el testigo sin fertilizar desarrolló un índice de 22.93 por ciento, siendo estadísticamente diferentes. Por otro lado Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para esta variedad en La Molina, como mayor índice de cosecha un valor de 51.80 por ciento en el nivel nutricional testigo, difiriendo estadísticamente del nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, el cual desarrolló el menor índice con 32.50 por ciento.

4.6.4. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

El análisis de los resultados de esta variable se basó en primer lugar del ANVA practicado (Anexo 23), el cual manifiesta que solamente existe alta significación estadística en el factor niveles nutricionales y en la interacción materia orgánica por niveles nutricionales. Al ser este último significativo se procedió a realizar solo el análisis de efectos simples y no el análisis de efectos principales (niveles nutricionales), tal como se aprecia en el Anexo 23 también. Es importante señalar que el coeficiente de variabilidad de esta variable fue 18.85 por ciento, con un promedio general de $2.18 \text{ m}^2/\text{m}^2$.

En la Tabla 46, se aprecia la comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el índice de área foliar; y en la Figura 22, se puede apreciar el efecto general de dicha interacción.

De otra parte, el Anexo 23 muestra el análisis de efectos simples, el cual determina que a un nivel de significación de 0.01 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles de materia orgánica se obtiene un índice de área foliar promedio diferente estadísticamente a los otros índices en el nivel nutricional tres (NPK + Ca). Además, con un nivel de significación de 0.05 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles de materia orgánica se obtiene un índice de área foliar promedio diferente estadísticamente a los otros índices en el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro). Asimismo, con un nivel de significación de 0.01, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que con al menos uno de los niveles nutricionales se obtiene un índice de área foliar promedio diferente estadísticamente a los otros índices en el nivel de 10 t compost/ha y en el nivel de 20 t compost/ha.

- **Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales**

En la Tabla 47, se aprecia la respuesta de los tres niveles de materia orgánica en cada uno de los cuatro niveles nutricionales, para lo cual se les realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad.

Para el nivel nutricional testigo, el nivel de 20 t compost/ha a pesar que fue el que desarrolló mayor índice de área foliar con 1.97 no difiere estadísticamente del nivel sin compost, ni del nivel de 10 t compost/ha, los cuales manifestaron valores de 1.61 y 1.40, respectivamente. En el caso de Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un IAF de

1.14 en el nivel nutricional testigo. Esta diferencia en el IAF podría deberse a que la evaluación de Baumann fue llevada a cabo a los 130 días después de la siembra (DDS), tiempo en el cual se pierde una cierta cantidad de hojas de forma natural, por lo que el índice fue menor, mientras que en el presente trabajo la evaluación se realizó a los 100 DDS, habiendo más hojas en la planta, por lo que el índice fue mayor.

Como referencias científicas también se tiene que Burin (2016), en su investigación sobre láminas de riego y variedades de quinua, obtuvo para la variedad Kancolla en La Molina, un IAF de 0.48 con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha. Mientras que Porras (2015) en su estudio sobre sistemas de riego en La Molina, obtuvo para la variedad INIA 431-Altiplano un IAF de 2.48, a los 73 días después de la siembra mediante riego por goteo con un nivel nutricional de (200 N – 150 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha.

Para el nivel nutricional dos (NPK), el nivel de materia orgánica sin compost a pesar que fue el que desarrolló mayor índice de área foliar con 2.19 no difiere estadísticamente del nivel de 10 t compost/ha, ni del nivel de 20 t compost/ha, que manifestaron valores de 1.94 y 1.62, respectivamente.

Al respecto, Baumann (2018), obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un IAF de 2.57 con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O) kg/ha. Mientras que Franco (2018), en su investigación sobre regímenes de riego y variedades de quinua, obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un índice de área foliar de 3.28 con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 120 K₂O) kg/ha. Esta diferencia entre los resultados del presente trabajo y estos dos autores, podría deberse a la cantidad de nitrógeno utilizado, ya que este elemento promueve una mayor producción del área foliar en las plantas.

Para el nivel nutricional tres (NPK + Ca), el nivel de 20 t compost/ha y el nivel de 10 t compost/ha, son los que obtuvieron los mayores índices de área foliar con 3.35 y 3.11, respectivamente, resultando ser similares estadísticamente entre sí. El nivel sin compost obtuvo el menor índice de área foliar con 1.88, difiriendo estadísticamente de los otros dos niveles de materia orgánica. Al respecto Baumann (2018), obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un IAF de 3.49 con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha. Esta diferencia podría deberse al mayor nivel de nitrógeno utilizado en dicho experimento.

Tabla 46: Comparación de medias de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales para el índice de área foliar

Nivel nutricional	Nivel de materia orgánica			Promedio	Incrementos (%)
	0 t compost/ha	10 t compost/ha	20 t compost/ha		
Testigo	1.61	1.40	1.97	1.66	100.0
NPK	2.19	1.94	1.62	1.92	115.4
NPK + Ca	1.88	3.11	3.35	2.78	167.6
NPK + Ca + Micro	1.97	2.75	2.32	2.34	141.2
Promedio	1.91	2.30	2.31	Promedio general	
Incrementos (%)	100.0	120.3	121.1		2.17

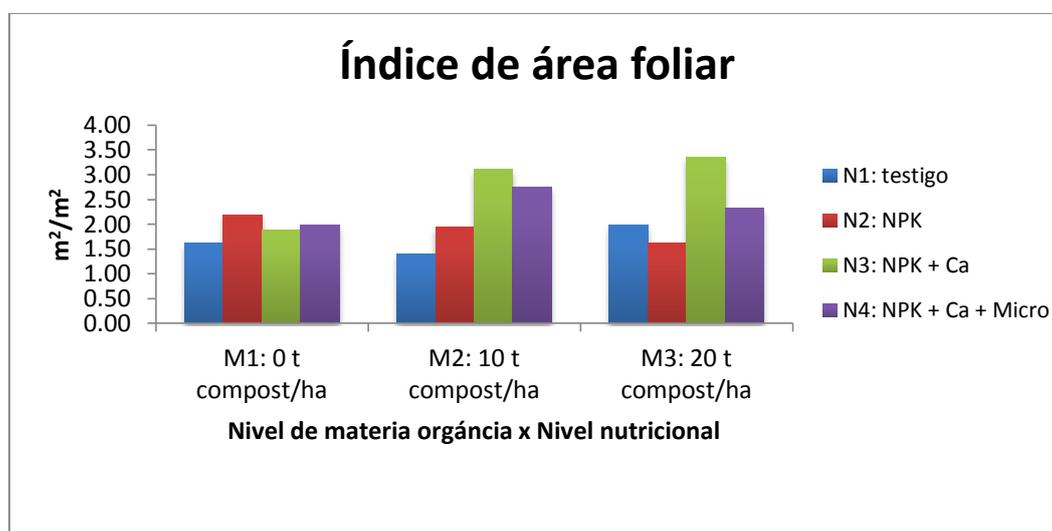


Figura 22: Respuesta de la interacción del nivel de materia orgánica con los niveles nutricionales en el índice de área foliar

Tabla 47: Respuesta del nivel de materia orgánica en los niveles nutricionales para el índice de área foliar, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad

Nivel de materia orgánica	Nivel nutricional	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
M1: 0 t compost/ha	N1: Testigo	1.61	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		1.40	A	87.1
M3: 20 t compost/ha		1.97	A	122.3
M1: 0 t compost/ha	N2: NPK	2.19	A	100.0
M2: 10 t compost/ha		1.94	A	88.7
M3: 20 t compost/ha		1.62	A	74.1
M1: 0 t compost/ha	N3: NPK + Ca	1.88	B	100.0
M2: 10 t compost/ha		3.11	A	165.2
M3: 20 t compost/ha		3.35	A	177.8
M1: 0 t compost/ha	N4: NPK + Ca + Micro	1.97	B	100.0
M2: 10 t compost/ha		2.75	A	139.6
M3: 20 t compost/ha		2.32	AB	117.9

Tabla 48: Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica para el índice de área foliar, mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % de probabilidad

Nivel nutricional	Nivel de materia orgánica	Media	Prueba de Duncan	Incrementos (%)
N1: Testigo	M1: 0 t compost/ha	1.61	A	100.0
N2: NPK		2.19	A	135.9
N3: NPK + Ca		1.88	A	117.1
N4: NPK + Ca + Micro		1.97	A	122.2
N1: Testigo	M2: 10 t compost/ha	1.40	B	100.0
N2: NPK		1.94	B	138.4
N3: NPK + Ca		3.11	A	222.0
N4: NPK + Ca + Micro		2.75	A	195.8
N1: Testigo	M3: 20 t compost/ha	1.97	BC	100.0
N2: NPK		1.62	C	82.3
N3: NPK + Ca		3.35	A	170.2
N4: NPK + Ca + Micro		2.32	B	117.8

Para el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), el nivel de 10 t compost/ha y el nivel de 20 t compost/ha, son los que poseen los mayores valores de índice de área foliar con 2.75 y 2.32, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel sin compost obtuvo el menor valor de índice área foliar con 1.97, siendo similar estadísticamente sólo al nivel de 20 t compost/ha, ya que difiere estadísticamente del nivel de 10 t compost/ha. Al respecto Baumann (2018), obtuvo para la variedad La Molina 89 en La Molina, un IAF de 2.40 con un nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO – 12 Fe – 8 Mn – 6 Zn) kg/ha.

- **Respuesta del nivel nutricional en los niveles de materia orgánica**

En la Tabla 48, se aprecia la respuesta de los cuatro niveles nutricionales en cada uno de los tres niveles de materia orgánica, para lo cual se les realizó la prueba de comparación de medias de Duncan, al cinco por ciento de probabilidad.

Para el nivel de materia orgánica sin compost, el nivel nutricional dos (NPK) a pesar que fue el que obtuvo el mayor índice de área foliar con 2.19, no difiere estadísticamente del nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), ni del nivel nutricional tres (NPK + Ca), ni del nivel nutricional testigo, los cuales manifestaron valores de 1.97, 1.88 y 1.61, respectivamente.

Para el nivel de 10 t compost/ha, el nivel nutricional tres (NPK + Ca) y el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), son los que obtuvieron los mayores valores de índice de área foliar con 3.11 y 2.75, respectivamente, resultando ser a la vez similares estadísticamente. El nivel nutricional dos (NPK) y el testigo obtuvieron los menores valores de índice de área foliar con 1.94 y 1.40, respectivamente, siendo similares estadísticamente entre sí, pero diferentes estadísticamente a los niveles tres (NPK + Ca) y cuatro (NPK + Ca + Micro). Al respecto Paco (2011), en su investigación sobre niveles de humus de lombriz, obtuvo para la variedad Real en La Paz – Bolivia, un IAF de 1.73 en el nivel de 6 t de humus de lombriz/ha, mientras que el testigo sin aplicación de humus desarrolló un índice de 1.19.

Para el nivel de 20 t compost/ha, el nivel nutricional tres (NPK + Ca) fue el que desarrolló mayor índice de área foliar con 3.35, diferenciándose estadísticamente del nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro), del nivel nutricional testigo y del nivel nutricional dos (NPK), los cuales desarrollaron valores de 2.32, 1.97 y 1.62, respectivamente. Por otra parte, las

parejas nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro) con nivel nutricional testigo, nivel nutricional testigo con nivel nutricional dos (NPK), no presentaron diferencias estadísticas entre ellos; sin embargo, el nivel nutricional cuatro (NPK + Ca + Micro) sí difirió estadísticamente del nivel nutricional dos (NPK).

Como referencias científicas se tiene a: Mamani (2006), quien en su estudio sobre la aplicación de abonos, obtuvo para la lechuga suiza variedad Large leaved en La Paz – Bolivia, un IAF de 1.21 en el nivel de 30 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost desarrolló un índice de 0.93, siendo estadísticamente diferentes. Mientras que Rodríguez (2008), en su investigación sobre los efectos del compost en el cultivo de papa cv. Perricholi en Junín, obtuvo un IAF de 1.47 en el nivel de 15 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost desarrolló un índice de 1.31, siendo estadísticamente similares. En tanto Florez (1987), en su investigación sobre variedades de frijol y aplicación de materia orgánica, obtuvo para la variedad Bayo UA - 105 en La Molina, un IAF de 3.09 en el nivel de 15 t de estiércol de caballo/ha, mientras que el testigo sin aplicación de estiércol desarrolló un índice de 2.39, siendo estadísticamente diferentes.

4.7 ANÁLISIS ECONÓMICO

La Tabla 49 muestra el análisis económico del cultivo de quinua variedad La Molina 89 debido a los factores en estudio. Al respecto, para los niveles de materia orgánica, el mayor índice de rentabilidad (IR) fue para el nivel testigo M1: sin compost con 80.9 por ciento. Mientras que para los niveles M2: 10 t de compost/ha y M3: 20 t de compost/ha se obtuvieron IR de 61.5 por ciento y 28.2 por ciento, respectivamente. Esto es debido a que los costos de producción son más elevados al utilizar más kg/ha de compost, no compensándose lo suficiente con el incremento del rendimiento de grano.

Para los niveles nutricionales, el mayor índice de rentabilidad fue para el nivel N2: NPK con un 68.3 por ciento, dónde el incremento del rendimiento compensó positivamente al gasto que se realizó en los fertilizantes sintéticos. El nivel nutricional N4: NPK + Ca + Micro obtuvo un IR de 48.3 por ciento, menor al del N2, debido a que el costo de producción fue mayor a este y a que el rendimiento fue similar.

El nivel nutricional N3: NPK + Ca desarrolló un IR de 60.8 por ciento, cercano al IR del N2, debido a que sus rendimientos fueron similares, pero el costo de producción fue mayor

en el N3 por el nitrato de calcio. En el caso del nivel nutricional testigo N1, su IR fue del 50.0 por ciento, siendo menor al del N2, debido a que aunque su costo de producción fue de los más bajos, su rendimiento también fue bajo.

De otro lado, el tratamiento que presenta el mayor índice de rentabilidad fue el del nivel nutricional N2 con (120 N – 60 P₂O₅– 120 K₂O) kg/ha y sin aplicación de compost al suelo (M1), con un índice de 93.7 por ciento y una utilidad neta de 13,862 soles/ha. Mientras que, el menor IR se obtuvo en el nivel nutricional testigo (N1) con la aplicación de 20 t de compost/ha (M3), con un índice de 8.9 por ciento y una utilidad neta de 1,797 soles/ha.

La misma tendencia encontró Choque (2010), en su investigación sobre variedades de quinua y niveles de compost, donde obtuvo para la variedad Local en La Paz – Bolivia, un índice de rentabilidad del 10 por ciento en el nivel de 9 t de compost/ha, mientras que el testigo sin aplicación de compost al suelo desarrolló un IR del 40%.

En contraste a los resultados mencionados párrafos atrás, Baumann (2018), en su estudio sobre niveles nutricionales y densidades de siembra, obtuvo para la variedad La Molina 89 con una densidad de plantas igual a la del presente experimento, un valor de 83.2 por ciento como mayor índice de rentabilidad, en el nivel nutricional testigo; mientras que el menor IR lo consiguió con el nivel nutricional de (160 N – 80 P₂O₅ – 160 K₂O – 80 CaO) kg/ha, con un valor del 45 por ciento.

Los costos de producción del presente ensayo agronómico se exponen en el Anexo 24.

Tabla 49: Análisis económico del cultivo de quinua var. La Molina 89

Tratamientos		Rendimiento (kg/ha)	Valor bruto de la producción (S/.)	Costo total de la producción (S/.)	Utilidad neta (S/.)	Índice de rentabilidad (%)	Índice promedio de rentabilidad (%)
M1	N1	4,807	24,033	12,945	11,088	85.7	80.9
	N2	5,732	28,662	14,800	13,862	93.7	
	N3	5,711	28,554	15,585	12,969	83.2	
	N4	5,193	25,963	16,121	9,842	61.1	
M2	N1	5,163	25,817	16,605	9,211	55.5	61.5
	N2	6,359	31,795	18,460	13,335	72.2	
	N3	6,215	31,075	19,245	11,830	61.5	
	N4	6,203	31,016	19,781	11,234	56.8	
M3	N1	4,412	22,062	20,265	1,797	8.9	28.2
	N2	6,153	30,763	22,120	8,642	39.1	
	N3	6,310	31,552	22,905	8,647	37.8	
	N4	5,955	29,775	23,441	6,334	27.0	

Donde:

M1: Testigo

M2: 10 t de compost/ha

M3: 20 t de compost/ha

N1: Testigo

N2: NPK

N3: NPK + Ca

N4: NPK + Ca + Microelementos

V. CONCLUSIONES

- El mejor rendimiento de quinua - grano para niveles nutricionales se obtuvo con el nivel NPK y para los niveles de materia orgánica con 10 t/ha de compost.
- Los niveles nutricionales: NPK, NPK + Ca, NPK + Ca + Micro incrementaron significativamente el diámetro de tallo, la materia seca de panoja, la materia seca total, el rendimiento de grano/planta, el rendimiento total, el peso de 1000 granos y la eficiencia de uso de agua; donde NPK + Ca y NPK + Ca + Micro no desarrollaron un efecto significativo respecto a NPK.
- Los niveles de 10 t/ha y 20 t/ha de compost incrementaron significativamente el contenido de saponinas en grano. No se presentaron diferencias para altura de planta, granulometría, porcentaje de proteínas e índice de cosecha.
- Los efectos de interacción entre el nivel nutricional y la materia orgánica fueron estadísticamente significativos para área foliar, longitud de panoja, diámetro de panoja, materia seca de hojas e índice de área foliar.
- Bajo las condiciones de suelo, agua, clima y tecnología, los parámetros agronómicos indican, una eficiencia de uso de agua (EUA) de 1.99 kg de granos de quinua por m³ de agua aplicado, un índice de cosecha (IC) de 34.9 por ciento, un índice de área foliar (IAF) de 2.18 m²/m² de superficie foliar por superficie de terreno y un coeficiente de transpiración (CT) de 185.5 litros evapotranspirados por kilogramo de materia seca producida.
- El análisis económico indica que el mayor índice de rentabilidad (IR), de 93.7%, caracteriza al nivel de fertilización de NPK sin aplicación de materia orgánica al suelo, mientras que el menor índice de rentabilidad (IR) de 8.9%, se presenta con 20 t de compost/ha sin aplicación de fertilizantes sintéticos.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones sobre la respuesta de esta variedad de quinua a diferentes niveles nutricionales en base a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos. Asimismo, con la aplicación de fuentes orgánicas de diverso origen y composición.
- Estudiar la respuesta de la aplicación de compost al suelo y el cambio del porcentaje de saponinas en el grano de quinua de la variedad La Molina 89, característica importante de calidad que influye en la comercialización de este grano.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C. 2017. Rendimiento y crecimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo tres densidades de siembra en riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Apaza, W. 1995. Efecto de densidad y niveles de fertilización en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* willd.) en costa central. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Astuhuamán, J. 2008. Efecto de la aplicación del compost en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Yungay en un suelo de la comunidad de Aramachay – Jauja – Junín. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Balsamo, M. 2002. Desarrollo y evaluación de un método afrosimétrico mecánico para la determinación de saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Ingeniero en Industrias alimentarias. Lima, Perú, UNALM.
- Barnett, A. 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Baumann, B. 2018. Niveles nutricionales y densidad de siembra en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. La Molina 89, en riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Burin, Y. 2016. Rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo tres láminas de riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.

- Calla, J. 2012. Manual técnico: Manejo del cultivo de quinua. Lima, Perú, Agrobanco. 9-10 p.
- Celis, A. 2018. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. La Molina 89. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Chino, E. 2015. Comportamiento agronómico del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con la aplicación de niveles de estiércol camélido – Altiplano central de Bolivia. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.
- Choque, D. 2010. Aplicación de cantidades de compost elaborado a base de estiércol de llama y broza para la producción de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Topohoco – La Paz. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.
- Daza, R.; Pereyra, E.; Burin, D.; Rivero, M.; Heras, A. 2015. Quinua, regalo ancestral: historia, contexto, tecnología, políticas. Buenos Aires, Argentina, Fundación Nueva Gestión. 18 p.
- Deza, D. 2018. Rendimiento y calidad de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización en condiciones de La Molina. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- DGPA (Dirección General de Políticas Agrarias, MINAGRI, Perú) .2017. La Quinua: producción y comercio en Perú. Boletín PT. Lima, Perú.
- Echegaray, T. 2003. Evaluación de métodos de cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) bajo condiciones de costa. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Oficina Regional para América Latina y el Caribe). 2011. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Santiago, Chile. 7 p.
- Finck, A. 2009. Fertilizantes y fertilización. Barcelona, España, Editorial Reverté. 1-3 p.

- Florez, M. 1987. Efecto de la fertilización nitrogenada, inoculación a la semilla y aplicación de materia orgánica en el rendimiento de dos variedades de frijol: Canario Divex 8130 y Bayo UA-105. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Franco, J. 2018. Regímenes de riego en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Gandarillas, H. 1979. Botánica. En: Quinua y kañiwa: cultivos andinos. Tapia, M; Gandarillas, H; Alandia, S; Cardozo, A; Mujica, A; Ortiz, R; Otazu, V; Rea, J; Salas, B; Zanabria, E (autores). Bogotá, Colombia, IICA. 22, 27-29 p.
- Gómez, L.; Aguilar, E. 2016. Guía de cultivo de la quinua. 2ed. Lima, Perú, UNALM. 7-10 p.
- Gómez, L.; Eguiluz, A. 2011. Catálogo del banco de germoplasma de quinua. Lima, Perú, UNALM. 13,14, 16-29 p.
- Huahuachampi, Y. 2015. Dos niveles de guano de isla en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo manejo orgánico en el distrito de Chiguata, región Arequipa. Tesis Ing. Agrónomo. Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín.
- Huamancusi, J. 2012. Efecto de la fertirrigación nitrogenada y de la modalidad de aplicación de micronutrientes en el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Mg. Sc. en Producción agrícola. Lima, Perú, UNALM.
- Huanca, R. 2008. Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico y riego deficitario sobre el desarrollo y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano central. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.
- Huanca, E. 2015. Comportamiento agronómico del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a diferentes niveles de abono orgánico en la comunidad de Saitoco del Municipio de Salinas de Garci Mendoza – Oruro. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.

- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2009. Norma Técnica Peruana 205.062: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Requisitos. Lima, Perú. 14 p.
- Jacobsen, S.; Sherwood, S. 2002. Cultivo de granos andinos en Ecuador. Quito, Ecuador, Ediciones Abaya-Yala. 30 p.
- Julon, W. 2016. Resultado de dos sistemas de cultivo en el rendimiento, calidad y rentabilidad de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en costa central. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Koziol, M. 1990. Desarrollo del método para determinar el contenido de saponinas en la quinoa. En: Quinoa, hacia su cultivo comercial. Wahli, C. Quito, Ecuador, LATINRECO. 175-185 p.
- La Rosa, R. 2000. Efecto de cuatro abonos orgánicos en el rendimiento de los cultivos de col y coliflor en La Molina. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Labrador, J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Madrid, España, Mundi-Prensa. 67-77 p.
- León, R. 2014. Respuesta del cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) línea mutante 'la molina 89-77' a tres regímenes de riego, en condiciones de La Molina. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Loué, A. 1988. Los microelementos en agricultura. 1 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa.
- Maceda, W. 2015. Efecto de compost y estiércol de ovino en el cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) – villa Patarani Altiplano central. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.
- Mamani, E. 2018. Comportamiento agronómico de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) con la aplicación de harina de rocas y compost, en la comunidad Chuca provincia Pacajes – altiplano central. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.

- Mamani, E. 2006. Efecto de la aplicación de abonos en el cultivo de lechuga suiza (*Valerinella locusta*) en Walipinis de la localidad de Ventilla. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.
- Mamani, I. 2014. Efecto de dos niveles de humus de lombriz, estiércol tratado y estiércol fresco en la producción de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el centro experimental de Quipaquipani, Viacha. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.
- Medina, F. 2015. Valoración agronómica del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. 'Real Blanca' por efecto de tres niveles de humus de lombriz y biol en condiciones de zonas áridas. Tesis Ing. Agrónomo. Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín.
- Medrano, A. 2018. Evaluación del comportamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con aplicación localizada con diferentes niveles de estiércol semi-descompuesto. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.
- Melgar, R.; Díaz, M. 2008. Fertilización de cultivos y pasturas. Buenos Aires, Argentina, Editorial Hemisferio Sur. 153 p.
- Mendoza, V. 2013. Comparativo de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones de costa central. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Mengel, K.; Kirkby, E. 1987. Principios de nutrición vegetal. 4 ed. Basilea, Suiza, International Potash Institute.
- MMR (Movimiento Manuela Ramos, Perú). 2007. El camino de la quinua. 1 ed. Lima, Perú, s.e. p 3.
- Mujica, A. 1993. Cultivo de quinua. Serie Manual N°11-93. Lima, Perú, INIA-DGIA.
- Mujica, A. 1997. Cultivo de quinua. Lima, Perú, INIA. 19, 24-28, 35-36 p.
- Mujica, A. 2006. Descriptores para la caracterización del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Lima, Perú, INIA. 92-94 p.

- Mullo, A. 2011. Respuesta del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a tres tipos de abonos orgánicos, con tres niveles de aplicación, bajo el sistema de labranza mínima, en la comunidad, Chacabamba Quishuar, provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Agrónomo. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Navarro, G.; Navarro, S. 2003. Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa.
- Navarro, G.; Navarro, S. 2013. Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas. Madrid, España, Mundi-Prensa. 423 p.
- Navarro, G.; Navarro, S. 2014. Fertilizantes: química y acción. Murcia, España, Mundi-Prensa. 183-186 p.
- Neyra, J. 2014. Efecto de la fertilización bioorgánica en el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Ing. Agrónomo. Tacna, Perú, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Nishikawa, J.; Morales, A. 2012. Manual de nutrición y fertilización de la quinua. CARE Perú. 1 ed. Lima, Perú, Instituto Funart.
- Oscó, S. 2009. Productividad de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con la aplicación de diferentes niveles de fertilización orgánica en la localidad de Tiwanacu. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.
- Paco, J. 2011. Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo cuatro niveles de humus de lombriz en la localidad Santiago de Llalagua. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.
- Paterson, J.; Ede, R. 1970. Suelos y abonado en horticultura. Zaragoza, España, Editorial ACRIBIA. 37-38 p.
- Porras, Z. 2015. Evaluación del sistema de riego por goteo y exudación en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el INIA - La Molina. Tesis Ing. Agrícola. Lima, Perú, UNALM.

- Porta, J.; López-Acevedo, M.; Poch, R. 2011. Introducción a la edafología: uso y protección de suelos. Madrid, España, Mundi-Prensa. 186 p.
- Quispe, G. 2001. Efecto del nivel de materia orgánica y de la fertilización con microelementos en el rendimiento del cultivo de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultigrupo Sieva bajo riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Quispe, L. 2015. Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Pasankalla en condiciones de costa central. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Repo de Carrasco, R. 2014. Valor nutricional y compuestos bioactivos en los cultivos andinos: re-descubriendo los tesoros olvidados. Lima, Perú, UNALM. 19 p.
- Risco, A. 2011. Efecto de 5 propuestas de abonamiento y dos distanciamientos entre surcos en el rendimiento y calidad de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Vilcashuaman – Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Rodríguez, J. 2008. Efecto de diferentes compost en la población microbiana del suelo y el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Perricholi en el valle del Mantaro. Tesis Mg. Sc. en Suelos. Lima, Perú, UNALM.
- Russell, E. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Madrid, España, Mundi-Prensa. 709-710 p.
- Sánchez, M. 2015. Identificación preliminar de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con mayor eficiencia en el uso de nitrógeno. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- SAS Institute. 2013. Statistical Analysis System, v9.4, [software de computadora]. North Carolina, United States. SAS Institute Inc.
- Tambo, F. 2014. Evaluación del efecto de abonos orgánicos en variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el centro experimental de Quipaquipani, Viacha. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.

- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago, Chile, FAO. 30-38, 40, 188-189 p.
- Tapia, F. 2003. Influencia de dos tecnologías de cultivo en la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) en costa. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Thompson, L.; Troeh, F. 1988. Los suelos y su fertilidad. Barcelona, España, Editorial Reverté. 302, 375, 392, 420, 424, 425 p.
- Timaná, G. 1992. Dosis y momentos de aplicación del Cycocel y su efecto frente a niveles crecientes de nitrógeno en el rendimiento de quinua (Ch. quinoa W.). Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Tintaya, J. 2011. Evaluación del efecto de niveles de abonamiento orgánico sobre la respuesta del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de riego deficitario en el altiplano sur. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés.
- Vargas, R. 2008. Influencia de cinco niveles de estiércol en el rendimiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Real Boliviana y Pandela de la localidad La Yarada. Tesis Ing. Agrónomo. Tacna, Perú, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Vásquez, V.; Gálvez, V.; Abad, R. 2016. La quinua en el Perú: tecnología, economía, mercados. Lima, Perú, UNALM. 10, 12-13 p.
- Vergara, S. 2015. Quinua peruana: “Grano de oro” que va ganando el paladar del mundo. 1 ed. Trujillo, Perú, RED LIBRE.
- Wahli, C. 1990. Quinua: hacia su cultivo comercial. Quito, Ecuador, LATINRECO. 10, 152, 153, 157 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Contenido de minerales en la quinua, otros cereales y en el frejol (ppm en base a materia seca)

Cultivo	Ca	P	Fe	K	Mg	Na	Cu	Mn	Zn
Quinua	1274	3869	120	6967	2700	115	37	75	48
Arroz	276	2845	37	2120	-	120	-	-	51
Cebada	880	4200	50	5600	1200	200	8	16	15
Frejol	1191	3674	86	10982	2000	103	10	14	32
Maíz amarillo	700	4100	21	4400	1400	900	-	-	-
Maíz blanco	500	3600	21	5200	1500	900	-	-	-
Trigo	500	4700	50	8700	1600	115	7	49	14

FUENTE: Tomado de Gómez y Eguiluz 2011:13.

ANEXO 2: Contenido de aminoácidos en granos andinos, arroz y trigo (g aminoácido/16 g N)

Aminoácido	Quinoa	Kañiwa	Kiwicha	Arroz	Trigo
Ácido aspártico	7.8	7.9	7.4	8.0	4.7
Treonina*	3.4	3.3	3.3	3.2	2.9
Serina	3.9	3.9	5.0	4.5	4.6
Ácido glutámico	13.2	13.6	15.6	16.9	31.3
Prolina	3.4	3.2	3.4	4.0	10.4
Glicina	5.0	5.2	7.4	4.1	6.1
Alanina	4.1	4.1	3.6	5.2	3.5
Valina*	4.2	4.2	3.8	5.1	4.6
Isoleucina*	3.4	3.4	3.2	3.5	4.3
Leucina*	6.1	6.1	5.4	7.5	6.7
Tirosina*	2.5	2.3	2.7	2.6	3.7
Fenilalanina*	3.7	3.7	3.7	4.8	4.9
Lisina*	5.6	5.3	6.0	3.2	2.8
Histidina*	2.7	2.7	2.4	2.2	2.0
Arginina	8.1	8.3	8.2	6.3	4.8
Metionina*	3.1	3.0	3.8	3.6	1.3
Cisteína*	1.7	1.6	2.3	2.5	2.2
Triptófano*	1.1	0.9	1.1	1.1	1.2
% N del grano	2.05	2.51	2.15	1.52	2.24
% proteína	12.8	15.7	13.4	9.5	14.0

*Aminoácidos esenciales

FUENTE: Tomado de Repo de Carrasco 2014:19.

ANEXO 3: Datos y ANVA de la altura de planta (cm)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	224.8	212.2	221.7	199.9	214.7	100.0
NPK	206.5	226.6	223.0	192.9	212.3	98.9
NPK + Ca	213.6	224.2	224.2	218.7	220.2	102.6
NPK + Ca + Micro	229.3	220.6	223.7	212.1	221.4	103.2
					217.1	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	226.4	219.2	219.4	194.7	214.9	100.0
NPK	225.2	227.1	222.6	208.9	221.0	102.8
NPK + Ca	241.5	233.7	225.1	198.2	224.6	104.5
NPK + Ca + Micro	234.8	215.7	221.1	202.5	218.5	101.7
					219.8	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	224.6	225.1	215.2	213.9	219.7	100.0
NPK	225.2	220.5	216.6	229.9	223.1	101.5
NPK + Ca	231.1	218.2	224.8	214.5	222.2	101.1
NPK + Ca + Micro	238.7	222.9	230.4	203.3	223.8	101.9
					222.2	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	2559.811	853.270	7.73	*	0.0175
Materia orgánica (M)	2	204.639	102.319	0.93	n.s.	0.4458
Error (a)	6	662.253	110.375			
Niveles nutricionales (N)	3	250.834	83.611	1.45	n.s.	0.2498
MN	6	218.305	36.384	0.63	n.s.	0.7037
Error (b)	27	1555.171	57.599			
Total	47	5451.013				
C.V.(%)				3.455		
Promedio				219.688		

ANEXO 4: Datos y ANVA del diámetro de tallo principal (mm)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	15.1	14.0	12.9	14.0	14.0	100.0
NPK	13.6	15.2	14.8	13.2	14.2	101.4
NPK + Ca	14.7	15.7	14.0	13.5	14.5	103.4
NPK + Ca + Micro	17.1	14.1	15.6	15.8	15.7	111.8
					14.6	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	14.7	13.0	12.7	13.0	13.4	100.0
NPK	16.6	16.4	15.7	14.3	15.7	117.9
NPK + Ca	18.1	15.2	15.4	14.5	15.8	118.4
NPK + Ca + Micro	19.2	16.1	14.5	15.9	16.4	123.0
					15.3	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	14.4	13.6	13.4	15.3	14.2	100.0
NPK	16.6	15.3	14.2	17.1	15.8	111.3
NPK + Ca	16.8	13.1	17.0	14.8	15.4	108.9
NPK + Ca + Micro	18.3	17.7	15.4	14.8	16.6	116.7
					15.5	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	21.247	7.082	6.47	*	0.0261
Materia orgánica (M)	2	7.510	3.755	3.43	n.s.	0.1016
Error (a)	6	6.570	1.095			
Niveles nutricionales (N)	3	34.172	11.391	8.56	**	0.0004
MN	6	6.255	1.042	0.78	n.s.	0.5905
Error (b)	27	35.934	1.331			
Total	47	111.687				
C.V.(%)				7.623		
Promedio				15.133		

ANEXO 5: Datos, ANVA y análisis de efectos simples del Área foliar (cm²/planta)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1432	1419	1229	1567	1411.6	100.0
NPK	1298	1544	2849	1937	1906.9	135.1
NPK + Ca	1911	1825	1502	1220	1614.7	114.4
NPK + Ca + Micro	1750	1273	1960	1759	1685.3	119.4
					1654.6	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1153	1163	1166	1399	1220.4	100.0
NPK	1347	2155	1850	1417	1692.4	138.7
NPK + Ca	2146	3167	2985	2371	2667.2	218.5
NPK + Ca + Micro	1971	2926	2218	2522	2409.2	197.4
					1997.3	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1895	1558	2027	1344	1705.9	100.0
NPK	1547	1693	1020	1295	1388.9	81.4
NPK + Ca	2752	3125	2658	2948	2870.8	168.3
NPK + Ca + Micro	2121	1869	2325	1634	1987.0	116.5
					1988.1	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	474572.250	158190.750	0.92	n.s.	0.4858
Materia orgánica (M)	2	1219485.042	609742.521	3.55	n.s.	0.0962
Error (a)	6	1031406.125	171901.021			
Niveles nutricionales (N)	3	6137770.917	2045923.639	17.54	**	<.0001
MN	6	4496289.958	749381.660	6.43	**	0.0003
Error (b)	27	3148511.630	116611.540			
Total	47	16508035.920				
C.V.(%)			18.164			
Promedio			1880.042			

Análisis de efectos simples

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Niveles nutricionales en m1	3	500979.000	166993.000	1.43	n.s.	0.2552
Niveles nutricionales en m2	3	5261592.000	1753864.000	15.04	**	<.0001
Niveles nutricionales en m3	3	4871490.000	1623830.000	13.93	**	<.0001
Materia orgánica en n1	2	478944.000	239472.000	2.05	n.s.	0.1478
Materia orgánica en n2	2	542417.000	271209.000	2.33	n.s.	0.117
Materia orgánica en n3	2	3637145.000	1818573.000	15.6	**	<.0001
Materia orgánica en n4	2	1057268.000	528634.000	4.53	*	0.0201
Error	27	3148511.630	116611.540			

ANEXO 6: Datos, ANVA y análisis de efectos simples de la longitud de panoja (cm)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	43.0	42.4	38.4	40.3	41.0	100.0
NPK	38.7	36.4	41.4	39.1	38.9	94.8
NPK + Ca	43.5	41.9	42.1	40.6	42.0	102.3
NPK + Ca + Micro	42.5	37.0	40.2	39.4	39.8	96.9
					40.4	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	35.3	36.1	31.1	31.8	33.6	100.0
NPK	40.2	42.0	39.2	42.2	40.9	121.8
NPK + Ca	45.7	37.1	42.1	42.1	41.8	124.4
NPK + Ca + Micro	53.3	50.6	46.2	41.8	48.0	142.9
					41.1	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	32.8	40.4	34.7	44.6	38.1	100.0
NPK	40.9	40.7	41.4	42.3	41.3	108.4
NPK + Ca	41.7	38.5	40.6	41.1	40.5	106.1
NPK + Ca + Micro	43.1	41.6	45.4	47.9	44.5	116.7
					41.1	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	17.014	5.671	0.39	n.s.	0.7667
Materia orgánica (M)	2	4.489	2.244	0.15	n.s.	0.8612
Error (a)	6	87.920	14.653			
Niveles nutricionales (N)	3	260.714	86.905	11.93	**	<.0001
MN	6	262.740	43.790	6.01	**	0.0004
Error (b)	27	196.696	7.285			
Total	47	829.573				
C.V.(%)			6.605			
Promedio			40.863			

Análisis de efectos simples

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Niveles nutricionales en m1	3	22.672	7.557	1.04	n.s.	0.3918
Niveles nutricionales en m2	3	417.375	139.125	19.10	**	<.0001
Niveles nutricionales en m3	3	83.407	27.802	3.82	*	0.0212
Materia orgánica en n1	2	112.820	56.410	7.74	**	0.0022
Materia orgánica en n2	2	13.415	6.708	0.92	n.s.	0.4104
Materia orgánica en n3	2	5.472	2.736	0.38	n.s.	0.6904
Materia orgánica en n4	2	135.522	67.761	9.3	**	0.0008
Error	27	196.696	7.285			

ANEXO 7: Datos, ANVA y análisis de efectos simples del diámetro de panoja (cm)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	12.2	10.7	11.0	12.1	11.5	100.0
NPK	14.7	13.4	12.9	13.0	13.5	117.2
NPK + Ca	15.1	15.2	15.3	14.3	15.0	130.0
NPK + Ca + Micro	14.5	12.0	14.3	13.1	13.5	117.2
					13.4	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	15.9	13.5	11.4	12.4	13.3	100.0
NPK	13.9	15.1	16.5	12.9	14.6	109.7
NPK + Ca	13.8	14.1	13.5	12.5	13.5	101.4
NPK + Ca + Micro	23.0	15.8	16.3	16.7	17.9	135.0
					14.8	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	13.6	13.6	13.3	16.5	14.3	100.0
NPK	15.4	12.4	12.2	16.4	14.1	98.9
NPK + Ca	16.9	13.9	15.4	12.7	14.7	103.4
NPK + Ca + Micro	13.1	13.4	15.8	12.5	13.7	96.0
					14.2	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	18.469	6.156	3.76	n.s.	0.0786
Materia orgánica (M)	2	17.358	8.679	5.30	*	0.0471
Error (a)	6	9.817	1.636			
Niveles nutricionales (N)	3	25.718	8.573	3.26	*	0.0369
MN	6	56.694	9.449	3.59	**	0.0096
Error (b)	27	71.064	2.632			
Total	47	199.119				
C.V.(%)			11.482			
Promedio			14.129			

Análisis de efectos simples

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Niveles nutricionales en m1	3	24.403	8.134	3.09	*	0.0438
Niveles nutricionales en m2	3	55.857	18.619	7.07	**	0.0012
Niveles nutricionales en m3	3	2.152	0.717	0.27	n.s.	0.8447
Materia orgánica en n1	2	15.607	7.803	2.96	n.s.	0.0685
Materia orgánica en n2	2	2.427	1.213	0.46	n.s.	0.6355
Materia orgánica en n3	2	5.167	2.583	0.98	n.s.	0.3877
Materia orgánica en n4	2	50.852	25.426	9.66	**	0.0007
Error	27	71.064	2.632			

ANEXO 8: Datos y ANVA del número de panojas secundarias/planta

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	27.00	26.33	28.67	25.67	26.92	100.0
NPK	22.67	23.33	23.67	21.67	22.83	84.8
NPK + Ca	22.33	27.00	24.33	23.33	24.25	90.1
NPK + Ca + Micro	23.33	30.33	25.67	20.67	25.00	92.9
					24.75	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	28.33	19.00	23.00	24.00	23.58	100.0
NPK	20.67	24.33	29.00	19.67	23.42	99.3
NPK + Ca	30.00	24.33	23.33	24.00	25.42	107.8
NPK + Ca + Micro	23.33	23.00	29.00	19.67	23.75	100.7
					24.04	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	24.67	22.67	24.67	24.67	24.17	100.0
NPK	28.33	23.67	23.33	30.33	26.42	109.3
NPK + Ca	24.33	22.00	33.00	21.00	25.08	103.8
NPK + Ca + Micro	25.67	23.33	25.33	23.33	24.42	101.0
					25.02	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	n.s.	Pr > F
Bloque	3	56.393	18.798	1.78	n.s.	0.2506
Materia orgánica (M)	2	8.185	4.093	0.39	n.s.	0.6944
Error (a)	6	63.327	10.555			
Niveles nutricionales (N)	3	4.447	1.482	0.16	n.s.	0.9241
MN	6	52.714	8.786	0.93	n.s.	0.4881
Error (b)	27	254.456	9.424			
Total	47	439.523				
C.V.(%)				12.477		
Promedio				24.604		

ANEXO 9: Datos y ANVA de la materia seca de tallo (g/planta)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	43.79	33.93	35.55	35.42	37.17	100.0
NPK	32.57	36.68	37.93	33.22	35.10	94.4
NPK + Ca	38.64	39.75	35.22	38.36	37.99	102.2
NPK + Ca + Micro	49.48	32.15	37.21	39.06	39.48	106.2
					37.44	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	37.62	28.65	30.12	30.15	31.64	100.0
NPK	39.43	41.98	43.85	35.62	40.22	127.1
NPK + Ca	61.87	41.71	46.10	43.79	48.37	152.9
NPK + Ca + Micro	64.86	34.01	36.98	31.24	41.77	132.0
					40.50	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	33.17	34.37	34.51	39.09	35.28	100.0
NPK	46.14	35.22	34.90	57.18	43.36	122.9
NPK + Ca	47.73	30.56	48.69	39.17	41.54	117.7
NPK + Ca + Micro	51.94	45.05	51.21	44.90	48.28	136.8
					42.11	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	571.262	190.421	3.60	n.s.	0.0853
Materia orgánica (M)	2	180.765	90.382	1.71	n.s.	0.2589
Error (a)	6	317.673	52.945			
Niveles nutricionales (N)	3	543.774	181.258	4.68	**	0.0093
MN	6	410.846	68.474	1.77	n.s.	0.1436
Error (b)	27	1045.512	38.723			
Total	47	3069.832				
C.V.(%)				15.551		
Promedio				40.016		

ANEXO 10: Datos, ANVA y análisis de efectos simples de la materia seca de hojas (g/planta)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	6.02	5.61	5.40	6.19	5.81	100.0
NPK	6.97	6.50	11.58	7.91	8.24	141.9
NPK + Ca	9.27	7.06	6.66	5.84	7.21	124.2
NPK + Ca + Micro	9.80	8.39	10.26	8.11	9.14	157.5
					7.60	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	4.95	4.89	5.11	5.89	5.21	100.0
NPK	6.89	10.03	8.94	7.18	8.26	158.5
NPK + Ca	11.01	16.81	11.64	12.44	12.98	249.0
NPK + Ca + Micro	8.30	13.79	10.36	12.07	11.13	213.6
					9.39	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	7.69	6.53	10.20	4.72	7.29	100.0
NPK	6.55	5.67	5.05	4.89	5.54	76.0
NPK + Ca	11.85	11.47	9.60	11.85	11.19	153.6
NPK + Ca + Micro	8.77	8.64	12.46	8.50	9.59	131.7
					8.40	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	7.915	2.638	0.47	n.s.	0.7124
Materia orgánica (M)	2	25.887	12.944	2.32	n.s.	0.1794
Error (a)	6	33.482	5.580			
Niveles nutricionales (N)	3	156.419	52.140	23.03	**	<.0001
MN	6	81.298	13.550	5.98	**	0.0004
Error (b)	27	61.130	2.264			
Total	47	366.131				
C.V.(%)			17.776			
Promedio			8.465			

Análisis de efectos simples

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Niveles nutricionales en m1	3	24.629	8.210	3.63	*	0.0255
Niveles nutricionales en m2	3	138.516	46.172	20.39	**	<.0001
Niveles nutricionales en m3	3	74.572	24.857	10.98	**	<.0001
Materia orgánica en n1	2	9.133	4.567	2.02	n.s.	0.1526
Materia orgánica en n2	2	19.585	9.793	4.33	*	0.0235
Materia orgánica en n3	2	69.762	34.881	15.41	**	<.0001
Materia orgánica en n4	2	8.705	4.353	1.92	n.s.	0.1657
Error	27	61.130	2.264			

ANEXO 11: Datos y ANVA de la materia seca de panoja (g/planta)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	78.77	69.02	60.40	62.40	67.65	100.0
NPK	57.64	63.52	73.68	75.75	67.65	100.0
NPK + Ca	70.08	82.82	59.03	75.54	71.87	106.2
NPK + Ca + Micro	101.88	56.91	79.75	78.03	79.14	117.0
					71.58	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	61.46	50.76	54.38	46.57	53.29	100.0
NPK	70.31	83.73	98.72	65.17	79.48	149.1
NPK + Ca	115.88	67.59	67.85	88.13	84.86	159.2
NPK + Ca + Micro	132.95	73.65	82.41	65.56	88.64	166.3
					76.57	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	53.20	65.27	70.57	85.12	68.54	100.0
NPK	89.65	69.19	72.44	111.53	85.70	125.0
NPK + Ca	88.46	57.53	117.12	70.02	83.28	121.5
NPK + Ca + Micro	85.98	83.31	101.30	73.69	86.07	125.6
					80.90	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	1462.553	487.518	1.61	n.s.	0.283
Materia orgánica (M)	2	696.451	348.226	1.15	n.s.	0.3776
Error (a)	6	1815.613	302.602			
Niveles nutricionales (N)	3	3087.409	1029.136	3.64	*	0.0252
MN	6	1157.701	192.950	0.68	n.s.	0.6654
Error (b)	27	7637.683	282.877			
Total	47	15857.410				
C.V.(%)			22.029			
Promedio			76.348			

ANEXO 12: Datos y ANVA de la materia seca total (g/planta)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	128.58	108.56	101.34	104.01	110.62	100.0
NPK	97.18	106.70	123.18	116.88	110.99	100.3
NPK + Ca	117.99	129.62	100.91	119.74	117.07	105.8
NPK + Ca + Micro	161.16	97.45	127.22	125.20	127.76	115.5
					116.61	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	104.03	84.30	89.61	82.61	90.14	100.0
NPK	116.63	135.74	151.51	107.97	127.96	142.0
NPK + Ca	188.75	126.11	125.59	144.36	146.20	162.2
NPK + Ca + Micro	206.11	121.45	129.75	108.87	141.55	157.0
					126.46	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	94.06	106.18	115.28	128.93	111.11	100.0
NPK	142.35	110.08	112.39	173.60	134.60	121.1
NPK + Ca	148.04	99.56	175.42	121.04	136.01	122.4
NPK + Ca + Micro	146.69	137.00	164.97	127.09	143.94	129.5
					131.42	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	3638.756	1212.919	2.26	n.s.	0.1818
Materia orgánica (M)	2	1818.683	909.341	1.69	n.s.	0.261
Error (a)	6	3220.726	536.788			
Niveles nutricionales (N)	3	8050.748	2683.583	5.30	**	0.0053
MN	6	2874.093	479.015	0.95	n.s.	0.4789
Error (b)	27	13663.887	506.070			
Total	47	33266.893				
C.V.(%)			18.021			
Promedio			124.829			

ANEXO 13: Datos y ANVA del rendimiento de grano (kg/ha)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	5242.3	5153.4	4858.6	3971.9	4806.6	100.0
NPK	3624.3	5931.4	6463.3	6910.8	5732.4	119.3
NPK + Ca	5894.9	6249.5	5014.1	5685.0	5710.9	118.8
NPK + Ca + Micro	5077.6	5066.1	5902.3	4724.4	5192.6	108.0
					5360.6	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	3482.0	6085.3	4392.9	6693.2	5163.3	100.0
NPK	6172.5	6212.2	5998.4	7052.9	6359.0	123.2
NPK + Ca	6216.7	6174.7	5825.6	6642.9	6215.0	120.4
NPK + Ca + Micro	6583.6	5229.9	7143.7	5855.1	6203.1	120.1
					5985.1	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	4065.2	3478.1	5055.1	5051.1	4412.4	100.0
NPK	6511.3	6514.6	5522.7	6061.5	6152.5	139.4
NPK + Ca	5153.7	6443.6	7329.6	6314.6	6310.4	143.0
NPK + Ca + Micro	6373.3	5771.1	6300.0	5375.7	5955.0	135.0
					5707.6	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	1802258.246	600752.749	1.88	n.s.	0.2334
Materia orgánica (M)	2	3132669.849	1566334.924	4.91	n.s.	0.0545
Error (a)	6	1913935.650	318989.270			
Niveles nutricionales (N)	3	13386453.100	4462151.030	5.87	**	0.0032
MN	6	1860399.600	310066.600	0.41	n.s.	0.8671
Error (b)	27	20512180.170	759710.380			
Total	47	42607896.600				
C.V.(%)			15.333			
Promedio			5684.431			

ANEXO 14: Datos y ANVA del número de plantas/m²

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	11.33	11.67	11.67	11.00	11.42	100.0
NPK	11.67	10.67	11.67	11.67	11.42	100.0
NPK + Ca	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	102.2
NPK + Ca + Micro	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	102.2
					11.54	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	11.67	11.33	11.67	11.33	11.50	100.0
NPK	11.33	11.67	11.67	11.00	11.42	99.3
NPK + Ca	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	101.4
NPK + Ca + Micro	10.33	11.67	11.67	11.67	11.33	98.6
					11.48	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	11.67	11.67	11.67	11.00	11.50	100.0
NPK	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	101.4
NPK + Ca	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	101.4
NPK + Ca + Micro	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	101.4
					11.63	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	n.s.	Pr > F
Bloque	3	0.271	0.090	1.47	n.s.	0.3139
Materia orgánica (M)	2	0.175	0.088	1.43	n.s.	0.311
Error (a)	6	0.368	0.061			
Niveles nutricionales (N)	3	0.271	0.090	0.96	n.s.	0.4236
MN	6	0.311	0.052	0.55	n.s.	0.7628
Error (b)	27	2.529	0.094			
Total	47	3.925				
C.V.(%)			2.650			
Promedio			11.551			

ANEXO 15: Datos y ANVA del rendimiento de grano por planta (g)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	45.64	44.60	42.05	34.96	41.81	100.0
NPK	31.37	52.66	55.94	59.81	49.94	119.4
NPK + Ca	51.02	54.09	43.39	49.20	49.42	118.2
NPK + Ca + Micro	43.94	43.84	51.08	40.89	44.94	107.5
					46.53	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	30.13	53.11	38.02	58.42	44.92	100.0
NPK	53.87	53.76	51.91	62.08	55.41	123.3
NPK + Ca	53.80	53.44	50.42	56.92	53.64	119.4
NPK + Ca + Micro	58.96	45.26	61.82	50.67	54.18	120.6
					52.04	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	35.18	30.10	43.75	44.46	38.37	100.0
NPK	56.35	56.38	47.80	52.46	53.25	138.8
NPK + Ca	44.60	55.77	63.43	54.65	54.61	142.3
NPK + Ca + Micro	55.16	49.94	54.52	46.52	51.54	134.3
					49.44	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	127.773	42.591	1.72	n.s.	0.2614
Materia orgánica (M)	2	242.873	121.437	4.91	n.s.	0.0546
Error (a)	6	148.438	24.740			
Niveles nutricionales (N)	3	983.015	327.672	5.56	**	0.0042
MN	6	145.493	24.249	0.41	n.s.	0.8649
Error (b)	27	1591.202	58.933			
Total	47	3238.794				
C.V.(%)			15.560			
Promedio			49.336			

ANEXO 16: Datos y ANVA del peso de 1000 granos (g)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	2.403	2.421	2.309	2.219	2.338	100.0
NPK	2.512	2.340	2.406	2.443	2.425	103.7
NPK + Ca	2.384	2.417	2.323	2.452	2.394	102.4
NPK + Ca + Micro	2.373	2.500	2.262	2.304	2.360	100.9
					2.379	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	2.460	2.488	2.265	2.453	2.416	100.0
NPK	2.459	2.600	2.502	2.373	2.484	102.8
NPK + Ca	2.427	2.392	2.492	2.478	2.447	101.3
NPK + Ca + Micro	2.588	2.456	2.382	2.463	2.472	102.3
					2.455	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	2.098	2.074	2.395	2.313	2.220	100.0
NPK	2.646	2.578	2.590	2.371	2.546	114.7
NPK + Ca	2.518	2.407	2.564	2.342	2.458	110.7
NPK + Ca + Micro	2.391	2.199	2.534	2.540	2.416	108.8
					2.410	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	0.012	0.004	0.20	n.s.	0.8894
Materia orgánica (M)	2	0.046	0.023	1.19	n.s.	0.3679
Error (a)	6	0.117	0.020			
Niveles nutricionales (N)	3	0.160	0.053	5.39	**	0.0049
MN	6	0.096	0.016	1.61	n.s.	0.1816
Error (b)	27	0.267	0.010			
Total	47	0.699				
C.V.(%)				4.122		
Promedio				2.415		

ANEXO 17: Datos de granulometría

Subparcela	Tamiz N° 10	Tamiz N° 12	Tamiz N° 14	Fondo
	2 mm	1.7 mm	1.4 mm	< 1.4 mm
MIN1R1	0.00	10.05	67.26	22.69
MIN1R2	0.03	11.91	65.22	22.83
MIN1R3	0.00	10.30	63.91	25.79
MIN1R4	0.08	9.41	68.77	21.74
MIN2R1	0.09	13.13	63.99	22.78
MIN2R2	0.00	7.73	56.50	35.76
MIN2R3	0.07	15.87	60.58	23.48
MIN2R4	0.04	6.86	60.05	33.04
MIN3R1	0.04	9.82	52.70	37.44
MIN3R2	0.00	7.34	45.37	47.29
MIN3R3	0.06	7.33	64.51	28.10
MIN3R4	0.37	13.44	68.80	17.39
MIN4R1	0.53	12.11	64.57	22.78
MIN4R2	0.71	9.69	66.69	22.91
MIN4R3	0.10	13.80	66.84	19.26
MIN4R4	0.19	12.82	58.51	28.48
M2N1R1	0.14	10.35	67.48	22.04
M2N1R2	0.09	16.96	61.74	21.21
M2N1R3	0.18	16.61	67.48	15.73
M2N1R4	0.27	12.22	71.30	16.21
M2N2R1	0.26	13.70	62.87	23.16
M2N2R2	0.11	17.53	63.49	18.86
M2N2R3	0.31	15.50	62.10	22.09
M2N2R4	0.12	8.24	55.92	35.72
M2N3R1	0.10	13.91	67.65	18.33
M2N3R2	0.10	12.44	63.71	23.74
M2N3R3	0.07	17.93	62.99	19.02
M2N3R4	0.03	13.04	65.73	21.19
M2N4R1	0.21	19.48	56.99	23.32
M2N4R2	0.02	7.86	64.53	27.59
M2N4R3	0.09	14.66	61.65	23.60
M2N4R4	0.13	15.99	62.34	21.54
M3N1R1	0.03	7.92	60.17	31.88
M3N1R2	0.08	7.82	66.49	25.61
M3N1R3	0.10	8.88	65.49	25.53

M3N1R4	0.07	10.83	63.80	25.30
M3N2R1	0.00	7.02	64.31	28.67
M3N2R2	0.06	8.96	65.62	25.36
M3N2R3	0.04	9.72	61.48	28.77
M3N2R4	0.05	9.59	59.66	30.70
M3N3R1	0.14	10.68	65.91	23.27
M3N3R2	0.03	9.01	64.15	26.81
M3N3R3	0.00	11.11	64.77	24.13
M3N3R4	0.10	8.04	64.17	27.70
M3N4R1	0.00	5.11	67.66	27.23
M3N4R2	0.02	6.18	67.15	26.65
M3N4R3	0.05	11.89	64.72	23.34
M3N4R4	0.08	10.51	59.33	30.09

ANEXO 18: Datos y ANVA de las proteínas en grano (%)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	13.7	13.6	13.3	12.7	13.3	100.0
NPK	14.9	13.4	13.9	13.7	14.0	104.9
NPK + Ca	13.9	13.5	14.2	12.8	13.6	102.1
NPK + Ca + Micro	13.1	14.2	12.4	12.5	13.1	97.9
					13.5	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	14.3	13.3	11.4	12.9	13.0	100.0
NPK	13.8	13.7	14.5	13.1	13.8	106.2
NPK + Ca	14.3	13.6	13.7	13.3	13.7	105.8
NPK + Ca + Micro	13.8	13.9	14.1	12.8	13.7	105.2
					13.5	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	13.4	13.5	13.5	13.1	13.4	100.0
NPK	14.5	13.4	13.5	13.3	13.7	102.2
NPK + Ca	13.7	12.6	13.6	13.9	13.5	100.6
NPK + Ca + Micro	13.2	12.5	13.4	13.5	13.2	98.3
					13.4	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	n.s.	Pr > F
Bloque	3	3.426	1.142	3.61	n.s.	0.0846
Materia orgánica (M)	2	0.115	0.058	0.18	n.s.	0.8376
Error (a)	6	1.896	0.316			
Niveles nutricionales (N)	3	2.687	0.896	2.62	n.s.	0.0712
MN	6	1.430	0.238	0.70	n.s.	0.6543
Error (b)	27	9.231	0.342			
Total	47	18.785				
C.V.(%)				4.338		
Promedio				13.477		

ANEXO 19: Datos y ANVA de las saponinas en grano (%)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1.05	1.37	1.23	1.05	1.17	100.0
NPK	1.26	1.13	1.10	1.31	1.20	102.3
NPK + Ca	1.53	0.99	1.26	1.39	1.29	110.3
NPK + Ca + Micro	1.34	1.93	1.15	1.39	1.45	123.9
					1.28	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1.45	1.47	1.66	1.34	1.48	100.0
NPK	1.07	1.47	1.74	0.99	1.32	89.2
NPK + Ca	1.66	1.66	1.53	1.74	1.65	111.3
NPK + Ca + Micro	1.77	1.45	1.66	1.77	1.66	112.2
					1.53	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1.47	1.15	1.63	1.53	1.45	100.0
NPK	1.58	1.69	1.53	1.63	1.61	111.1
NPK + Ca	1.79	1.66	1.53	1.42	1.60	110.6
NPK + Ca + Micro	1.53	1.53	1.45	1.37	1.47	101.4
					1.53	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	0.020	0.007	0.27	n.s.	0.8481
Materia orgánica (M)	2	0.660	0.330	13.38	**	0.0061
Error (a)	6	0.148	0.025			
Niveles nutricionales (N)	3	0.272	0.091	2.07	n.s.	0.1278
MN	6	0.320	0.053	1.22	n.s.	0.3267
Error (b)	27	1.182	0.044			
Total	47	2.602				
C.V.(%)				14.470		
Promedio				1.446		

ANEXO 20: Datos y ANVA de la eficiencia de uso de agua (kg/m³)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1.8378	1.8067	1.7033	1.3924	1.6851	100.0
NPK	1.2706	2.0794	2.2659	2.4227	2.0096	119.3
NPK + Ca	2.0666	2.1909	1.7578	1.9930	2.0021	118.8
NPK + Ca + Micro	1.7801	1.7760	2.0692	1.6562	1.8204	108.0
					1.8793	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1.2207	2.1334	1.5400	2.3465	1.8101	100.0
NPK	2.1639	2.1778	2.1029	2.4726	2.2293	123.2
NPK + Ca	2.1794	2.1647	2.0423	2.3288	2.1788	120.4
NPK + Ca + Micro	2.3080	1.8335	2.5044	2.0526	2.1746	120.1
					2.0982	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1.4252	1.2193	1.7722	1.7708	1.5469	100.0
NPK	2.2827	2.2839	1.9361	2.1250	2.1569	139.4
NPK + Ca	1.8067	2.2590	2.5696	2.2138	2.2123	143.0
NPK + Ca + Micro	2.2343	2.0232	2.2086	1.8846	2.0877	135.0
					2.0009	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	0.222	0.074	1.88	n.s.	0.2334
Materia orgánica (M)	2	0.385	0.193	4.91	n.s.	0.0545
Error (a)	6	0.235	0.039			
Niveles nutricionales (N)	3	1.645	0.548	5.87	**	0.0032
MN	6	0.229	0.038	0.41	n.s.	0.8671
Error (b)	27	2.521	0.093			
Total	47	5.237				
C.V.(%)				15.334		
Promedio				1.993		

ANEXO 21: Datos y ANVA del coeficiente de transpiración (L/kg)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	176.2	202.7	217.1	224.4	205.1	100.0
NPK	226.4	225.6	178.6	188.3	204.7	99.8
NPK + Ca	186.5	169.8	218.1	183.8	189.5	92.4
NPK + Ca + Micro	136.5	225.8	173.0	175.8	177.8	86.7
					194.3	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	211.5	268.7	245.6	274.2	250.0	100.0
NPK	194.2	162.1	145.2	216.1	179.4	71.8
NPK + Ca	116.6	174.5	175.2	152.4	154.7	61.9
NPK + Ca + Micro	120.5	181.2	169.6	202.1	168.4	67.3
					188.1	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	234.0	207.2	190.9	181.0	203.3	100.0
NPK	154.6	199.9	195.8	126.8	169.3	83.3
NPK + Ca	148.6	221.0	125.4	181.8	169.2	83.3
NPK + Ca + Micro	150.0	160.6	133.4	173.1	154.3	75.9
					174.0	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	5439.098	1813.033	2.48	n.s.	0.1582
Materia orgánica (M)	2	3457.850	1728.925	2.37	n.s.	0.1746
Error (a)	6	4382.013	730.335			
Niveles nutricionales (N)	3	20521.002	6840.334	8.66	**	0.0003
MN	6	8387.070	1397.845	1.77	n.s.	0.1431
Error (b)	27	21317.754	789.546			
Total	47	63504.787				
C.V.(%)			15.150			
Promedio			185.467			

ANEXO 22: Datos y ANVA del índice de cosecha (%)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	30.525	35.331	35.682	28.908	32.612	100.0
NPK	27.756	42.444	39.051	44.007	38.314	117.5
NPK + Ca	37.183	35.883	36.981	35.337	36.346	111.5
NPK + Ca + Micro	23.448	38.691	34.529	28.085	31.188	95.6
					34.615	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	24.911	54.179	36.485	60.816	44.098	100.0
NPK	39.722	34.062	29.466	49.448	38.175	86.6
NPK + Ca	24.513	36.442	34.524	33.909	32.347	73.4
NPK + Ca + Micro	24.601	32.049	40.977	40.027	34.413	78.0
					37.258	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	32.168	24.381	32.638	29.657	29.711	100.0
NPK	34.045	44.047	36.574	25.987	35.163	118.4
NPK + Ca	25.910	48.172	31.099	38.830	36.003	121.2
NPK + Ca + Micro	32.337	31.350	28.423	31.482	30.898	104.0
					32.944	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	n.s.	Pr > F
Bloque	3	503.150	167.717	2.54	n.s.	0.1527
Materia orgánica (M)	2	151.433	75.717	1.15	n.s.	0.3786
Error (a)	6	396.081	66.014			
Niveles nutricionales (N)	3	157.977	52.659	1.16	n.s.	0.3439
MN	6	406.783	67.797	1.49	n.s.	0.2189
Error (b)	27	1227.831	45.475			
Total	47	2843.256				
C.V.(%)			19.301			
Promedio			34.939			

ANEXO 23: Datos, ANVA y análisis de efectos simples del índice de área foliar (m²/m²)

M1: 0 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1.6227	1.6551	1.4336	1.7240	1.6088	100.0
NPK	1.5141	1.6471	3.3238	2.2594	2.1861	135.9
NPK + Ca	2.2301	2.1293	1.7527	1.4233	1.8839	117.1
NPK + Ca + Micro	2.0416	1.4849	2.2863	2.0520	1.9662	122.2
					1.9112	

M2: 10 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	1.3453	1.3185	1.3608	1.5852	1.4025	100.0
NPK	1.5271	2.5146	2.1579	1.5587	1.9396	138.3
NPK + Ca	2.5032	3.6954	3.4824	2.7659	3.1117	221.9
NPK + Ca + Micro	2.0366	3.4137	2.5877	2.9420	2.7450	195.7
					2.2997	

M3: 20 t/ha compost

Nivel nutricional	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	% de incrementos
Testigo	2.2112	1.8175	2.3645	1.4779	1.9678	100.0
NPK	1.8045	1.9757	1.1900	1.5112	1.6204	82.3
NPK + Ca	3.2107	3.6456	3.1014	3.4395	3.3493	170.2
NPK + Ca + Micro	2.4746	2.1799	2.7123	1.9059	2.3182	117.8
					2.3139	

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Bloque	3	0.770	0.257	0.94	n.s.	0.4785
Materia orgánica (M)	2	1.670	0.835	3.05	n.s.	0.1217
Error (a)	6	1.641	0.273			
Niveles nutricionales (N)	3	8.751	2.917	17.36	**	<.0001
MN	6	5.794	0.966	5.75	**	0.0006
Error (b)	27	4.536	0.168			
Total	47	23.161				
C.V.(%)			18.845			
Promedio			2.175			

Análisis de efectos simples

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal		Pr > F
Niveles nutricionales en m1	3	0.683	0.228	1.36	n.s.	0.2775
Niveles nutricionales en m2	3	7.170	2.390	14.23	**	<.0001
Niveles nutricionales en m3	3	6.692	2.231	13.28	**	<.0001
Materia orgánica en n1	2	0.655	0.327	1.95	n.s.	0.162
Materia orgánica en n2	2	0.644	0.322	1.92	n.s.	0.1667
Materia orgánica en n3	2	4.949	2.474	14.73	**	<.0001
Materia orgánica en n4	2	1.217	0.608	3.62	*	0.0404
Error	27	4.536	0.168			

ANEXO 24: Costos de producción de quinua La Molina 89, tratamiento “M3N4”

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA QUINUA				
Cultivo: Quinua	Lugar: La Molina, Lima		Rdto total:	
Variedad: La Molina 89	Sistema de riego: por goteo (2852.5 m ³)		5955.0 kg/ha	
Periodo vegetativo: 160 días	Época de siembra: Agosto 2017 - Enero 2018		Precio de venta unitario:	
Fertilización: (120 N - 60 P ₂ O ₅ - 120 K ₂ O - 80 CaO - 12 Fe - 8 Mn - 6 Zn) kg/ha			S/. 5.00/kg	
Densidad de plantas: 160,000	Nivel tecnológico: Media - Alta			
RUBROS	Unidad de medida	Cantidad por ha	Precio unitario (S/.)	Costo total (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS				19214.22
INSUMOS				9757.74
Semillas				60.00
Certificadas común	kg	3	20.0	60.00
Fertilizantes - Abonos				8513.49
Nitrato de amonio	kg	215.8	1.1	237.38
Ácido fosfórico	kg	113.2	5.0	566.00
Sulfato de potasio	kg	235.3	2.0	470.60
Nitrato de calcio	kg	307.7	2.6	800.02
Sulfato de hierro	kg	60	3.8	228.00
Sulfato de zinc	kg	26.9	2.2	59.18
Sulfato de manganeso	kg	25.2	3.8	95.76
Quelato	kg	1.74	32.5	56.55
Compost	kg	20000	0.3	6000.00
Pesticidas				1184.25
Metalaxil + mancozeb	kg	7.5	90.0	675.00
Abamectina	L	1.2	92.0	110.40
Metomil	kg	0.9	140.0	126.00
Alfacipermetrina	L	1.2	65.0	78.00
Imidacloprid	L	1.05	105.0	110.25
Clorpirifos	L	1.8	35.0	63.00
Coadyuvante	L	1.2	18.0	21.60
MANO DE OBRA				2700.00
Preparación de terreno				450.00
Mantenimiento de sistema de riego	Jornal	2	45.0	90.00
Nivelación del terreno	Jornal	8	45.0	360.00
Siembra				405.00
Siembra	Jornal	9	45.0	405.00
Labores culturales				1305.00
Riegos	Jornal	5	45.0	225.00
Fertirrigación	Jornal	2	45.0	90.00
Deshierbo y raleo	Jornal	15	45.0	675.00
Aplicaciones fitosanitarias	Jornal	7	45.0	315.00
Cosecha				540.00
Siega	Jornal	6	45.0	270.00

Traslado de plantas	Jornal	6	45.0	270.00
MECANIZACIÓN				1430.00
Preparación del terreno				1150.00
Aradura	Hora - máquina	4	115.0	460.00
Rastra y nivelado	Hora - máquina	4	115.0	460.00
Aporque	Hora - máquina	2	115.0	230.00
Cosecha				280.00
Trilla y venteado	Hora - máquina	4	50.0	200.00
Ensayado y cosido	Hora - máquina	2	40.0	80.00
OTROS GASTOS				5326.48
Sistema de riego + Instalación (10 campañas)	Unidad	0.1	13121.0	1312.10
Malla antipájaros (10 campañas)	ha	0.1	11865.0	1186.50
Alquiler de terreno	ha	1	2400.0	2400.00
Suministro total de agua	m ³	2,852.50	0.15	427.88
II. COSTOS INDIRECTOS				4227.13
Costos financieros	%	7	19214.22	1345.00
Gastos administrativos	%	10	19214.22	1921.42
Imprevistos	%	5	19214.22	960.71
III. COSTO TOTAL POR HECTÁREA				23441.34
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Valor Bruto de la Producción (Rdto. x 5.00)				29775.00
Utilidad Neta				6333.66
Índice de Rentabilidad (%)				27.02