

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“SISTEMAS DE RIEGO Y NIVELES DE NITRÓGENO EN EL
RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) var.
LA MOLINA 89”**

Presentada por:

ALCIDES RUBÉN CELIS MARTÍNEZ

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

Lima- Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“SISTEMAS DE RIEGO Y NIVELES DE NITRÓGENO EN EL
RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) var.
LA MOLINA 89”**

Presentada por:

ALCIDES RUBÉN CELIS MARTÍNEZ

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Dra.Luz Gómez Pando
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Lorenzo Hurtado Leo
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Amelia Huaranga Joaquín
MIEMBRO

Dr. Jorge Jiménez Dávalos
MIEMBRO

Lima - Perú
2018

DEDICATORIA

Dedico este ensayo de investigación a mi madre por su gran amor y comprensión en cada etapa de mi vida. A mi padre por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres quienes hasta el día de hoy están conmigo y puedo disfrutar de su compañía.
A mi hermana Meril a quien la estimo y quiero bastante. A mi hermano Sadi por su gran apoyo.

Al Ing. Lorenzo Hurtado, mi patrocinador de tesis, quien fue mi profesor y guía.

A todos mis amigos quienes con gran esfuerzo decidieron apoyarme en las distintas etapas de la realización de este ensayo.

INDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	3
2.1. Características de calidad de la quinua.....	3
2.2. Características agronómicas de la quinua	7
2.3. Relaciones hídricas en el crecimiento de las plantas.	13
2.4. Nitrógeno y nutrición de la planta de quinua	16
2.5. Sistemas y métodos de riego	18
III. MATERIALES Y METODOS	25
3.1. Materiales.....	25
3.1.1. Ubicación del campo experimental	25
3.1.2. Características físico-químicas del suelo	25
3.1.3. Características del agua de riego	27
3.1.4. Características del clima en la zona experimental	30
3.1.5. Variedad de quinua La Molina 89	30
3.1.6. Fuente de fertilizantes.....	30
3.1.7. Sistema de riego por goteo	30
3.1.8. Registro de la humedad del suelo.....	31
3.1.9. Curva característica de humedad	31
3.1.10. Otros materiales	31
3.2. Metodos	32
3.2.1. Programación del riego en riego en superficie por surcos y localizado- goteo.....	33
3.2.2. Niveles de la fertilización nitrogenada.....	33
3.2.3. Registro de la humedad del suelo.....	35
3.2.4. Curva característica de humedad	35
3.2.5. Características del campo experimental	37
3.2.6. Factores en estudio	38
3.2.7. Diseño experimental	38
3.2.8. Evaluaciones experimentales.....	39
3.2.9. Componentes del rendimiento.....	40
3.2.10. Variables de crecimiento del cultivo	41
3.2.11. Parámetros Agronómicos del cultivo de quinua.....	41

3.2.12.	Características de calidad del grano.....	42
3.2.13.	Conducción del experimento	44
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1.	Parámetros agronómicos y programación del riego en la variedad de quinua La Molina 89.....	48
4.1.1.	Resultados generales de cinco niveles de nitrógeno en quinua por sistema de riego. 48	
4.1.2.	Parámetros agronómicos del cultivo de quinua.....	50
4.1.3.	Fenología del cultivo de quinua y uso-consumo de agua de riego.....	56
4.1.4.	Momentos y niveles del riego en el cultivo de quinua	57
4.1.5.	Determinación de la humedad del suelo por sistema de riego.....	60
4.2.	Variables de crecimiento del cultivo de quinua	62
4.3.	Materia seca total y componentes	68
4.4.	Componentes del rendimiento de grano de quinua.....	74
4.5.	Rendimiento de grano - quinua (kg/ha-14% humedad)	81
4.6.	Características de la calidad de grano.....	85
4.7.	Parámetros agronómicos del cultivo de quinua var. La Molina 89	90
V.	ANÁLISIS AGRO-ECONÓMICO.....	97
VI.	CONCLUSIONES.....	99
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	101
VIII.	ANEXOS	107

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de aminoácidos (aa) en las proteínas de quinua, cañihua, kiwicha y trigo.	3
Cuadro 2. Requerimientos de humedad y temperatura según los grupos agroecológicos de quinua.....	6
Cuadro 3. Fases del cultivo de quinua.....	11
Cuadro 4. Requerimiento medioambiental del cultivo de quinua.	12
Cuadro 5. Superficie agrícola bajo un tipo de riego, según región natural (ha).....	19
Cuadro 6. Rendimientos obtenidos con una práctica mejorada de riego, basada en las condiciones de suelo-cultivo y clima comparado con el riego tradicional.....	21
Cuadro 7. Análisis de caracterización del suelo.....	26
Cuadro 8. Análisis de agua de riego.....	28
Cuadro 9. Variables climatológicas de la zona experimental.....	29
Cuadro 10. Porcentaje de macronutrientes en fertilizantes usados en el estudio	30
Cuadro 11. Cantidad de fertilizantes según niveles en estudio.	34
Cuadro 12. Programa de actividades de fertilización.....	34
Cuadro 13. Sistemas de riego.....	38
Cuadro 14. Niveles de nitrógeno en estudio.....	38
Cuadro 15. Conducción del ensayo.....	47
Cuadro 16. Resultados y parámetros agronómicos por nivel de nitrógeno en riego por Riego en superficie por surcos	54
Cuadro 17. Resultados y parámetros agronómicos por nivel de nitrógeno en riego localizado por goteo.....	55
Cuadro 18. Requerimiento de riego por estado Fenológico del cultivo de quinua en el sistema de riego en superficie por surcos.....	58
Cuadro 19. Requerimiento de riego por estado Fenológico del cultivo de quinua en el sistema de riego localizado-goteo.	59

Cuadro 20. Muestreo de humedad del suelo en diferentes estados fenológicos del cultivo de la quinua.....	61
Cuadro 21. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en las variables de crecimiento del cultivo de quinua, var. La molina 89.....	64
Cuadro 22. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en la materia seca de quinua var. La Molina 89.	70
Cuadro 23. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en los componentes del rendimiento de quinua, var. La molina 89.....	76
Cuadro 24. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en el rendimiento del grano de quinua, var. La molina 89.	83
Cuadro 25. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en las características de la calidad del grano, var. La molina 89.	87
Cuadro 26. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en los parámetros agronómicos del cultivo de quinua, var. La Molina 89.	92
Cuadro 27. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en el análisis agroeconómico del cultivo de quinua.....	98

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva Característica de Humedad Textura del Suelo: Franco Arenoso	36
Figura 2. Disposición de las parcelas experimentales del ensayo.	46
Figura 3. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en la altura de planta de quinua, variedad La Molina 89.	65
Figura 4. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el área foliar de quinua, variedad La Molina 89.	66
Figura 5. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el diámetro de tallo de quinua, variedad La Molina.	67
Figura 6. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en la materia seca de quinua, variedad La Molina 89.	71
Figura 7. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en la materia seca de panoja de quinua, variedad La Molina 89.	72
Figura 8. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en la materia seca total de quinua, variedad La Molina 89.	73
Figura 9. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el número de plantas por metro cuadrado de quinua, variedad La Molina 89.	77
Figura 10. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el peso de 1000 semillas de quinua, La Molina 89.	78
Figura 11. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el tamaño de grano mayor a 1.4 mm de quinua, La Molina 89.	79
Figura 12. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el tamaño de grano mayor a 1.2 mm de quinua, La Molina 89.	80
Figura 13. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el rendimiento de grano de quinua, variedad La Molina 89.	84
Figura 14. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el porcentaje de proteínas en quinua, variedad La Molina 89.	88
Figura 15. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el porcentaje de saponinas de quinua, variedad La Molina 89.	89
Figura 16. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el en el índice de cosecha de quinua, variedad La Molina 89.	93
Figura 17. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en la eficiencia del uso de agua de quinua, variedad La Molina.	94

Figura 18. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el coeficiente de transpiración de quinua, variedad La Molina 89.	95
Figura 19. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el índice de área foliar de quinua, La Molina 89.	96

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (cm).....	107
Anexo 2. Diámetro de tallo (cm).....	108
Anexo 3. Peso de 1000 semillas (gr).....	109
Anexo 4. Porcentaje de saponinas (%).....	110
Anexo 5. Porcentaje de proteínas (%).....	111
Anexo 6. Plantas por M2.....	112
Anexo 7. Número de tallos por planta (gr/planta).....	113
Anexo 8. Peso seco total (gr/planta).....	114
Anexo 9. Peso seco de tallos (gr/planta).	116
Anexo 10. Peso seco de panojas (gr/planta).....	117
Anexo 11. Área foliar (cm ² /planta).	118
Anexo 12. Rendimiento de grano (kg/ha)	119
Anexo 13. Tamaño de grano mayores a 1.4 mm (kg/ha)	120
Anexo 14. Tamaño de grano mayores a 1.2 mm (kg/ha)	121
Anexo 15. Índice de cosecha (%).....	122
Anexo 16. . Eficiencia del uso de agua (kg/m ³)	123
Anexo 17. Coeficiente de transpiración (CT-l/kg).....	125
Anexo 18. Índice de área foliar (m ² /m ²)	126
Anexo 19. Costo de producción	127

RESUMEN

El experimento se realizó en la Unidad experimental en Riego, del Departamento Académico de Suelos de la Universidad Agraria La Molina de Setiembre 2015 a Febrero 2016. Se estudió la respuesta del rendimiento del cultivo de quinua var. La Molina 89, comparando dos sistemas de riego, en superficie por surcos (S1) y localizado por goteo (S2), bajo cinco niveles de nitrógeno; 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha de nitrógeno y un testigo no fertilizado con nitrógeno.

El diseño experimental empleado en el presente trabajo de investigación fue de parcelas divididas. Los niveles de nitrógeno fueron dispuestos aleatoriamente en subparcela dentro de cada parcela y los sistemas de riego dispuestos en parcelas dentro de cada bloque.

Para sistemas de riego y para niveles de nitrógeno, las medias del rendimiento de quinua grano fueron estadísticamente diferentes. Por goteo, la media fue de 3,367 kg/ha de quinua grano, con un incremento porcentual del 34.4% respecto al rendimiento por surcos con una media de 2,503 kg/ha de quinua grano. Para niveles de nitrógeno, el mayor rendimiento fue de 3,835 kg/ha que caracteriza a 120 kg/ha N con incrementos del 93.9% respecto de 200 kg/ha de N que presenta el menor rendimiento con 1,986 kg/ha de grano quinua, y con 46.4 % respecto del testigo no fertilizado con nitrógeno. En general, el máximo rendimiento de quinua se presenta bajo goteo a nivel de 120 kg/ha de N con 4,432 kg/ha de quinua grano.

La respuesta de la calidad de quinua-grano de la var. La Molina 89, indica que los mayores porcentajes de proteínas en ambos sistemas de riego, se observan a nivel de 120 kg/ha de N, con 18.5%, diferente estadísticamente al testigo no fertilizado con 16.1%. Asimismo, el porcentaje de saponinas en grano con 1.6%, estadísticamente similares para sistemas de riego y por niveles de nitrógeno, clasifica a la Molina 89 dentro de las quinuas amargas. La materia seca total presentó resultados estadísticamente diferentes en ambos sistemas de riego. Por goteo fue de 57,5 g/planta con incrementos de 33.8% respecto a surcos. Asimismo, para niveles de nitrógeno la materia seca total se incrementó conforme se elevó el nivel aplicado, el valor más alto se presentó a nivel de 120 kg/ha de N con 65.1 g/planta, estadísticamente diferente de todos los niveles en estudio y con incrementos de 50.3% respecto del testigo no fertilizado con nitrógeno. Y de 70.9% respecto de 200 kg/ha de N.

Con un requerimiento de riego por goteo de 3,815 m³/ha y por surcos de 7,366.8 m³/ha los parámetros agronómicos, eficiencia de uso de agua (EUA), índice de cosecha (IC%) y índice de área foliar (IAF), presentan diferencias estadísticas por sistemas de riego y por niveles de nitrógeno. En la EUA del riego por goteo presenta un valor de 0.881 kg/m³ que supera al EUA por surcos con un valor de 0.339 kg/m³, en 158%. La respuesta para nitrógeno indica que la menor EUA caracteriza a 200 kg/ha N con un valor de 0.394 kg/m³ y el mayor valor en 120 kg/ha N con 0.790 kg/m³. Con un incremento porcentual de 62 % con respecto del testigo y 100.5% con respecto de 200 kg/ha de N.

Palabras clave: nitrógeno, sistema de riego, fertilización, quinua

ABSTRACT

The experiment was carried out at the Experimental Irrigation Unit, belonging to the Soil Academic Department of “La Molina” National Agrarian University from September 2015 to February 2016. The subject of study was the response of the quinoa crop var. La Molina 89, comparing two irrigation systems, on the surface by furrows (S1) and localized by dripping (S2), under five nitrogen levels; 40, 80, 120, 160 and 200 kg / ha of nitrogen and a control not fertilized with nitrogen.

The statistical design used in the investigation was split plots. The nitrogen levels were randomly distributed in subplots within each plot and the irrigation systems available in plots within each block.

For irrigation systems and nitrogen levels, the means of yield of quinoa grain were statistically different. By drip, the average was of 3,367 kg / ha of quinoa grain, with a percentage increase of 34.4% with respect to the yield per furrows with an average of 2,503 kg / ha of quinoa grain. For Nitrogen Levels, the highest yield of 3.835 kg / ha that characterizes 120 kg / ha N with increases of 93.9% compared to 200 kg / ha of N that presents the lowest yield with 1.986 kg / ha of quinoa grain, and with 46.4% respect of the control not fertilized with nitrogen. In general, the maximum yield of quinoa is presented under a level of 120 kg / ha of N with 4,432 kg / ha of quinoa grain.

The answer of the quality of the quinoa-grain of the var. La Molina 89, indicates that the largest percentages of protein in both irrigation systems, was observed a level of 120 kg / ha of N, with 18.5%, statistically different to the non-fertilized control with 16.1%. Also, the percentage of saponins in grain with 1.6%, statistically similar for irrigation systems and nitrogen levels, classification to the Molina 89 within the bitter quinoa.

The total dry matter presented statistically different results in both irrigation systems. By drip was 57.5 g / plant with increases of 33.8% with respect to furrows. Also, for nitrogen levels the total dry matter increased as the applied level was increased, the highest value was presented at the level of 120 kg / ha of N with 65.1 g / plant, statistically different from all the levels under study and with increments of 50.3% with respect to the control not fertilized with nitrogen. And of 70.9% with respect to 200 kg / ha of N.

With a drip irrigation requirement of 3,815 m³ / ha and by furrows of 7,366.8 m³ / ha the agronomic parameters, water use efficiency (EUA), harvest index (IC%) and leaf area index (IAF), present statistical differences by irrigation systems and by nitrogen levels.

In the EUA of drip irrigation presents a value of 0.881 kg / m³ that exceeds the EUA by furrows with a value of 0.339 kg / m³, in 158%. The response for nitrogen indicates that the lowest EUA characterizes 200 kg / ha N with a value of 0.394 kg / m³ and the highest value in 120 kg / ha N with 0.790 kg / m³. With a percentage increase of 62% with respect to the control and 100.5% with respect to 200 kg / ha of N.

Key words: nitrogen, system of irrigation, fertilization, quinoa.

I. INTRODUCCION

Perú en el contexto latinoamericano, se constituye en el segundo país exportador de quinua, después de Bolivia. En la parte de la sierra alta estos cultivos son utilizados como principal insumo de la canasta familiar. Conociendo sus propiedades nutritivas se establecieron variedades fitomejoradas para la adaptación de este cultivo en la costa peruana. Esta introducción a un clima totalmente diferente al de la sierra tuvo un gran éxito y con altos niveles de rendimiento.

Sin embargo, la agricultura de la costa bajo riego continuo, implica el manejo eficiente del recurso hídrico, escaso y caro hoy en día, del cual depende el éxito económico de la actividad productiva. De otra parte, la tecnología de riego implica en lograr la reposición uniforme de agua a lo largo de toda la unidad de riego, lo cual permita que las plantas alcancen uniformemente su potencial de producción. Por ese motivo el aumento de rendimientos que pueden generar estas prácticas, debe considerarse como un medio práctico para obtener el aumento de producción, sino también para lograr el alivio de la pobreza de los productores rurales de esas zonas.

De otro lado, la gran variabilidad de interacciones agua – nitrógeno sobre el rendimiento de los cultivos es de tal magnitud que la producción puede ser aumentada, disminuida o no ser afectada, dependiendo del nivel de nitrógeno disponible del suelo y de la cantidad de agua de riego. La Ley de acción del Nitrógeno como factor de crecimiento demuestra que es el elemento de eficacia más elevada, es decir, el que con un mismo peso asegura el mayor aumento relativo de rendimiento.

En las diferentes regiones del Perú, se ha venido extendiendo el uso de variedades mejoradas de quinua y de tecnologías validadas para elevar la productividad local, sin embargo, para poder explotar al máximo el potencial de rendimiento de la quinua en la costa, es necesario complementar el uso de prácticas agronómicas especiales que garanticen un adecuado crecimiento y de rendimientos adecuados, para lo cual es necesario el manejo eficiente del riego y de la fertilización.

Según (MINAGRI 2013), los distintos productores de diversas zonas se ven afectados por el aislamiento geográfico con poca información a nivel productivo y comercial, falta

de infraestructura para almacenamiento, bajo volumen de producción, Ausencia valor agregado, baja capacidad de negociación, precio aceptante y falta de financiamiento.

Este proyecto trata, por tanto, de comparar dos sistemas de riego; por superficie por surcos y localizado por goteo y de determinar la respuesta de la fertilización nitrogenada en relación a cada particular tecnología de riego.

OBJETIVOS

1. Comparar sistemas de riego en superficie por surcos y localizado por goteo en el crecimiento y rendimiento de quinua.
2. Determinar los efectos de interacción del nivel de fertilización nitrogenada, bajo dos sistemas de riego, en superficie por surcos y localizado por goteo.
3. Determinar los parámetros agronómicos del cultivo de quinua var. La Molina 89, bajo dos sistemas de riego.

II. MARCO TEORICO

2.1. Características de calidad de la quinua.

La quinua es una planta alimenticia que fue cultivada ampliamente en la región andina por culturas precolombinas desde hace unos 5000 años y utilizada en la dieta de los pobladores tanto de valles interandinos, zonas más altas y frías, como de altiplanos bolivianos, peruanos, ecuatorianos y argentinos. Crece desde el nivel del mar en el Perú, hasta los 4000 m de altitud en los Andes, encontrándose la mayor superficie cultivada a partir de los 2500 m (Mujica, 1992).

Cuadro 1. Contenido de aminoácidos (aa) en las proteínas de quinua, cañihua, kiwicha y trigo.

Aminoácidos (aa)	Patrón de aminoácidos (requerimientos de aa FAO)	Contenido de aminoácidos (mg/g proteínas)			
		Quinua	cañihua	kiwicha	Trigo
	mg/g de proteínas				
Isoleucina	28	69	64	52	-
Leucina	66	67	58	46	-
Lisina	58	68	59	67	29
Metionina + cistina	25	33	16	35	15
Fenilalanina + tirosina	63	40	35	63	-
Treonina	34	45	47	51	29
Triptófano	11	13	8	11	11
Valina	35	35	45	45	-
Histidina	19	30	-	22	-

Fuente: Tapia (1997).

En el aspecto nutricional, en los granos de quinua se presentan los siguientes elementos:

Los carbohidratos de las semillas de quinua contienen entre un 58 y 68% de almidón y un 5% de azúcares, lo que la convierte en una fuente óptima de energía que se libera en el organismo de forma lenta por su importante cantidad de fibra (Llorente J.R., 2008).

En cuanto a las proteínas, la literatura en nutrición humana indica que sólo cuatro aminoácidos esenciales probablemente limiten la calidad de las dietas humanas mixtas. Estos aminoácidos son la lisina, la metionina, la treonina y el triptófano. Es así que, si se compara el contenido de aminoácidos esenciales de la quinua con el trigo y arroz, se puede apreciar su gran ventaja nutritiva: por ejemplo, para el aminoácido lisina, la quinua tiene 5,6 gramos de aminoácido/ 16 gramos de nitrógeno, comparados con el arroz que

tiene 3,2 y el trigo 2,8 (**Repo-Carrasco, 1993**). Entre el 16 y el 20% del peso de una semilla de quinua lo constituyen proteínas de alto valor biológico, entre ellas todos los aminoácidos, incluidos los esenciales, es decir, los que el organismo es incapaz de fabricar y por tanto requiere ingerirlos con la alimentación. Los valores del contenido de aminoácidos en la proteína de los granos de quinua cubren los requerimientos de aminoácidos recomendados para niños en edad preescolar, escolar y adultos (**FAO/OMS/UNU, 1985**).

Es importante recalcar la cantidad relativamente alta de aceite en la quinua, aspecto que ha sido muy poco estudiado, que la convierte en una fuente potencial para la extracción de aceite (**Repo-Carrasco et al., 2001**). Estudios realizados en el Perú al determinar el contenido de ácidos grasos encontraron que el mayor porcentaje de ácidos grasos presentes en este aceite es el Omega 6 (ácido linoleico), siendo de 50,24% para quinua, valores muy similares a los encontrados en el aceite de germen de maíz, que tiene un rango de 45 a 65% (**FAO, 2011**). Según (**Przybylski et al., 1994**), encontraron que el ácido linoleico era el principal ácido graso (56%) en la quinua, seguido por el ácido oleico (21,1%) y el ácido palmítico (9,6%). Según estos autores, el 11,5% de los ácidos grasos totales de la quinua son saturados.

Según (**FAO, 2011**) Las sales y minerales que poseen los granos de quinua son: calcio, hierro, fósforo, magnesio, zinc y potasio.

La quinua en el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarcó en Sudamérica, desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en la Argentina y las Islas de Chiloé en Chile, también fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México, pero usándola únicamente como verdura de inflorescencia. Este caso puede explicarse como una migración antigua de quinua, por tener caracteres similares de grano, ser co-específicos, además por haberse obtenido descendencia al realizarse cruzamiento entre ellos. La quinua en la actualidad tiene distribución mundial: América, Europa, Asia y el África, obteniendo resultados aceptables en cuanto a producción y adaptación. (**Mujica et al., 2001**)

Según **Mújica (1983)**, la quinua está ubicada dentro de la sección Chenopodia y tiene la siguiente posición taxonómica: Reino: Vegetal, División: Fanerógamas, Clase: Dicotiledóneas, Orden: Angiospermas. Familia: Chenopodiáceas. Género:

Chenopodium. Sección: Chenopodia. Sub sección: Cellulata. Especie: Chenopodium quinoa, Will

La región Andina es considerada como uno de los ocho centros de origen y de diversidad de los cultivos. Es el lugar donde existe la mayor diversidad genética de quinua tanto silvestre como cultivada que todavía se pueden encontrar en condiciones naturales y en campos de cultivo de los agricultores andinos. Entre los cultivos andinos, la quinua recibió la mayor dedicación y apoyo principalmente en Ecuador, Perú y Bolivia. Las evaluaciones de la variabilidad genética disponible permitieron agrupar a las quinuas en 5 grupos mayores según sus características de adaptación y algunas morfológicas de alta heredabilidad, fácilmente detectables y capaces de mantenerse en toda el área de difusión (FAO, 2011)

A continuación, se describen los cinco grupos de quinua de acuerdo a **Lescano (1989)** y a **Tapia (1990)**:

Quinuas de nivel del mar

Se han encontrado en las zonas de Linares y Concepción (Chile) a 36° Latitud Sur. Son plantas más o menos robustas, de 1,0 a 1,4 m de altura, de crecimiento ramificado, y producen granos de color crema transparente (tipo Chullpi). Estas quinuas guardan gran similitud con la *Chenopodium nuttalliae* (Huahzontle) que se cultiva en forma aislada en México a 20° Latitud Norte. las variedades: “Baer”, “Litu” y “Pichaman” pertenecen a este grupo (Tapia, 1997).

Quinuas de valles interandinos

Son las que se adaptan entre los 2500 a 3500 msnm, se caracterizan por su alto desarrollo hasta 2,5 m o más de altura y con muchas ramificaciones- con inflorescencia laxa y que normalmente presentan resistencia al mildiu (*Peronospora farinosa*). Dentro de este grupo de quinuas tenemos entre otras a las siguientes variedades: “Rosada de Junín”, “Nariño”, “Amarilla de Marangani”, “Dulce de Quitopampa”, además tenemos a las variedades “Hualhuas”, “Huancayo”, “Mantaro” que son del tipo Valle/cruce (Tapia, 1997).

Quinuas de altiplano

Se desarrollan en áreas mayores como cultivos puros o únicos y, entre los 3600 a 3800 msnm, corresponde a la zona del altiplano peruano-boliviano. Las plantas crecen con alturas entre 0,5 a 1,5 m, con un tallo que termina en una panoja principal y por lo general compacta. En este grupo es donde se encuentra el mayor número de variedades mejoradas y también los materiales más susceptibles al mildiu cuando son llevados a zonas más húmedas. Entre las principales variedades, **Tapia (1997)**, menciona las siguientes: “Blanca de Juli”, “Kancolla”

Quinuas de salares

Son las que crecen en las zonas de los salares al sur del altiplano boliviano, la zona más seca con 300 mm de precipitación. Son quinuas con el mayor tamaño de grano (> a 2,2 mm de diámetro), se las conoce como “Quinoa Real” y sus granos se caracterizan por presentar un pericarpio grueso y con alto contenido de saponina. Según **Tapia (1997)**, están adaptadas a condiciones xerofitas extremas, además señala las siguientes variedades: kellu, Michka, Real Blanca, etc.

Quinuas de los yungas

Es un grupo reducido de quinuas que se han adaptado a las condiciones de los Yungas de Bolivia a alturas entre los 1.500 y 2.000 msnm, y se caracterizan por ser de desarrollo algo ramificado. Alcanzan alturas de hasta 2,20 m, son plantas verdes, y cuando están en floración toda la planta íntegra, toman la coloración anaranjada.

Cuadro 2. Requerimientos de humedad y temperatura según los grupos agroecológicos de quinua.

Grupo agroecológico	Precipitación (mm)	Temperatura mín.
Valle	700-1500	3°C
Altiplano	400-800	0°C
Salares	250-1500	-1°C
Nivel del Mar	800-1500	5°C
Yungas (Subtropicales)	1000-2000	7°C

Fuente: Tapia (1997).

(**Mujica, 1993**) En Perú se obtuvieron las siguientes variedades: Amarilla Maranganí, Kancolla, Blanca de Juli, Cheweca, Witulla, Salcedo-INIA, Iplla-INIA, Quillahuaman-INIA, Camacani I, CamacaniII, Huariponcho, Chullpi, Roja de Coporaque, Ayacuchana-INIA, Huancayo, Hualhuas, Mantaro, Huacataz, Huacariz, Rosada de Yanamango, Namora, Tahuaco, Yocará, Wilacayuni, Pacus, Rosada de Junín, Blanca de Junín, Acostambo y Blanca Ayacuchana.

2.2. Características agronómicas del cultivo

De acuerdo con **Tapia (1997)** La quinua es una planta anual, con un periodo vegetativo que según la variedad está entre 90 a 240 días, presentan un tamaño muy variable, puede medir des 1 m. hasta los 3.5 m. de altura, según los ecotipos, las razas y el medio ecológico donde se cultive, el color de la planta también es variable, desde verde hasta el rojo pasando por el púrpura.

La raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa. La raíz principal tiene numerosas raíces secundarias y terciarias. Al germinar primero se alarga la radícula, continúa creciendo y da lugar a la raíz principal, alcanzando en casos de sequía hasta 1.8 m de profundidad. Los pelos absorbentes laterales nacen a distintas alturas. La profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta (**Quillatupa, 2009**).

El tallo es cilíndrico con la epidermis cubierto con cutina y de coloración variable, desde el verde al rojo (**Mujica, 1993**). El tallo puede ser ramificado en las razas cultivadas en los valles interandinos, en cambio se pueden encontrar plantas con un solo tallo principal y ramas laterales muy cortas en los ecotipos del altiplano. (**Mujica, 1993 y Tapia, 1997**).

Las hojas presentan polimorfismo marcado siendo las hojas inferiores rómbicas, deltoides o triangulares; el tamaño de las hojas va disminuyendo conforme se asciende en la planta, hasta alcanzar a las hojas que sobresalen de la inflorescencia que son lineales o lanceoladas (**Mujica, 1993**). Contienen además gránulos en su superficie dándoles la apariencia de estar cubiertas de arenilla, estos gránulos contienen células ricas en oxalato de calcio y son capaces de retener una película de agua, lo que aumenta la humedad relativa de la atmósfera que rodea a la hoja y, consecuentemente, disminuye la transpiración (**Tapia, 1980; Rojas, 2003**).

La inflorescencia es una panoja típica que está constituida por un eje central, ejes secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen a los glomérulos y según su forma se denominan: glomerulada, amarantiforme e intermedia (**Mujica, 1993**). Las glomeruladas tienen un eje principal del cual nacen los ejes secundarios y de estos los ejes glomerulares de donde emergen los glomérulos de forma esférica. Las amarantiformes tienen un eje principal de los que nacen los ejes secundarios y de estos emergen los glomérulos de forma rectangular asemejando a dedos. Las ramificaciones de la inflorescencia varían en longitud y de acuerdo a ello y a la longitud de los pedicelos que sostienen las flores; las panojas pueden ser laxas, intermedias o compactas. Las panojas pueden medir de 15 a 70 cm y rendir individualmente hasta 220 g (**Tapia, 1997**); se han reportado rendimientos de hasta 500 gr (**Mujica et al., 2001**).

Las flores son incompletas, sésiles (sin pedicelo) (**Mujica, 1993**), y presentan un perigonio sepaloide de 5 partes (**Tapia, 1979**), pueden ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) o androestériles, con lo cual indica que pueden tener hábito autógamo y alógamo. (**Mujica, 1993**). Las flores permanecen abiertas por un período que varía de 5 a 7 días, y como no se abren simultáneamente, se determinó que el tiempo de duración de la floración está entre 12 a 15 días (**Mujica, 1993; Lescano, 1994**).

El fruto es un aquenio, constituido por la semilla y el perigonio, este último, envuelve a la semilla por completo y se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos puede permanecer adherido al grano; el fruto es indehiscente en la mayoría de los genotipos cultivados (domesticados), en tanto en los silvestres deja caer la semilla a la madurez; la semilla viene a ser el fruto maduro sin el perigonio y presenta tres partes bien definidas que son: episperma, embrión y perisperma; el episperma está constituido por cuatro capas: la principal es la capa externa, de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano; el embrión formado por dos cotiledones y la radícula, constituye el 30.0% del volumen total de la semilla y envuelve el perisperma como un anillo; en el embrión se encuentra la mayor cantidad de proteína que alcanza del 35-40%, mientras que en el perisperma solo del 6.3 al 8.3% de la proteína total del grano; el perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido principalmente por granos de almidón (**Mujica et al., 2001**).

Desde el punto de vista comercial se desea que la semilla sea de tamaño grande de color blanco uniforme, libre de saponinas e impurezas de origen orgánico y mineral, la semilla no debe ser manchada ni amarillenta (**Mujica et al., 2001**).

Las saponinas se encuentran en muchas especies vegetales, por ejemplo, en la espinaca, espárrago, alfalfa y frejol soya. El contenido de saponina en la quinua varía entre 0,1 y 5%. El pericarpio del grano de quinua contiene saponina, lo que le da un sabor amargo y debe ser eliminada para que el grano pueda ser consumido. Las saponinas se caracterizan, además de su sabor amargo, por la formación de espuma en soluciones acuosas. Forman espumas estables en concentraciones muy bajas, 0,1 %, y por eso tienen aplicaciones en bebidas, shampoo, jabone etc. (**FAO, 2011**)

Por la toxicidad diferencial de la saponina en varios organismos, se ha investigado sobre su utilización como potente insecticida natural que no genera efectos adversos en el hombre o en animales grandes, destacando su potencial para el uso en programas integrados de control de plagas. El uso de la saponina de la quinua como bioinsecticida fue probado con éxito en Bolivia (**Vera et al., 1997**).

Según **Gómez (2003)**, la quinua es una planta C3 es decir anatómicamente se halla dentro del grupo de plantas que solamente pueden aprovechar el 30.0% del CO₂ del aire, comparado con plantas C4, que fijan 80-100% del CO₂ del aire y necesitan 2 a 3 veces más agua que las plantas tipo C4 para producir la misma cantidad de masa vegetal. Sin embargo, añade que la quinua demuestra gran resistencia a condiciones de sequía extrema gracias a dos comportamientos fisiológicos. El primero se basa en el potencial foliar mínimo (Pf min), que viene a ser la fuerza con que la planta extrae el agua del suelo y también la fuerza con que retiene esta agua en sus tejidos. El segundo es la resistencia estomática (RE), que es el mecanismo por el cual las plantas cierran sus estomas en condiciones de sequía, esto, para evitar una transpiración excesiva. Con una transpiración limitada, la fuerza para extraer agua del suelo y de fotosintetizar, disminuye. La quinua no cierra sus estomas en condiciones de sequía, sino que sigue transpirando y produciendo biomasa. Finalmente señala que, con estos dos comportamientos, (Pf min alto y RE bajo), la quinua se comporta como una planta de desierto: constante transpiración, extracción del agua y producción de biomasa a pesar del déficit hídrico.

Respecto a la resistencia de la quinua a las sequías, **Mujica y Jacobsen (2001)**, señalan que la quinua es una planta resistente a la sequía ya que además de sobrevivir bajo

condiciones de escasa humedad (falta de precipitaciones pluviales), es capaz de producir semillas y materia verde para el consumo humano y animal que sean económicamente aceptables y rentables. Esto se debe a una serie de modificaciones y mecanismos que pueden ser morfológicos (menor tamaño de planta), fisiológicos (cierre estomático temprano), anatómicos (menor número y tamaño de estomas, ubicación de estomas en el envés de las hojas), fenológicos (reducción del periodo de floración) y bioquímicos (mayor síntesis de prolina), que le permiten contrarrestar los factores adversos, en este caso la sequía, y así mantener sus funciones vitales y acumular fotosintatos en las semillas, sus órganos de reserva.

El fotoperiodo es la duración de las horas de luz. La quinua por su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos de días cortos, de días largos e incluso indiferentes al fotoperiodo. Desde requerimientos de día cortos para su florecimiento, cerca del ecuador, hasta la insensibilidad a las condiciones de luz para su desarrollo en Chile (**Mujica, 1993**). Los cultivares originarios de los valles andinos, presentan una mayor sensibilidad al fotoperiodo y una fase vegetativa más larga, en cambio los cultivares del altiplano de Perú y Bolivia, y los del nivel del mar de Chile, son menos sensibles al fotoperiodo y tienen una fase vegetativa más corta (**Jacobsen y Risi 2001**). La respuesta de la quinua al fotoperiodo es fuertemente afectada por la temperatura (**Bertero et al., 1999a, citado por Jacobsen y Risi 2001**).

Respecto a la germinación, **Jacobsen (1997)**, citado por **Echegaray (2003)**, realizó ensayos con semillas de quinua en EE.UU. encontrando que no germinan en condiciones muy calientes sosteniendo que requieren de un periodo de frío (vernalización) para tener una adecuada germinación. Las semillas de quinua germinan hasta con 56 mmhos/cm de concentración salina (**Izquierdo et al., 2001**).

Se ha determinado las siguientes 12 fases fenológicas para las condiciones y variedades de Puno (**Canahua et al., 2001**). Las fases se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Fases del cultivo de quinua.

FASES Y SUB FASES	PROMEDIO/DIAS	RANGO/DIAS
1. Germinación	05	3-8
2. Desarrollo vegetativo	33	33-38
3. Ramificación		
4. Desarrollo del botón floral	45	31-68
5. Desarrollo de inflorescencia	60	39-97
6. Floración	77	45-132
7. Antesis	82	52-136
8. Crecimiento y estado acuoso	100	61-147
9. Fruto en estado lechoso	114	70-164
10. Fruto en estado masa	136	83-190

Fuente: FAO (2016)

Crece desde el nivel del mar de Perú (El Chira en Piura y Camaná en Arequipa) hasta los 4000 msnm (Puno) en los Andes del sur, pero generalmente crece entre los 2500 y 4000 m de altura (**Mujica, 1993**). Las quinuas sembradas al nivel del mar disminuyen su periodo vegetativo y además presentan mayor potencial productivo (**Mujica et al., 2001**). La etapa de floración es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -1°C (**Lescano, 1994**). Una temperatura media anual de 10 a 18°C y oscilación térmica de 5 a 7 °C son los más adecuados para el cultivo, la planta tolera más de 35°C, pero no prospera adecuadamente (**Mujica, 1993**). Temperaturas por encima de los 38 °C producen aborto de flores, muerte de estigmas y estambres; imposibilitando la formación de polen y por lo tanto la formación de granos (**Canahua et al., 2001**).

La quinua crece con precipitaciones desde 200 hasta 2600 mm anuales (**Mujica et al., 2001**), pero en general prospera con 250 a 500 mm anuales en promedio (**Canahua et al., 2001**). En general, a quinua crece bien con una buena distribución de lluvia durante su crecimiento y desarrollo; en tanto que durante la maduración y cosecha requiere condiciones de sequedad (**Mujica, 1993**). La quinua es susceptible al exceso de humedad en sus primeros estadios y que con tan sólo 4 a 5 días de exceso de humedad se afectará su desarrollo (**Tapia, 1997**). Soporta radiaciones extremas en zonas altas de los Andes.

Estas altas radiaciones permiten compensar las horas de calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y reproductivo. **Vacher (1998)** citado por **Mujica et al., (2001)**, anotan que una radiación global (RG) elevada, favorece una fotosíntesis intensa y una producción vegetal importante y, además, una radiación neta (RN) baja, induce pocas necesidades de agua para el cultivo.

Según la **FAO (2001)**, el cultivo de la quinua tiene los siguientes requerimientos medioambientales que se muestran en el Cuadro N°4

Cuadro 4. Requerimiento medioambiental del cultivo de quinua.

SUELO	Buen drenaje, textura franco-arenosa y pH neutro, la quinua es susceptible a altas humedades especialmente en primeros estadios.
CLIMA	Diversas zonas agroecológicas, genotipos adaptados a diferentes climas. Existen variedades de Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia, Argentina, México y Europa.
RIEGO	3/4 de la capacidad de campo; se ha observado el mejor desarrollo a este nivel de humedad. 250-500mm de lluvia anual; donde se cultiva en condiciones de secano (zona andina)
HUMEDAD RELATIVA	40-100%; susceptibilidad a mildiu en condiciones de alta H.R.
TEMPERATURA	15-20 C
FOTOPERIODISMO	Diversos regímenes de luz; genotipos adaptados a días cortos, largos e independientes al fotoperiodo
ALTURA	0-4000 m.s.n.m.; se ha observado el mayor potencial productivo a nivel del mar (6,000kg/ha)

**Fuente FAO (2001).*

De otro lado, la quinua prefiere los suelos francos con buen drenaje, semiprofundos, ricos en nutrientes especialmente nitrógeno, tolera bien los suelos salinos (**Tapia, 1997**). Se han observado producciones aceptables en suelos arenosos y con déficit de humedad (**Mujica, 1993**). La quinua puede crecer en una amplia variedad textural de suelos cuyo pH varía de 4.5 hasta 9, además las semillas germinan hasta con 56 mmhos/cm de concentración salina (**Mujica et al., 2001**).

El pH del suelo debe ser neutro o ligeramente alcalino, aunque algunas variedades procedentes de suelos fuertemente alcalinos de hasta 9 de pH, en los salares de Bolivia y

de Perú dan buenas producciones, demostrando así su carácter halófito; asimismo se han encontrado quinuas que prosperan en suelos de pH ácido (pH 4.5) en Michiquillay-Cajamarca (**Canahua et al., 2001 y Tapia, 1997**).

La salinidad un factor limitante de la producción de la quinua, la cual causa disminución de la producción debido a una reducción del área foliar, como consecuencia de la inhibición de la división y crecimiento celular, disminución del crecimiento de los tejidos, raíces, tallos, y hojas; finalmente ocasiona muerte de la planta, por imposibilidad de absorción del agua, perjudicando la nutrición y metabolismo de la misma, y por intoxicación; la salinidad causa imposibilidad de cultivar algunos genotipos en muchas zonas áridas y semiáridas ya existentes, sin embargo el problema de salinización secundaria es más seria, puesto que en el mundo va aumentando a una tasa de 400 km² por año, debido al mal manejo del agua y el suelo (**Flowers et al., 1997 citados por Izquierdo et al., 2001**).

En riego por goteo no existe un volumen estándar para el cultivo de quinua, dado que esto varía de acuerdo a las características edafo-climáticas de la zona de cultivo, el criterio principal para satisfacer sus requerimientos sería el de reponer la evapotranspiración del cultivo (ET_c).

2.3. Relaciones hídricas en el crecimiento de las plantas.

El conocimiento de la fisiología de las plantas es importante para orientar las prácticas de riego a las plantas cultivadas. Así, **Alvien (1957)** expresa que todos los procesos fisiológicos de la planta son afectados directa o indirectamente por la cantidad de agua existente en el suelo. **Mengel (1978)**, expresa que la cantidad de agua utilizada por el cultivo de maíz (ET_c), desde que germina hasta que madura varía entre 400 a 600 mm. Sin embargo, algunos investigadores han demostrado que se puede lograr cosechas rentables de maíz con aportes netos de sólo 350 mm, si en la primera etapa (crecimiento vegetativo) la tensión de humedad no sobrepase 4.0 bars. En la segunda etapa (floración –polinización) la tensión total máxima debe ser no mayor de 2.0 bars. A mayores tensiones se presentan disminuciones muy considerables en el rendimiento y por último en la tercera etapa (llenado del grano y madurez) son permisibles tensiones totales hasta de 6.0 bar (**Hurtado, 2003**). Las necesidades netas de riego (ET_c), se relacionan con la cantidad de agua usada por la planta en el proceso de transpiración y las pérdidas directamente del suelo en el proceso de evaporación. Se expresa normalmente en forma

de lámina en mm/día o por mes o por campaña o en volumen en m³/ha/día, por mes o por campaña. Dependen del régimen hídrico edáfico imperante, de la climatología local, del estadio fenológico del cultivo y del largo de su período vegetativo.

En la agricultura moderna y de precisión, los elevados costos de producción obligan a generar prácticas especiales en el manejo del riego y de la fertilización, tal que posibilite retornos económicos significativos. La programación del riego y la programación de la fertilización significan que el agua de riego y los nutrientes deberán ser usados en las cantidades correctas, con las fuentes correctas en los lugares correctos y principalmente en los momentos correctos. La irrigación programada y la fertirrigación como prácticas agronómicas modernas permiten el mayor aumento de la productividad, pero también, el desarrollo de la agricultura de riego se enfrenta a problemas generados por el uso y manejo indiscriminado de los recursos hídricos y edáficos (**Hurtado, 2003**).

El manejo del agua en la agricultura moderna exige un global entendimiento de las relaciones hídricas del sistema integrado suelo-planta-atmósfera. Los modelos propuestos, similares a la ley de Ohm de circuitos eléctricos permiten establecer que el flujo de agua ocurre en equilibrio dinámico desde el suelo a la atmósfera, siendo originado por diferencias de potencial del agua y dependiente de resistencias al transporte en cada parte del sistema. En una planta en crecimiento activo, la fase de agua líquida continua se extiende desde la epidermis de la raíz hasta las paredes celulares del parénquima foliar y su movimiento se realiza por gradientes decrecientes de potencial hídrico a lo largo de la vía. Este proceso denominado transpiración es la fuerza motriz más importante para el movimiento del agua a través de la planta. El agua ingresa en las raíces en respuesta a un gradiente de potencial hídrico que el xilema establece por la transpiración. Entrará con mayor rapidez a través de aquellas regiones de la raíz que ofrezcan menor resistencia. A medida que el suelo se seca su potencial hídrico va tomando valores cada vez más negativos, las plantas han de disminuir su potencial hídrico con el fin de mantener el gradiente de potencial necesario para la absorción de agua, lo cual puede suceder al disminuir el potencial osmótico (por acumulación de solutos) o disminuyendo la turgencia (mediante deshidratación). Cuando las tasas de transpiración son elevadas, se acentúa el gradiente de potencial hídrico en la planta y por tanto, disminuye el potencial hídrico de la raíz y finalmente la turgencia. En esta situación se presenta una reducción del tamaño de la raíz, lo cual provoca reducción del crecimiento de la misma y así la pérdida de contacto con las partículas del suelo. En estas condiciones, la absorción se

hace cada vez más difícil debido a un aumento en la resistencia hidráulica del suelo. Cuando el potencial hídrico desciende por debajo de un nivel crítico, cesa la absorción y la planta detiene su crecimiento o muere. En condiciones de campo, el déficit de presión de vapor de la atmósfera puede llegar a desempeñar un papel más importante que el contenido hídrico del suelo en la determinación del estado hídrico de la planta.

El déficit hídrico es el factor más importante que causa la reducción en el crecimiento de la planta. En momentos de elevados niveles de calor, se presentan déficit hídrico transitorio debido a que temporalmente, la pérdida de agua excede la absorción. Por el contrario, el déficit hídrico permanente a largo plazo es provocado por una disminución en la disponibilidad de agua en el suelo, ya que afecta la mayoría de los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas. La pérdida de agua en los tejidos vegetales afecta el metabolismo y, por tanto, el crecimiento, es decir, la división y la expansión celular. El déficit hídrico afecta prácticamente todos los aspectos del desarrollo de la planta. Uno de los aspectos más importantes en el proceso de absorción de agua por la planta desde el suelo, su transporte a través de la misma y la pérdida eventual en forma de vapor de agua a la atmósfera circundante es la transpiración. En la mayoría de cultivos se puede requerir de centenares litros de agua para producir un kilo de materia seca. De hecho, una transpiración menguada por déficit hídrico, es la principal causa de pérdida económica y fracaso en muchos proyectos agrícolas (**Hurtado, 2003**).

En el proceso de producir biomasa, los cultivos transpiran, que es el costo que la planta debe pagar para generar nueva materia vegetal y que debe ser repuesta mediante la absorción de agua del suelo por el sistema radicular. El suelo, simultáneamente a este proceso, pierde agua por evaporación. Estas dos pérdidas de agua constituyen la evapotranspiración del cultivo (ETc), cantidad que debe ser reemplazada mediante el riego. Este consumo de agua por el cultivo (ETc) debe ser cubierto por el riego en la cantidad justa. Un exceso de agua, podría generar condiciones de estrés por asfixia radicular y la carencia de oxígeno ser responsable de la falta de producción o muerte de la planta. Asimismo, en muchas situaciones el exceso en el riego, genera también la pérdida de nutrientes por lixiviación y condiciona problemas ambientales al contaminar aguas del subsuelo. De otro lado, una aportación de agua en cantidades menores que la necesaria para cubrir el requerimiento del cultivo, generaría estrés por déficit hídrico y, por tanto, la reducción de la producción (**Hsiao, 1974**).

El agua es el componente mayoritario e indispensable para que las plantas puedan vivir y desarrollarse. Es a su vez el vehículo en el cual se transportan los elementos químicos esenciales que el suelo contiene desde las raíces hacia las hojas, y componentes elaborados por estas a los restantes órganos. Proporciona a los tejidos vegetales la consistencia necesaria para su movimiento en el suelo; entre otras funciones es quien regula la temperatura de las plantas evitando con ello, cambios bruscos que pueden dañar su crecimiento (**Navarro, 2000**).

Si el agua disponible para el riego es limitada, el máximo beneficio se obtendría a partir de un riego de pre siembra y de evitar tensiones hídricas elevadas durante la floración masculina y femenina. En general, la cantidad total de agua requerida para el riego dependerá básicamente de las condiciones medio ambientales y de la eficiencia del riego (**Arnon, 1974**).

2.4. Nitrógeno y nutrición de la planta de quinua

El nitrógeno es el macro elemento mineral que en mayores proporciones es utilizado por las plantas, formando compuestos tan esenciales como las proteínas, los ácidos nucleicos, hormonas del crecimiento y muchas vitaminas; como componentes de estos y otros compuestos, el nitrógeno participa en la gran mayoría de las reacciones bioquímicas que ocurren en las plantas (**Armas, 1988**).

Es el elemento primordial para las plantas, ya que forma parte de proteínas y otros compuestos orgánicos esenciales (Enzimas, coenzimas, vitaminas, ácidos nucleídos, clorofila, etc.) Constituye aproximadamente el 2.0% del peso seco de la planta, concentrándose en los tejidos jóvenes de la planta en donde puede alcanzar el 6.0%. A medida que avanza la edad de la planta, disminuye el porcentaje de nitrógeno, Las hojas son las partes más ricas en este elemento, disminuyendo su contenido a partir de la floración (**Fuentes, 1999**).

Después del carbono, hidrógeno y oxígeno el nitrógeno es el cuarto elemento más abundante en la materia seca de los vegetales. Componente estructural de compuestos biológicos, el nitrógeno más que cualquier otro nutriente limita el crecimiento de las plantas al participar en la síntesis de proteínas y ácidos nucleídos (**Mengel y Kirkby, 1987**).

Un suministro balanceado de nitrógeno fomenta el desarrollo de nuevos meristemos, determina la corpulencia y succulencia de raíces, tallos y semillas. Además, genera un follaje con un verdor más intenso, aumenta el contenido de proteínas y en cierto grado regula la asimilación de potasio, fósforo y otros nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Un crecimiento inicial retardado, un color verde amarillento en las hojas y la prematura senescencia de las hojas más bajas son los principales síntomas de la deficiencia de nitrógeno en muchas plantas cultivadas. Una aparente deficiencia de nitrógeno ocurre debido a un irregular suministro de humedad o a la variación en la calidad del agua de riego (**Arnon, 1974**).

Según **Fuentes (1999)**, expresa que el nitrógeno se encuentra en el suelo como nitrógeno orgánico e inorgánico, el orgánico está formando parte de la materia orgánica que proviene de organismos vegetales y animales. Hay 3 formas de nitrógeno en el suelo; el de tipo orgánico, amoniacal (NH_4) y nítrica (NO_3), los cuales no tienen la misma utilidad para la planta. La forma orgánica que se encuentra en el humus del suelo, este se mineraliza pasando primero a la forma amoniacal gracias a la acción de bacterias aeróbicas, con mejor acción en medios neutro o alcalino. Cuando se agrega al suelo como fertilizante no se acumula, como otros elementos, es por ello que tiene una mayor contribución en el incremento de los rendimientos (**Davelouis, 1991**).

Según (**Navarro, 2003**), la dinámica del nitrógeno en el suelo está, pues, altamente influenciada por tres grandes procesos: ganancias de nitrógeno por el suelo (fijación del N atmosférico por microorganismos que viven libremente en el suelo y otras bacterias simbióticas, aportes por el agua de lluvia y nieve, aportaciones de N en fertilizantes, estiércol y plantas verdes), transformaciones del N en el suelo (amonificación o degradación bioquímica de las proteínas, nitrificación, síntesis proteicas de los microorganismos del suelo) y pérdidas de N en el suelo (desnitrificación, volatilización del amoniaco, lixiviación de los nitratos, asimilación de los nitratos por las plantas superiores y fijación del amonio por arcillas y materia orgánica).

La forma de asimilación del nitrógeno (nítrica o amoniacal) depende en gran manera de la edad de la planta y de la especie; y también del pH del suelo, de su composición, e incluso de la pluviometría anual (**Navarro, 2003**).

"Cuando se aportan niveles crecientes de fertilizantes el aumento de cosecha obtenido es cada vez menores a medida que las niveles aumentan", el agrónomo Mitscherling formuló

este principio, en la práctica, y a partir de un cierto nivel conviene aumentar con prudencia los niveles de abonos para mantenerse dentro de un límite de rentabilidad, esto varía según la explotación.

En la zona andina, cuando se siembra quinua después de la papa, el contenido de materia orgánica y de nutrientes remanentes es favorable para el cultivo de la quinua debido a la descomposición lenta del estiércol y a las preferencias nutricionales de la papa. Se señala que los remantes casi completan los requerimientos de la quinua requiriéndose de un abonamiento complementario. Por otro lado, la siembra de quinua después de una gramínea (maíz o trigo en la costa), cebada o avena en la sierra, requieren de la aplicación de 3 tn/ha de materia orgánica o una de fertilización equivalente a en promedio a la fórmula: 80-40-00 (**Mujica, Canahua y Saravia, 2001**)

En diferentes ensayos de fertilización de quinua, con humedad apropiada, se ha calculado que, por cada kilogramo de nitrógeno por hectárea, hasta un nivel de 120 kg/ha, la producción de quinua se eleva en 15 kg/ha (**Medina, 1966; Herquinio, 1971; Rivero, 1985 citado por Tapia, 2000**)

(**Barnett, 2005**) Concluye que la variedad La Molina 89, responde a las dosis crecientes de nitrógeno, permitiendo incrementar de manera gradual el rendimiento promedio de granos por panoja, el porcentaje de proteínas en los granos, el diámetro de la panoja y la materia seca. Además, menciona que dosis mayores de 120 kg/ha, los incrementos de rendimiento por cada unidad adicional de N aplicado son decrecientes, demostrando que los valores de la materia seca decrecen al aplicar una mayor dosis.

2.5. Sistemas y métodos de riego

El riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer en este el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos. Los cultivos consumen agua debido al efecto de las condiciones ambientales o climáticas, que generan una diferencia o gradiente de potencial entre el agua que está en la planta y en el suelo, por una parte, y el vapor de agua que hay en la atmosfera. La velocidad de estos procesos de pérdida de agua que en conjunto se conocen con el nombre de evapotranspiración está determinada no solo por el clima, sino también por el tipo de suelo, su contenido inicial de agua y el tipo de cultivo (**Gurovich, 1985**).

Cuando se riega eficientemente un cultivo agrícola se producen aumentos de rendimientos de significativa importancia en relación a los cultivos mal regados; al mismo tiempo obtiene otros beneficios adicionales. Estos beneficios aseguran que las prácticas de riego basadas en el conocimiento de los aspectos fundamentales que gobiernan el comportamiento del sistema suelo-agua-planta-atmosfera sean altamente rentables y constituyan una inversión que rápidamente de sus frutos para el productor individual y para su región.

Las pérdidas de agua, o sea una baja eficiencia en el aprovechamiento del recurso, puede deberse a dos procesos fundamentales: perdidas por escurrimiento superficial al final del área que se riega, como también las perdidas pueden corresponder al proceso de percolación profunda bajo las raíces de las plantas (**Gurovich, 1985**).

Cuadro 5. Superficie agrícola bajo un tipo de riego, según región natural (ha).

Región natural	Total	%	Gravedad	Aspersión	Goteo	Exudación
Total	1 808 302	100.0	1 590 546	86 873	127 200	3683
Costa	939 293	51.9	797 664	15 675	123 536	2418
Sierra	771 246	42.7	705 594	62 256	2 716	683
Selva	97 764	5.4	87 288	8 946	948	582

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – IV Censo Nacional Agropecuario 2012

Los bajos rendimientos de los cultivos, por falta de agua ocurrirán en aquellos lugares en que no se aplique en forma adecuada el agua de riego por problemas de tiempo de riego muy cortos o riegos demasiado rápidos, y exceso de agua en aquellas partes de la superficie del suelo en que el agua queda aposada durante un tiempo muy largo (**Gurovich, 1985**).

En el cultivo de la quinua los estadios de floración y grano lechoso son los más sensibles al estrés hídrico y tienen mucha influencia en el rendimiento final (**Apaza, 1995**).

El balance hídrico debe contemplarse como un sistema, donde se equilibra los ingresos con las salidas de agua. **Martin de Santa Olalla et al. (2005)** sostienen que la cantidad de agua requerida para compensar las pérdidas por evapotranspiración se define como las necesidades hídricas del cultivo. Para diseñar y operar correctamente un riego se debe conocer la lámina neta que se deberá aplicar al cultivo en un determinado suelo. La lámina

neta depende de la profundidad del suelo explorado por las raíces, nivel de agotamiento máximo permisible de la humedad, la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y el agua disponible total.

Conforme se va dando el proceso de evapotranspiración, el suelo se va desecando y el agua se retiene cada vez con mayor energía, ocasionando estrés hídrico y limitando el crecimiento y desarrollo de la planta. Por ello, los niveles de agua en el suelo deberían variarse en cantidades que eviten o reduzcan esta situación. Por tal razón se debe definir correctamente el criterio de riego (umbral de agotamiento permisible), importante para determinar la frecuencia de riego y el número riegos.

Existen dos problemas graves, derivados de prácticas de riego inadecuados en relación con otro recurso tan importante como el agua de riego:

El problema de la erosión por riego es de gran magnitud; en muchas referencias bibliográficas recientes se encuentra valores de 10 a 15 toneladas de suelo removido anualmente por hectárea regada, lo que representa alrededor de 1 a 1.5 cm de suelo agrícola de la mayor fertilidad perdido por año, y el agua almacenada en el perfil del suelo no es agua pura; en realidad es una solución salina que contiene diferentes proporciones y concentraciones de diversas sales, en una zona o campo específico. El flujo de esta solución hacia las raíces de las plantas en el perfil de suelo y la posterior absorción de agua por las raíces en respuesta a la demanda evaporativa de la atmósfera, así como a través del proceso de evaporación, van dejando en el suelo una concentración creciente de sales que, si no es removida oportunamente, puede alcanzar un nivel tal que impida el crecimiento o afecte severamente la producción de las plantas (**Gurovich, 1985**).

En el sistema de riego por surcos, el agua corre lentamente y se infiltra a través de los surcos. Los surcos deben tener pendiente suave y uniforme y ser alimentados por pequeños caudales para que la mayor parte del agua que escurre por ellos se vaya infiltrando uniformemente a lo largo de la parcela.

Cuadro 6. Rendimientos obtenidos con una práctica mejorada de riego, basada en las condiciones de suelo-cultivo y clima comparado con el riego tradicional.

CULTIVO	RENDIMIENTO (Kg hectárea-1)	
	Tradicional	Mejorado
Manzano	12400	15600
Durazno	11300	12100
Maíz	4900	6400
Papa	9900	10500
Alfalfa	5000	6700
tomate	28400	31400

Fuente: Gurovich, 1985

En los surcos, se usan pendiente pequeñas, generalmente entre 0.001 a 0.05 mm-1, pero pueden ser menores, incluso nulas. Las pendientes mayores corresponden a suelos con gran capacidad de infiltración, de forma que se compense la tendencia de que la mayor parte de la infiltración se produzca al inicio de la parcela, mientras que las menores pendientes son adecuadas para suelos de muy baja infiltración, de forma que se haga más lento el escurrimiento y se favorezca la infiltración al principio de los surcos (**Luis S. et al, 2010**)

El método de riego por surcos se realiza haciendo fluir agua en pequeños canales (surcos) que conducen el agua a medida que desciende desde puntos altos hacia sectores de cotas inferiores del campo. La velocidad del agua que fluye en un surco está relacionada con la raíz cuadrada de su pendiente. El agua se infiltra en el fondo y los lados de los surcos, reponiéndose así el agua del suelo consumida por los cultivos; la nivelación del terreno es esencial para que este método tenga una eficiencia u adecuación convenientes (**Gurovich, 1985**).

En cualquier sistema de riego por superficie, la aplicación del agua a la parcela implica una serie de fases en referencia al movimiento del agua, su almacenamiento sobre la superficie del suelo y su infiltración. En cualquier sistema de riego se pueden producir todas estas etapas o fases, pero en determinados casos alguna de ellas puede no existir.

Entre las ventajas de los sistemas superficiales está el bajo costo de inversión, y de mantenimiento de las instalaciones. Estos riegos no están afectados por las condiciones climáticas como viento, humedad ambiental, etc. La calidad del agua no influye (a excepción de las sales) y es posible regar con aguas de baja calidad, no aptas para otros métodos de riego como localizado. Este tipo de riego no requiere de consumo de energía,

al menos desde que el agua llega a parcela. Se consume energía cuando es preciso elevarla desde el lugar de origen a menor nivel que la parcela. Por el movimiento del agua esencialmente vertical cuando se infiltra, son muy aptos para lavar sales. Las estructuras usadas para controlar el agua y distribuirla suelen estar fabricadas con materiales de bajo coste e incluso realizadas con el propio suelo. De otro lado, los sistemas de riego por superficie suelen tener menor eficiencia en el uso del agua que los de otros métodos, si bien con adecuados diseño y manejo se puede conseguir valores muy aceptables. Dado que el suelo distribuye e infiltra el agua, la cantidad de agua infiltrada depende mucho de las características del mismo que pueden variar considerablemente incluso dentro de la misma parcela. Se requieren terrenos con nula o escasa pendiente y exigen una explanación precisa (**Fernández R. et al, 2010**).

Sistema de riego localizado por goteo

Según (**Gurovich, 1985**), el riego por goteo es un sistema que proporciona agua filtrada y fertilizantes directamente sobre el suelo al lado de la planta; permite que el agua, liberada a baja presión en el punto de emisión, moje el perfil del suelo en una forma predeterminada. El agua de riego es transportada a través de una extensa red de cañerías o tuberías plásticas hasta cada planta; el aparato que emite el agua en el suelo se denomina emisor o gotero. Los emisores disipan la presión que existe en la red de cañerías por medio de un orificio de pequeño diámetro, o por medio de un largo camino de recorrido; de esta forma disminuye la presión del agua y permite descargar desde el sistema hacia el suelo solamente unos pocos litros por hora por cada gotero. De esta manera el volumen del suelo que puede ser mojado por cada punto emisor está limitado por las restricciones del movimiento horizontal y vertical del agua en el perfil del suelo.

Según **Osorio (1996)**, el riego por goteo es la aplicación de agua al suelo en pequeñas cantidades con alta frecuencia, lo que evita grandes fluctuaciones de humedad y mantiene niveles de agua relativamente constantes; además, la continua aplicación hídrica en pequeñas dosis establece condiciones óptimas para ser extraída por las plantas, Los métodos de riego por goteo permiten suministrar agua y fertilizantes químicos, con lo que se controla, al menos en forma parcial, el patrón de distribución del agua en el suelo. Además, permite generar una zona radical con características físicas, químicas y biológicas que conducen a mayores rendimientos. Respecto a otros sistemas de riego, lo que diferencia al riego localizado es que sólo se moja una fracción de suelo. Se utilizan

pequeños caudales a baja presión. Son menores las pérdidas de agua produciéndose un importante ahorro. El agua se aplica con alta frecuencia

Según **Medina (1979)** y **Gómez (1979)**, manifiestan que este sistema ofrece muchas ventajas que se anuncian a continuación: Continua saturación de agua, es decir que el suelo se mantenga potencialmente a capacidad de campo. Los riegos se realizan a diario con presencia de luz, tratando de aprovechar la mayor capacidad fotosintética de las plantas. cuando la demanda de agua por el cultivo aumenta, se accede fácilmente a un aumento en la frecuencia de los riegos o el tiempo de riego. Las raíces de las plantas en este tipo de riego se desarrollan en forma superficial. Encontrándose el mayor porcentaje en la zona del bulbo húmedo; en esta zona las raíces son biológicamente más activas y con mayor capacidad de absorción. Existe la posibilidad de fertirrigar, adecuando el suministro de fertilizantes de acuerdo a las necesidades del cultivo en sus distintas etapas. Con el sistema de goteo es posible un mayor ahorro de agua respecto de otros sistemas, tanto en la forma de almacenaje como de conducción. Se estima un ahorro de un tercio del consumo con relación a los otros sistemas, siendo el rendimiento por volumen de agua gastada, el doble comparado por ejemplo con el de aspersion. Se produce incrementos en la producción, utilizando dosis adecuadas de agua y fertilizantes; obteniéndose un óptimo crecimiento, floración y cuaje de frutos. Con la utilización de sensores de humedad, tales como tensiómetros ubicados cerca de los goteros y conectados al sistema de distribución de agua. Es posible la utilización de agua con elevados tenores de salinidad, debido a que el suelo se encuentra constantemente a capacidad de campo, y la mayor concentración de sales se halla fuera de la zona de absorción radicular. Este sistema puede ser adaptado para terrenos con pendientes quebradas o pendientes no uniformes más que cualquier otro sistema de riego. Finalmente, este tipo de riego requiere, además, presiones relativamente bajas y descargas constantes y su eficiencia de aplicación es generalmente alta; esto reduce el tamaño de las cañerías y el uso de energía.

De otro lado, según (**Mapama, 2016**), entre los inconvenientes de este sistema de se tienen el elevado costo de instalación, elevado costo de mantenimiento, posibilidad de salinización del suelo en zonas áridas por un mal manejo, necesidad de mayor preparación técnica del agricultor, dificultad para dar lavados en profundidad, necesidad de fertilizantes totalmente solubles en agua.

Bajo condiciones de riego en costa se ha observado que el cultivo requiere entre 5000 a 10000 m³ con riego de gravedad y de 3500 a 7500 m³ con riego por goteo. La demanda de agua o cantidad aplicada varía por el clima (invierno, primavera, verano), el suelo (arenosos, francos, arcillosos, etc.), el cultivo-variedad (precoces o tardías), y el sistema de riego empleado. **(Gomez, 2016)**

III. MATERIALES Y METODOS

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 Académico 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: 250 m.s.n.m.

3.1.2. Características físico-químicas del suelo

El suelo donde se estableció el experimento está clasificado según Taxonomía de Suelos (1998) como Ustifluent (Entisol de origen fluvial y régimen de humedad Ustic-Fluvisoles irrigados) y se encuentra ubicado en una terraza media del valle del Rímac, es profundo, de estructura granular media, drenaje y permeabilidad moderada, consistencia en húmedo de friable a muy friable, textura franco arenoso, estructura granular media y moderada con gran espacio aéreo, de mediana a baja capacidad retentiva de humedad y adecuada permeabilidad por presentar una mayor fracción arena, baja CIC y contenido de materia orgánica. Tres horizontes de límites gradual definidos como Ap-C-IIC, de profundidad variable se generalizan para los Suelos de la serie La Molina. Para la caracterización físico-química del área en estudio, se realizó un muestreo aleatorio. El análisis de muestra se realizó en el laboratorio de análisis de suelos y plantas de la UNALM, presentando los resultados en el Cuadro 7. Los resultados del análisis presentan un suelo de textura franco arenoso, lo cual indica que posee una moderada capacidad de retención de humedad, adecuada permeabilidad y buena aireación, el pH ligeramente básico (7.3). Presenta un nivel bajo en el contenido de materia orgánica y por tanto también de nitrógeno total, que determina una elevada probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada. El contenido de CaCO₃ (3.1%), está en el límite de medio alto. De acuerdo a la conductividad eléctrica (6.1 dS/m) es un suelo con moderada salinidad. De otro lado, el contenido de fósforo disponible (8.9 ppm) es medio. Asimismo, el contenido de potasio disponible (83 ppm) calificándolo como bajo. La CIC (12.32 cmol (+)/kg), está en el límite de los rangos bajo y medio, muestra una fertilidad potencial baja de suelo. Asimismo, respecto a las relaciones catiónicas, Ca/Mg = 4.7 presenta indica un valor relativamente bajo, para Ca/K = 24.2 la relación es relativamente alta y para Mg/K

=5.1 el valor es relativamente alto, indicando estas relaciones que el potasio en primer lugar y calcio son cationes que se encuentran por debajo del equilibrio nutricional.

Cuadro 7. Análisis de caracterización del suelo.

Determinación	Valor	Unidad	Método de Análisis
Conductividad Eléctrica (C.E.e)	6.1	dS/m	Lectura del extracto de saturación
Análisis mecánico			
Arena	61.0	%	Hidrómetro de Bouyucos
Limo	23.0	%	Hidrómetro de Bouyucos
Arcilla	16.0	%	Hidrómetro de Bouyucos
Clase Textural	Franco arenoso		Triángulo Textural
pH	7.3		Potenciómetro 1:1 Agua/Suelo
Calcáreo total	3.1	%	Gas Volumétrico
Materia Orgánica	0.57	%	Walkley y Black
Fósforo disponible	8.9	Ppm	Olsen modificado
Potasio disponible	83	Ppm	Acetato de Amonio 1N/pH 7
Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)	12.32	meq/100g	Acetato de Amonio 1N/pH 7
Cationes cambiables			
Ca ⁺⁺	9.45	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica
Mg ⁺⁺	2.00	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica
K ⁺	0.39	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica
Na ⁺	0.48	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica

**Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, plantas, agua y fertilizantes de la UNALM, 2015.*

3.1.3. Características del agua de riego

En el Cuadro 8. Se presenta el análisis del agua de riego. La calidad del agua queda establecida de acuerdo con lo propuesto por Ayers y Wescott (**FAO-1985**) y Comité de Consultores (**California – 1972**). La muestra de agua de riego proviene de la red de agua de la UNALM, se clasifica como altamente salina, siendo la conductividad eléctrica de 3.1 dS/m (C4). Las circunstancias muy especiales que permitan su uso, estarán relacionadas con suelos de excelente drenaje, con plantas resistentes a la salinidad y con pérdidas significativas del rendimiento y degradación de los suelos regados. El uso de estas aguas afectará suelos y plantas siendo la restricción de uso de grado severo debido a que el riesgo de salinidad de los suelos es inminente. Solo debe utilizarse en el riego en circunstancias muy especiales, con sistemas de riego localizados de alta frecuencia, en suelos con buen drenaje, empleando mezclas de agua, volúmenes suplementarios de agua para el lavado del suelo y utilizando cultivos altamente resistentes a la salinidad y a la toxicidad por iones específicos, pero que, sin embargo, se presentarán pérdidas significativas del rendimiento y su uso generará graves problemas de salinidad en los suelos. La Relación de Adsorción de sodio (RAS) de 3.8 es baja, lo que implica que no generará problemas de alcalinidad (S1). En general, aguas con valores menores de 6.0 de RAS pueden usarse para riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. Asimismo, se observa que por la presencia significativa de iones calcio (19.3 me/l), sodio (13.48 me/l) y de cloruros (23.2 me/l) las sales que van a predominar en el suelo son sulfatos y cloruros de calcio y sodio, sales muy solubles y, por tanto, muy salinas, responsables de la elevada conductividad eléctrica del agua y de su significativo efecto osmótico. De otro lado, el boro se encuentra a una concentración ligeramente elevada (0.75) ppm. Es esencial para las plantas, pero es muy tóxico a concentraciones mayores, por lo que pueden existir problemas de toxicidad por boro en especies sensibles. También, cloruros y sodio se encuentran a niveles por encima de los límites permisibles, esperándose efectos negativos en la fisiología de las plantas cultivadas. El análisis indica también que el agua de riego presenta significativa presencia de nitratos (0.65 me/l), anión no común en las aguas de riego, pero que se convierte en un aporte suplementario de nitrógeno para el cultivo y que debería ser considerado en el balance nutricional de este elemento.

Cuadro 8. Análisis de agua de riego.

<i>Determinación</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
Cea	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	
Sodio	35.1	%
RAS	3.8	
Boro	0.75	Ppm
Clasificación		C4-S1

**Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, plantas, agua y fertilizantes de la UNALM, 2015*

Cuadro 9. Variables climatológicas de la zona experimental.

	Temperatura media mensual (°C)	Radiación solar circunglobal (Ly/día)	Humedad relativa media mensual (%)	Precipitac ión mensual (mm)	Evaporación del tanque media (mm/día)	Heliofania (Horas)
Setiembre	17.6	117.9	80.3	3.7	1.9	148.4
Octubre	18.6	151.3	79.8	2.0	2.4	135.7
Noviembre	18.9	135.7	79.3	2.7	3.1	72.4
Diciembre	20.8	162.0	77.9	1.8	3.8	97.3
Enero	23.4	185.0	72.4	2.7	4.4	132.8
Promedio	19.8	150.4	77.9	2.6	3.1	117.3

Fuente: observatorio Alexander von Humboldt-UNALM

3.1.4. Características del clima en la zona experimental

Según el sistema modificado de Koeppen, basado en promedios anuales de precipitación y temperatura, la zona de La Molina ha sido clasificada como desierto subtropical árido caluroso, donde la temperatura promedio anual oscila por los 18.5 °C con una precipitación promedio anual de 16mm. En el Cuadro 9, muestra los registros climáticos del observatorio Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria La Molina correspondientes a la zona experimental durante el periodo de desarrollo del cultivo.

3.1.5. Variedad de quinua La Molina 89

La Molina 89, está caracterizada como precoz (130 días hasta la maduración total), no presenta ramificación, tiene una sola panoja por planta, que es de tipo amarantiforme, compacta, de aproximadamente 36 cm de longitud y 7-9 cm de diámetro, con granos de color crema; la planta mide en promedio 1.3 m de longitud. **Timaná (1992)**, señala que la línea avanzada 5, actualmente variedad La Molina 89; ha sido seleccionada de un material colectado en el altiplano por su precocidad, buen rendimiento y tipo de planta. Se sabe además que presenta tolerancia al mildiu (**Apaza, 1995**).

3.1.6. Fuente de fertilizantes

Cuadro 10. Porcentaje de macronutrientes en fertilizantes usados en el estudio

Fertilizante/Ley	N	P2O5	K2O
Nitrato de amonio	33.5%	-	-
Ácido fosfórico	-	52.0%	-
Sulfato de potasio	-	-	50.0%

3.1.7. Sistema de riego por goteo

Matriz

- 2 válvulas de 3/4 pulg. (Llave de apertura/ cierre)
- 1 válvula de 1/2 pulg. (Llave de ingreso del fertilizante)
- 16 m. de tubería principal de PVC de 1 pulg.
- 1 filtro de anillos de 3/4 pulg.
- Un contómetro de agua tipo reloj
- 12 micro-válvulas de 16 mm de diámetro.

Laterales

151.2 m de laterales de riego de 16 mm

504 goteros autocompensados

12 conectores de salida

12 terminales de línea

Fertilización

1 tanque de inyección de fertilizantes

1 inyector venturi

3.1.8. Registro de la humedad del suelo

Barreno agrológico (tornillo muestreador), latas de humedad, cilindros de cobre de de relación masa/volumen, balanza de precisión, estufa (105 °C)

3.1.9. Curva característica de humedad

La figura 1, muestra la característica de humedad del suelo del ensayo determinada en los laboratorios de SGS del Perú.

3.1.10. Otros materiales

Fase de campo

Mochila de fumigación, cámara fotográfica, libreta de campo, insecticidas y fungicidas, bolsas plásticas, agua, lápiz, pala, pico, rastrillo y serrucho, cinta métrica y wincha, cordeles, letreros, bolsas de papel kraff, libreta de campo, mangueras, baldes, tijera de podar, rafia.

Fase de laboratorio

Balanza digital de precisión, estufa, cámara fotográfica, tijera, lápiz, probeta, vernier, agitador, tubos de ensayo, tamices de 2-1,7-1,4mm y, ventiladora de grano.

3.2. Metodos

El presente ensayo probó el efecto de la aplicación de nitrógeno en dos sistemas de riego; riego en superficie por surcos y localizado por goteo en el cultivo de quinua var. 'La Molina 89'. Los niveles de nitrógeno en estudio fueron; NO: testigo, N1: 40 kg/ha, N2: 80 kg/ha, N3: 120 kg/ha, N4: 160 kg/ha, N5: 200 kg/ha de nitrógeno. El sistema de siembra fue directa depositando 3 semillas por golpe, en el desahije se dejó dos plantas por golpe. Los golpes de siembra se distanciaron cada 10 cm, determinando una densidad media de 150,793 plantas/ha. Todas las subparcelas recibieron iguales labores culturales, control sanitario y fertilización.

En el riego por goteo se usaron 6 laterales de riego distanciados uno del otro por 1.40 m, cada lateral tuvo una longitud de 12.3 m con 42 goteros distanciados 0.3 m. Cada parcela de producción fue subdividida en 6 subparcelas de 7 emisores y 2.52m² de área efectiva. Al inicio del experimento se utilizó el sistema de riego por goteo en todas las parcelas, durante los primeros 15 días, pasado este periodo de tiempo se procedió a la diferencia de sistemas de riego.

En general, las labores agronómicas y de sanidad del cultivo fueron manejadas a un nivel estándar para no afectar los resultados de los tratamientos. Previamente a la instalación del cultivo se realizaron las labores correspondientes para acondicionar el campo. Con pico y lampa se eliminó el material vegetal que quedó del cultivo anterior (esparrago). Para las camas con sistema de riego por goteo se hicieron camas de 1 m de ancho y 15 cm de altura y para las camas de riego por superficie-surcos se hicieron zanjas de 0.5m de ancho y 10 cm de profundidad. Se marcaron las calles, se desterrono, limpio y niveló el área de ensayo. También se hizo arreglos en el sistema de riego (cambio de goteros obstruidos, microválvulas deterioradas, laterales dañados, etc.)

Para la aplicación de las fuentes fertilizantes en la práctica de la fertirrigación en el sistema de riego por goteo se realizó lo siguiente: los fertilizantes fueron disueltos previamente para su aplicación a través del fertilizador, utilizando el principio de diferencia de carga hidráulica hacia la corriente de riego. Para la aplicación de los niveles de nitrógeno en estudio, la aplicación fue directa, en solución y utilizando recipientes calibrados.

El control de los regímenes de riego programados, se realizó mediante un contómetro de agua ubicado a la entrada del módulo experimental. El riego programado por ciclo

vegetativo del cultivo y fraccionados para cada uno de sus estados fenológicos, fueron calculados y aplicadas mediante las lecturas inicial y final en el contómetro.

En el caso de la aplicación de fertilizantes para la práctica de fertilización en el sistema de riego por gravedad se realizó lo siguiente: El fertilizante nitrato de amonio fue aplicado en campo directamente sin disolver en las cantidades establecidas en estudio en cada subparcela. En cambio, con los fertilizantes ácido fosfórico y sulfato de potasio se disolvieron en un recipiente debidamente calibrado para la aplicación establecida de cada fertilizante. El control de los regímenes de riego programados para el riego por superficie-surcos se realizó mediante el cálculo del caudal de agua, para esto se estableció el tiempo y la cantidad de agua ubicado a la entrada del módulo experimental. El riego programado por ciclo vegetativo del cultivo y fraccionados para cada uno de sus estados fenológicos, fueron calculados y aplicadas mediante las lecturas inicial y final en el contómetro.

3.2.1. Programación del riego en riego en superficie por surcos y localizado-goteo

La programación del riego, en base a las características fenológicas del cultivo de quinua, considerando diez estadios fenológicos; E: emergencia, CL: crecimiento lento, DH: desarrollo de hojas, AOF: aparición del órgano floral, ETP: elongación del tallo y panoja, IF: inicio floración, A-50%: antesis al 50%, GL: grano lechoso, GP: grano pastoso, GM: grano maduro. Asimismo, los valores K_c fueron establecidos en base a información actualizada para cada estadio fenológico del cultivo de quinua var. La Molina 89 fueron de: 0.45 (E), 0.67 (CL), 0.74 (DH), 0.85 (AOF), 0.94 (ET-P), 1.09 (IF), 1.26 (A-50%), 1.17 (GL), 0.91 (GP) y 0.74 (GM), con un K_c media/campaña de 0.88 (**Burin, 2016**)

3.2.2. Niveles de la fertilización nitrogenada

El nivel de fertilización de fosforo y de potasio fue similar para todos los niveles de nitrógeno en estudio.

Cuadro 11. Cantidad de fertilizantes según niveles en estudio.

NIVELES DE FERTILIZACION	Nitrógeno (kg/ha N)	Fosforo (Kg/ha P2O5)	Potasio (kg/ha K2O)
N0	0	80	120
N1	40	80	120
N2	80	80	120
N3	120	80	120
N4	160	80	120
N5	200	80	120

Cuadro 12. Programa de actividades de fertilización.

DDS	<i>Aplicaciones de NITROGENO</i>	<i>Aplicaciones de FÓSFORO</i>	<i>Aplicaciones de POTASIO</i>
22		1era	
29	1era	2da	
36	2da	3ra	
43	3ra	4ta	
50	4ta		1era
57	5ta		2da
64	6ta		3ra
71	7ma		4ta
78	8va		5ta
85	9na		6ta
92	10ma		7ma
99			8va
106			9na
113			10ma

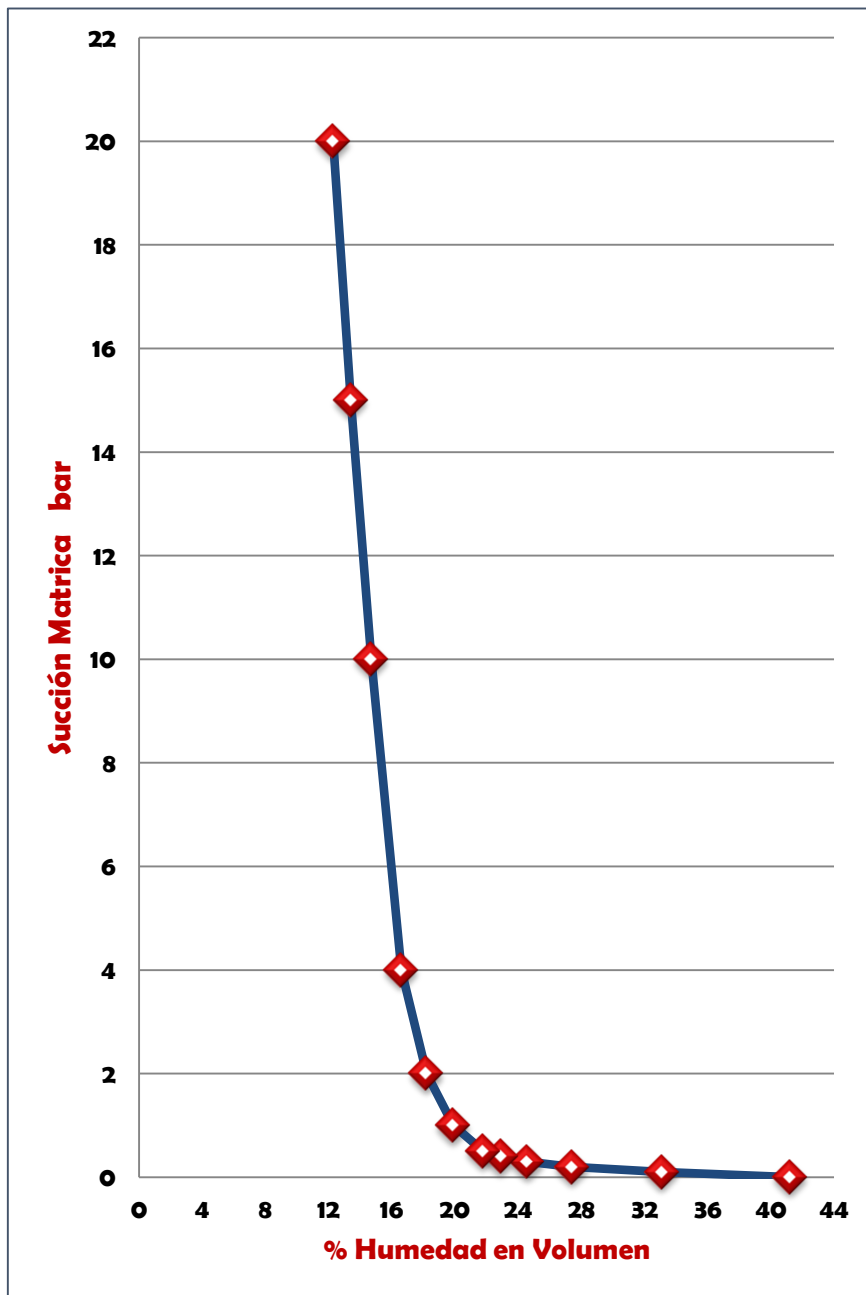
3.2.3. Registro de la humedad del suelo

Con el fin de determinar la forma en que el agua del suelo es utilizada por evapotranspiración, se determinó la humedad del suelo antes y después de cada riego por el método gravimétrico. Las muestras periódicas de humedad del suelo fueron obtenidas, en los principales estadios fenológicos del cultivo, con el método del muestreo directo con un tornillo muestreador a tres profundidades (15-30, 30-45, 45-60 cm). Los valores del porcentaje de humedad gravimétrica, fueron convertidos a humedad volumétrica en base a la densidad en volumen, obtenida previamente por el método del cilindro para cada profundidad de muestreo. Los valores de humedad volumétrica fueron ploteados en la curva característica de humedad para determinar los valores de succión mátrica en cada caso.

3.2.4. Curva característica de humedad

Una de las características físicas más importante para la irrigación son las curvas de retención de humedad, definida como la evolución de la humedad del suelo respecto de su potencial. Denominada también curva de desorción o curva de pF, su determinación (Richards, 1965) tiene gran importancia agrícola, debido a que es una de las características físicas más importantes para los suelos irrigados.

Figura 1. Curva Característica de Humedad Textura del Suelo: Franco Arenoso



ψ_m (bar)	% Hum. Vol.
0	40.2
0.1	32.3
0.2	26.8
0.25	26.0
CC	23.6
0.3	23.6
0.4	22.1
0.5	21.7
1	19.50
2	18.00
4	16.60
10	14.70
PM	13.30
15	13.30
20	12.1

Composición mecánica: 61.0% arena - 23.0% Limo - 16.0% Arcilla

LOCALIZADO POR GOTEO

CC – PM = HA = 10.3 volúmenes de humedad

Da = 1.49 g/cc

Criterio de Riego (CR) = Ψ_m - 0.2 bar - Ψ_m - 0.4 bar = 26.8% - 22.1% Hum.vol. = 4.7 vol.

Lámina neta = 4.7 vol. Hum. x 60cm x 0.22 = 6.34 mm

RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

CC – PM = HA = 10.3 volúmenes de humedad

Da = 1.49 g/cc

Criterio de Riego (CR) = Ψ_m - 0.3 bar - Ψ_m - 2 bar = 23.6% - 18.0% Hum.vol. = 5.6

Lámina neta = 5.6 vol. Hum. x 60 cm = 33.6 mm

Estas curvas permiten estimar la cantidad de agua que un suelo puede almacenar dentro de ciertos límites dados de succión. Conociendo esta característica se puede interpretar la humedad del suelo en base al potencial correspondiente. Este potencial indica la energía que debe gastarse para abstraer una unidad de agua de ese suelo a esa humedad. Para la planta significa la energía que debe gastar para extraer del suelo, agua de transpiración bajo las condiciones de humedad existente, condición que indica que la disponibilidad de agua para las plantas no depende de la cantidad que exista en el suelo, sino de su estado energético, el cual en suelos no salinos depende de la composición mecánica de su matriz física.

3.2.5. Características del campo experimental

Del Campo Experimental

Largo efectivo : 12.6 m
Ancho efectivo : 21.6 m
Área efectiva : 272.16 m²

Del bloque

Largo efectivo : 12.9 m
Ancho efectivo : 3.6 m
Área efectiva : 46.44m²
Número de bloques : 6

De la parcela

Largo : 12.9 m
Ancho : 1.4 m
Área : 18.06 m²
Número de parcela : 12

De la subparcela

Largo efectivo : 1.8 m
Ancho efectivo : 1.4 m
Área efectiva : 2.52 m²
N° de subparcela : 72

3.2.6. Factores en estudio

Cuadro 13. Sistemas de riego.

Clave	SISTEMA DE RIEGO
S1	SUPERFICIE POR SURCOS
S2	LOCALIZADO POR GOTEO

Cuadro 14. Niveles de nitrógeno en estudio.

Clave	Nivel (kg/ha de N)
N0	0
N1	40
N2	80
N3	120
N4	160
N5	200

3.2.7. Diseño experimental

El diseño experimental fue parcelas divididas. Los sistemas de riego fueron asignados a nivel de parcelas dentro de cada bloque y los niveles de nitrógeno fueron asignados aleatoriamente a nivel de sub parcelas, dentro de cada parcela. El análisis de variancia y las diferencias de medias se realizaron a través de la aplicación del software estadístico SAS V.8. (Statistical Analisis System).

<i>Fuentes de Variación</i>	<i>GRADOS DE LIBERTAD</i>
Bloques	5
Láminas de riego (A)	1
Error (a)	5
Variedades (B)	5
Interacción AxB	5
Error (b)	50
Total	71

Modelo Estadístico

$$Y_{ijk} = \mu_{...} + \rho_{..k} + \alpha_i + \xi_{(\alpha)} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \xi_{(\beta)}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Valor en el k bloque en la parcela i y la subparcela j .

$\mu_{...}$ =Efecto de la media general.

$\rho_{..k}$ = Efecto del j -ésimo bloque.

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor “A”.

$\xi_{(\alpha)}$ = Error experimental de parcelas.

β_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor “B”

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el bloque j -ésimo nivel del factor B.

$\xi_{(\beta)}$ = Error experimental de subparcelas.

3.2.8. Evaluaciones experimentales

Rendimiento comercial (kg/ha)

Terminada la recolección de panojas del campo, se hicieron secar al ambiente para después proceder a la trilla, limpieza y venteo, finalmente se pesó el rendimiento de cada subparcela y se procedió de acuerdo a la fórmula de Jenkins modificado.

$\text{Peso corregido por fallas} = \text{Peso de campo} (M - 0.3 N / M - N)$

Peso corregido por fallas = Peso de campo (M – 0.3 N / M –N)

M = número de plantas cuando la población es perfecta (0 fallas)

N = número de fallas; una falla cuando no hay plantas en el golpe.

Para realizar la corrección por humedad y expresar el peso a 14.0% de humedad, se utilizó la siguiente relación:

$\text{Factor de corrección (FC)} = 100 - \% \text{ de humedad a la cosecha} / 86$
--

Peso corregido a 14% de humedad (PCH)

$$\text{PCH} = \text{FC} \times \text{Peso de campo corregido por fallas}$$

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

$$\text{FP} = 10\,000 \times 0.971 \times / A$$

A = Área de la parcela en m²

0.971 = coeficiente de contorno.

Finalmente:

Rendimiento (kg/ha)

$$R = \text{FP} \times R \text{ por subparcela corregido por fallas y por humedad del grano}$$

R = Rendimiento

FP = Factor de producción

3.2.9. Componentes del rendimiento

Número de plantas por m²

Se tiene un promedio de 12.2 plantas/m²

Número de panojas por planta

Se usó una sola variedad de quinua la cual presento una sola panoja por planta, por lo que su número es igual al número de plantas por subparcela.

Peso de 1000 granos (g)

Se realizó un conteo manual y se pesó en una balanza analítica.

Rendimiento de grano por panoja (g)

Ya que cada planta presenta una sola panoja, el rendimiento por panoja fue hallado dividiendo el rendimiento de cada subparcela entre el número de plantas presentes en la misma.

3.2.10. Variables de crecimiento del cultivo

Altura de planta (cm)

Se midió con una regla graduada desde la base de la planta hasta el punto apical de la panoja. Para ello se tomaron 2 plantas al azar de cada una de las 72 subparcelas.

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.

Diámetro de tallo (cm)

Con la ayuda del Vernier se tomó la medida a 5cm del corte de la planta.

Materia seca total (g)

Se determinó por separado el peso de la materia seca de toda la parte aérea de la planta por (tallos, hojas, porción de panojas), para ello, se empleó una estufa a temperatura constante de 70 °C por 4 días.

Componentes de la materia seca total (g)

Estos son la materia seca de las hojas, materia seca de tallos, y materia seca de la porción de panoja, para determinarla se realizó la metodología descrita para hallar la materia seca total. La materia seca de la panoja fue determinada con una porción de esta, se tomó la zona apical incluyendo el eje central y los ejes secundarios, terciarios, pedicelos y glomérulos, estos últimos constituidos por los perigonios y los granos

3.2.11. Parámetros Agronómicos del cultivo de quinua

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

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

$$EUA \left(\frac{Kg}{m^3} \right) = \frac{\text{Rendimiento quinua grano} \left(\frac{Kg}{ha} \right)}{\text{Requerimiento de riego aplicado} \left(\frac{m^3}{ha} \right)}$$

Evapotranspiración del cultivo (ETc = m³/ha/ campaña)

Es la cantidad de agua evapotranspirada durante el ciclo vegetativo del cultivo.

Evapotranspiración del cultivo (ETc = m³/ha/ campaña)

Es la cantidad de agua evapotranspirada durante el ciclo vegetativo del cultivo.

Coefficiente de transpiración (CT= 1/kg)

Litros de agua evapo-transpirados por kg de materia seca total producida.

Índice de cosecha (IC%)

Materia seca de grano por planta respecto a la materia seca total expresado en porcentaje.

Índice de área foliar (IAF)

Viene a ser la relación entre la superficie foliar (m²) respecto a los m² de superficie de terreno.

3.2.12. Características de calidad del grano**Determinación de nitrógeno total en tejidos vegetales**

Para establecer el porcentaje de proteína, se determinó la cantidad de nitrógeno en tejidos vegetales empleando el método de micro-Kjeldahl

En principio el nitrógeno orgánico se convierte en sulfato de amonio en el proceso de digestión o ataque por acción del ácido sulfúrico adicionado. Durante la destilación por la adición del hidróxido de sodio, el amonio que se desprende es recibido en una solución de ácido bórico para luego formar el borato de amonio. Durante la titulación con una solución valorada de ácido sulfúrico, se regenera el ácido bórico y la cantidad de amonio que contiene la muestra que es determinada mediante cálculos correspondientes.

Materiales y equipos

Microbureta de 10 ml, Balones de Kjeldahl de 30 ml, Matraz Erlenmeyer de 50 ml, Fiolas de 100 y 1000 ml, tapones de jebe, porta balones, balanza de precisión de 0.01 g, digestor y destilador micro Kjeldahl,

Reactivos

Ácido sulfúrico (H₂SO₄) Q.P., hidróxido de sodio (NaOH), ácido bórico (H₃BO₃), mezcla de selenio, fenolftaleína, rojo de metilo, azul de metileno. alcohol etílico 96%, agua desionizada.

Soluciones

Solución estándar de ácido sulfúrico 0.1 N: Diluir 2.8 ml de ácido sulfúrico en 400 ml de agua desionizada, enfriar y llevar a volumen de 1000 ml Esta solución debe estandarizarse

o valorarse con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N libre de carbonato, usando como indicador la fenolftaleína.

Indicador: Disolver 100 mg de rojo de metilo y 180 mg de azul de metileno en 100 ml de alcohol etílico. Solución de ácido bórico al 2%: Disolver 20 g de ácido bórico en 600 ml de agua desionizada caliente, enfriar. Adicionar 3 ml del indicador y llevar a volumen de 1000 ml con agua desionizada. Solución de hidróxido de sodio 50%: Disolver 1000 g de hidróxido de sodio (en escamas) en 1000 ml de agua desionizada; adicionar 1 g de fenolftaleína en polvo y agitar.

Procedimientos

En un disco o cuadrado de papel pesar 0.1 g de la muestra. Doblar el papel con el contenido e introducir dentro de un balón Kjeldahl de 30 ml. Agregar 0.5 g de la mezcla de selenio y 3 ml de ácido sulfúrico. Digerir el material hasta que el residuo se torne claro. Añadir de 2 a 3 ml de agua desionizada al balón frío. Verter al aparato de destilación a través de un embudo. Enjuagar el balón 2 veces con agua desionizada. Abrir la llave y dejar caer lentamente el contenido a la cámara de vapor. Añadir 5 ml de la solución de hidróxido de sodio. Volver abrir la llave y dejar caer nuevamente hasta que la solución de la cámara se torne un rojo carmesí (grosella). Cerrar la llave y dejar destilar. Previamente se debe colocar en el tubo de destilado un matraz Erlenmeyer, que debe contener 20 ml de la solución de ácido bórico más 2 a 3 gotas del indicador. Considerar como punto final cuando el contenido del matraz Erlenmeyer tome un color verde, dejar un margen de destilación de 3 min aproximadamente 10 ml.

Cálculos

$$N (\%) = \frac{N. ac \times g \times 0.014 \times 100}{Wm}$$

Donde:

N.ac : Normalidad de la solución acida empleada en la titulación

g : Gasto de la solución de ácido empleado en la titulación en ml

0.014 : Factor para transformar mg de nitrógeno en g de nitrógeno

100 : Factor para expresar en porcentaje

Wm : Peso de muestra en g

Para convertir el contenido de nitrógeno a contenido de proteínas se usó el factor de corrección: $N (\%) * 6.25$ (FAO, 2003)

Saponinas en grano (%)

El procedimiento consiste en pesar entre 0,1005 y 0,099 g de granos enteros de quinua y colocarlos en un tubo de ensayo. Añadir 5,0 ml de agua destilada y tapar el tubo. Poner en marcha el cronómetro y sacudir vigorosamente el tubo durante 30 segundos. Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos, luego sacudir otra vez durante 20 segundos. Dejar en reposo durante 30 minutos más, luego sacudir otra vez durante 30 segundos. Dar al tubo una última sacudida como el que se da a los termómetros orales. Dejar el tubo en reposo 5 minutos, luego medir la altura de la espuma.

$$\%SAPONINA = \left(\frac{H - 0.29}{3.74} \right) * 100$$

H: Medida de la espuma en cm

3.2.13. Conducción del experimento

En el Cuadro 15 se presenta la cronología de la conducción del ensayo, que consta de las siguientes actividades:

Se realizó un lavado de suelo en el área experimental para evitar en lo posible la moderada salinidad del suelo por uso de agua de riego de salinidad elevada y la interacción del efecto residual de ensayos anteriores.

Se eliminó los precipitados de las mangueras y goteros realizando un remojo y lavado en lejía al 3.0% de todo el material durante una semana, después fueron enjuagados y devueltos al campo. Se removió el suelo superficial de las camas a una profundidad aproximada de 30 cm, considerando un ancho de cama de 0.80 m a lo largo de cada lateral de riego y a una altura de 15 cm aproximadamente. Para el sistema de riego por superficie se removió el terreno y se trazaron surcos de un ancho de 0.80 m y una profundidad de 15 cm. Finalmente se nivelaron.

Se realizó la siembra directa (2 de setiembre) de 3 A 5 semillas por golpe a 10 cm de distancia entre cada golpe. La siembra se realizó a 15 cm del lateral de riego, la semilla fue cubierta con arena (0.5 cm) para facilitar su emergencia.

Los riegos diarios según la programación de las láminas en estudio fueron realizados mediante el control el contómetro instalado al inicio del módulo de riego. Se tomaron muestras quincenales de humedad del suelo.

Cada fuente de fertilizante fue solubilizada y esta solución elevada 5 metros sobre el nivel del campo, desde donde fue inyectada a la red de riego. El fosforo se aplicó fraccionando en 4 partes, el nitrógeno en 10 al igual que el potasio, estos tres fertilizantes fueron aplicados con una frecuencia de 7 días.

El desahíje fue efectuado junto con el deshierbo y el primer aporque. Se realizó manualmente, cuando las plantas presentaron una altura aproximada de 20 cm, para evitar el ahilamiento de tallos y la competencia por nutrientes. El distanciamiento entre plántulas fue de 10 cm para obtener una densidad de 150,793 plantas/ha. Se realizaron tres aporques, el primero en el desahíje y deshierbe, el segundo antes de la floración y el tercero en el llenado de grano con la finalidad de evitar el tumbado de las plantas debido al gran tamaño alcanzado.


El cultivo sufrió el ataque inicialmente de prodiplosis en los dos primeros mes causando daño a brotes y deformación del crecimiento de plántula. Se observó la presencia de spodoptera eridania en floración y llenado de grano, sin embargo, no causaron daños significativos gracias al control químico general de la siembra del cultivo. También en la etapa de formación de grano se presentó la plaga eurysacca sp. En la que se tuvieron problemas con el control ya que esta plaga ingresaba dentro de la panoja, lugar de difícil acceso para los insecticidas, para la etapa de maduración y secado de la planta la plaga estaría controlada. El ataque de aves fue contrarrestado en cierto porcentaje con mallas anti-áfidos y protegiendo las panojas con bolsas de papel kraf. En cuanto a enfermedades se presentó mildiu en la etapa de dos hojas verdaderas, se pudo controlar con la aplicación metalaxil.

La cosecha se realizó en forma manual, en cada subparcelas y consistió en el corte de las panojas, luego de ello se secaron las panojas exponiéndolas al sol y después se procedió a la trilla, limpieza, venteo y finalmente pesado de granos.

Figura 2. Disposición de las parcelas experimentales del ensayo.

N4	N1	N3	N2	N5	N4	NO	NO	N1	N5	N2	N3
N2	NO	N5	N4	N1	N2	N4	N5	N3	N3	NO	N1
NO	N3	N4	NO	N3	N1	N2	N4	N5	N2	N1	N5
N3	N5	N1	N3	N2	NO	N5	N2	NO	N1	N4	N4
N1	N2	NO	N1	N4	N5	N3	N3	N2	N4	N5	NO
N5	N4	N2	N5	NO	N3	N1	N1	N4	NO	N3	N2
1 RLAF: GOTEO	POR SURCO	2 RLAF GOTEO	POR SURCO	3 RLAF GOTEO	POR SURCO	4 RLAF GOTEO	POR SURCO	5 RLAF GOTEO	POR SURCO	6 RLAF GOTEO	POR SURCO

Niveles de nitrógeno

	N0: 0 Kg/Ha
	N1: 40 kg/ha
	N2: 80kg/ha
	N3: 120kg/ha
	N4: 160kg/ha
	N5: 200kg/ha

Cuadro 15. Conducción del ensayo.

- Muestreo de suelos para evaluar salinidad y niveles de nutrientes
- Lavado del suelo para desplazar las sales o eliminar la interacción con tratamientos anteriores en el campo y además para facilitar la preparación del terreno
- Limpieza del sistema de riego
- Preparación del terreno (desterronado, formación de camas, nivelado)
- Apertura del sistema de riego
- Siembra
- 1ra aplicación de P, muestreo de humedad del suelo (quincenales)
- Diferenciación de riego localizado y riego por superficie
- Desahíje, eliminación de plantas atípicas, deshierbe y primer aporque
- 2da aplicación de P
- 1ra aplicación de N y 3ra de P
- 2da aplicación de N y 4ta de P
- 3ra aplicación de N
- 4ta aplicación de N y 1ra de K
- Segundo aporque
- 5ta aplicación de N y 2da de K
- 6ta aplicación de N y 3ra de K
- 7ma aplicación de N y 4ra de K
- 8va aplicación de N y 5ra de K
- 9na aplicación de N y 6ra de K
- 10ma aplicación de N y 7ma de K
- Aporque definitivo
- 8va aplicación de K
- 9na aplicación de K
- 10ma aplicación de K
- Registro de altura de plantas, conteo de plantas
- Determinación de pesos secos y área foliar
- Cosecha
- Secado de parvas
- Trilla y limpieza de grano

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los Cuadros 16 y 17 que se presentan y discuten a continuación para los sistemas por surcos y por goteo respectivamente, han sido elaborados en base a los cuadros que figuran como anexos, en los cuales se muestran los valores promedios de las variables de crecimiento, del rendimiento y de sus componentes, de la materia seca total y su distribución del cultivo. Se considera el análisis de variancia del combinado de los factores en estudio, la prueba de comparación de medias de Duncan.

4.1. Parámetros agronómicos y programación del riego en la variedad de quinua La Molina 89.

Los cuadros a continuación presentan los resultados generales, los parámetros agronómicos y la calidad de grano que caracterizan al cultivo de la quinua; eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m³), índice de cosecha (IC%), índice de área foliar (IAF-m²/m²), coeficiente de transpiración (CT-L/kg), evapotranspiración del cultivo (ETc-mm/campaña), para cinco niveles de nitrógeno en dos sistemas de riego; superficie y localizado.

4.1.1. Resultados generales de cinco niveles de nitrógeno en quinua por sistema de riego.

Bajo las condiciones de clima, suelo y manejo agronómico del presente ensayo, el cultivo de quinua, con un periodo vegetativo de 160 días desde la siembra (DDS), presentó un rendimiento de grano quinua promedio fue de 2,935 kg/ha, una altura de planta 149.1 cm, 256.0 cm²/planta de área foliar, 50.2 g de materia seca total, 12.1 plantas/m², 30.7 gramos de grano de quinua por panoja, 2.83 gramos peso promedio de 1000 granos. Asimismo, una eficiencia de uso de agua promedio de 0.61 kg/m³, 23.4% de índice de cosecha, 0.318 m²/m² de índice de área foliar y 576.0 l/kg de coeficiente de transpiración. Finalmente, el porcentaje promedio de proteínas fue 17.3% y 1.56 cm de saponina en grano.

Respuesta por sistema de riego.

Bajo las condiciones del sistema por surcos, el rendimiento de grano quinua fue de 2,503 kg/ha, con un requerimiento de riego de 7366.8 m³ hay una población media de 12.5 plantas/m². Las plantas alcanzaron una altura de 142.7 cm, expandieron una superficie

foliar de 215.9 cm²/planta y acumularon un total de materia seca de 42.9 g/planta. El peso promedio de grano de quinua por panoja fue 24.34g y el peso promedio de 1000 granos fue de 2.77 g. Asimismo la eficiencia de uso de agua fue de 0.339 kg/m³, 20.36% de índice de cosecha, 0.27 m²/m² de índice de área foliar y un valor de 581.5 l/kg del coeficiente de transpiración. Finalmente, el porcentaje promedio de proteínas fue 17.2%, y 1.5% de saponina en grano.

En el sistema por goteo, el rendimiento de grano quinua fue de 3,367 kg/ha, con un requerimiento de riego de 3,815.8 m³/ha y una población media de 11.18 plantas/m². Las plantas alcanzaron una altura de 155.5 cm, expandieron una superficie foliar de 296.1 cm²/planta y acumularon un total de materia seca de 57.4 g/planta. El peso promedio de grano de quinua por panoja fue 37.0 gr y el peso promedio de 1000 granos fue de 2.89 g. Asimismo la eficiencia de uso de agua fue de 0.88kg/m³, 26.4% de índice de cosecha, 0.36m²/m² de índice de área foliar y un valor de 570.4 l/kg del coeficiente de transpiración. Finalmente, el porcentaje promedio de proteínas fue 17.4%, y 1.5% de saponina en grano.

Respuesta por nivel de nitrógeno

N0: TESTIGO no fertilizado

A nivel del testigo no fertilizado con nitrógeno, el rendimiento de grano quinua fue de 2,246 kg/ha en surcos y de 2,992 kg/ha en goteo. Bajo estas condiciones las plantas alcanzan una altura de 143.8 cm en surcos y 156.8 cm en goteo. Asimismo, se expandieron una superficie foliar de 221.3 cm²/planta en surcos y 370.7cm²/planta en goteo y el peso de grano panoja promedio fue de 22.7 g en surcos y 27.7 g en goteo.

N1: Nivel 40kg/ha

A nivel de 40kg/ha N el rendimiento de grano quinua fue de 2,467 kg/ha en surcos y 3,250 kg/ha en goteo. Bajo estas condiciones las plantas alcanzan una altura de 141.0 cm en surcos y 157.7 cm en goteo. Asimismo, expandieron una superficie foliar de 261.2 cm²/planta en surcos y 233.4 cm²/planta en goteo y el peso de grano panoja promedio de 24.4 g en surcos y 35.1 g en goteo.

N2: 80 kg/ha

A nivel de 80 kg/ha N el rendimiento de quinua fue de 2,766 kg/ha en surcos y 4,065 kg/ha en goteo. Bajo estas condiciones las plantas alcanzan una altura de 141.6 cm en surcos y 168.7 cm en goteo. Asimismo, expandieron una superficie foliar de 157.4 cm²/planta en surcos y 262.6 cm²/planta en goteo y el peso panoja promedio de 25.8 g en surcos y 45.8 g en goteo.

N3: 120 kg/ha

A nivel de 120 kg/ha N el rendimiento de grano quinua fue de 3,240 kg/ha en surcos y 4,432 kg/ha en goteo. Bajo estas condiciones las plantas alcanzan una altura de 142.1 cm en surcos y 149.9 cm en goteo. Asimismo, se expandieron una superficie foliar de 167.1 cm²/planta en surcos y 194.0 cm²/planta en goteo y el peso de panoja promedio fue de 32.26 g en surcos y 51.0 g en goteo.

N4: 160 kg/ha

A nivel de 160 kg/ha N el rendimiento de grano quinua fue de 2,267 kg/ha en surcos y 3,520 kg/ha en goteo. Bajo estas condiciones las plantas alcanzan una altura de 146.3 cm en surcos y 151.3 cm en goteo. Asimismo, expandieron una superficie foliar de 274.7 cm²/planta en surcos y 475.5 cm²/planta en goteo y el peso de panoja promedio fue de 21.0 g en surco y 39.6 g en surcos.

N5: 200 kg/ha

A nivel de 200 kg/ha el rendimiento de grano quinua fue 2,029 kg/ha en surcos y 1,943 kg/ha en goteo. Bajo estas condiciones las plantas presentan una altura de 141.5 cm en surcos y 148.4 cm en goteo. Asimismo, se expandieron una superficie foliar de 213.6 cm²/planta en surcos y 240.5 cm²/planta en goteo y el peso de grano panoja promedio fue de 19.7g en surcos y 22.9g en goteo, respectivamente.

4.1.2. Parámetros agronómicos del cultivo de quinua

El comparativo entre los sistemas de riego indican en riego por surcos, un Kc medio de 0.75 y una ETc media de 2.23 mm/día la eficiencia de uso de agua (EUA) promedio fue 0.33 kg/m³, el índice de cosecha (IC) promedio fue de 20.3%, el índice de área foliar (IAF) promedio fue: 0.27 m²/m², y el promedio del coeficiente de transpiración (CT) fue

de 581.5 l/kg. Para el sistema por goteo, un Kc medio de 0.77 y una ETc media de 2.31 mm/día, los valores promedios de EUA, IC, IAF y CT, fue de 0.88 kg/m³, 26.4%, 0.36 m²/m² y 570.4 l/kg, respectivamente.

Eficiencia de uso de agua (EUA = kg/m³)

La eficiencia de uso de agua es el principal parámetro agronómico de los cultivos, y relaciona los kilogramos producidos por metro cúbico de agua aplicado en el riego (Anexo 16). Para el cultivo de quinua el valor de la media general es 0.605 kg/m³. En este caso los valores de la EUA para sistemas por surcos: 0.33 kg/m³ y por goteo: 0.88 kg/m³.

De otro lado, para niveles de nitrógeno, a nivel de 40 kg/ha N, la EUA fue de 0.33kg/m³ por surcos y 0.84kg/m³ por goteo. A nivel de 80 kg/ha N, la EUA fue de 0.37 kg/m³ por surcos y 1.07 kg/m³ por goteo. A nivel de 120 kg/ha N, la EUA fue de 0.43kg/m³ por surcos y 1.14kg/m³ por goteo. A nivel de 160 kg/ha N, la EUA fue de 0.30 kg/m³ por surcos y 0.92 kg/m³ por goteo. A nivel de N5 200 kg/ha de N, la EAU fue de 0.27kg/m³ por surcos y 0.51 kg/m³ por goteo. Finalmente, para el testigo, la EUA fue de 0.30 kg/m³ por surcos y 0.79 kg/m³ por goteo.

Índice de área foliar

Parámetro que expresa la relación entre la superficie foliar expuesta a la radiación solar por unidad de terreno y, por tanto, un gran estimador de la capacidad de producción del cultivo (Anexo 16). Para el cultivo de quinua el valor de la media general es 0.31 m²/m². En este caso los valores de IAF para los sistemas por surcos: 0.27 m²/m² y por goteo: 0.36 m²/m².

De otro lado, para los niveles de quinua, a nivel de 40 kg/ha N, el IAF fue de 0.32 m²/m² por surcos y 0.31 m²/m² por goteo. A nivel de 80 kg/ha N, el IAF fue de 0.20 m²/m² por surcos y 0.26 m²/m² por goteo. A nivel 120 kg/ha N, el IAF fue de 0.18 m²/m² por surcos y 0.22 m²/m² por goteo. 160 kg/ha N, el IAF fue de 0.37 m²/m² por surcos y 0.61 m²/m² por goteo. A nivel de 200 kg/ha N, el IAF fue de 0.25 m²/m² por surcos y 0.28 m²/m² por goteo. Finalmente, para el testigo, el IAF fue de 0.29 m²/m² por surcos y 0.49 m²/m² en goteo.

Índice de cosecha (IC%)

El índice de cosecha (IC) expresa la eficiencia del cultivo, relacionando la materia seca del producto cosechado (grano de quinua) respecto de la materia seca total producida (tallos + panoja) (Anexo 15). Para el cultivo de quinua el valor de la media general es 23.8%. En este caso los valores de IC para los sistemas por surcos 20.3 y por goteo: 26.4%.

De otro lado, para los niveles de nitrógeno, a nivel de 40 kg/ha N, el IC fue de 22.8% por surcos y 26.0 % por goteo. A nivel de 80 kg/ha N, el IC fue de 21.3% por surcos y 35.0% por goteo. A nivel 120 kg/ha N, el IC fue de 29.7% por surcos y 36.2% por goteo. A nivel 160 kg/ha N, el IC fue de 15.7% por surcos y 23.7% por goteo. A nivel de 200 kg/ha N, el IC fue de 16.5% por surcos y 15.3% por goteo. Finalmente, para el testigo, el IC fue de 15.8% por surcos y 22.2% por goteo.

Coefficiente de transpiración (CT)

Parámetro agronómico que indica la cantidad de agua evapotranspirada (litros) necesaria para producir un kilogramo de materia seca – parte aérea (Anexo 17). Para el cultivo de quinua la media general es 575.9 l/kg. En este caso los valores de Coeficiente de transpiración para el sistema por surcos 581.5 l/kg y por goteo 570.4 l/kg.

De otro lado, para los niveles de nitrógeno, a nivel de 40 kg/ha N, el CT fue de 650.5 l/kg por surcos y 563.7 l/kg por goteo. A nivel de 80 kg/ha N, el CT fue de 559.7 l/kg por surcos y 612 l/kg por goteo. A nivel de 120 kg/ha N, el CT fue de 639.8 l/kg por surcos y 580.4 l/kg por goteo. A nivel de 160 kg/ha N, el CT fue de 502.7 l/kg por surcos y 513.4 l/kg por goteo. A nivel de 200 kg/ha N, el CT fue de 617.7 l/kg por surcos y 607.4 l/kg por goteo. Finalmente, a nivel testigo el CT fue de 518.8 l/kg por surcos y 545.4 l/kg por goteo.

Se hicieron pruebas de saponinas y proteínas en comparación de los diferentes sistemas y niveles de nitrógeno, obteniendo los siguientes resultados.

Porcentaje de proteínas

Parámetro que expresa el porcentaje de proteínas contenido en el grano de quinua (Anexo 5). El valor de la media general para el porcentaje de proteínas presentes en el grano en los sistemas de riego en estudio es 17.3%. Así mismo, los valores del porcentaje de proteínas para cada sistema son; por surcos 17.2% y por goteo de 17.4%.

De otro lado, para niveles de nitrógeno, a nivel de 40 kg/ha N, el porcentaje de proteínas fue de 16.9% por surcos y 16.7% por goteo. A nivel de 80 kg/ha N, el porcentaje de proteínas fue de 18.9% por surcos y 17.9% por goteo. A nivel de 120 kg/ha N, el porcentaje de proteínas fue de 18.4% por surcos y 18.6% por goteo. A nivel de 160 kg/ha N, el porcentaje de proteínas fue de 16.9% por surcos y 17.8% por goteo. A nivel de 200 kg/ha N, el porcentaje de proteínas fue de 16.7% por surcos y 16.9% por goteo. Finalmente, a nivel del testigo, el porcentaje fue de 15.6% por surcos y 16.6% por goteo.

Porcentaje de saponinas

Parámetro que expresa el porcentaje de saponinas contenido en el grano de quinua (Anexo 4). Para el cultivo de quinua el valor de la media general es 1.5 %. En este caso los valores de los porcentajes de saponinas para los sistemas indican un valor de 1.5% de saponinas para riego por surcos y goteo.

De otro lado, para los niveles de nitrógeno, a nivel de 40kg/ha N, el porcentaje de saponinas fue de 1.46% por surcos y 1.56% por goteo. A nivel de 80 kg/ha N, el porcentaje de saponinas fue de 1.58% por surcos Y 1.63% por goteo. A nivel de 120 kg/ha N, el porcentaje de saponinas fue de 1.58% por surcos y 1.49% por goteo. A nivel de 160 kg/ha N, el porcentaje de saponinas fue de 1.59% por surcos y 1.59% por goteo. A nivel de 200 kg/ha N, el porcentaje de saponinas fue de 1.61% por surcos y 1.55% por goteo. Finalmente, para el testigo, el porcentaje de saponinas fue de 1.54% por surcos y 1.51% por goteo.

Cuadro 16. Resultados y parámetros agronómicos por nivel de nitrógeno en riego por surcos

<i>Características</i>	<i>unidad</i>	<i>Niveles de Nitrógeno kg/ha N</i>						<i>Promedio</i>
		TESTIGO	40 kg/ha	80 kg/ha	120 kg/ha	160 kg/ha	200 kg/ha	
Rendimiento grano quinua	<i>kg/ha</i>	2,246	2,467	2,766	3,240	2,267	2,029	2,503
VARIABLES DE CRECIMIENTO								
Altura de planta	<i>cm</i>	143.8	141.0	141.6	142.1	146.3	141.5	142.7
Área foliar	<i>cm²/planta</i>	221.3	261.2	157.4	167.1	274.7	213.6	215.9
Materia seca total	<i>g/planta</i>	40.12	43.60	45.18	53.71	39.07	35.98	42.95
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO								
Número de plantas/m ²	<i>plantas</i>	13.10	12.37	12.90	11.04	13.29	12.24	12.49
Rendimiento/panoja	<i>g</i>	22.73	24.41	25.83	32.26	21.03	19.79	24.34
Peso de 1000 granos	<i>g</i>	2.741	2.844	2.806	2.722	2.712	2.802	2.77
PARÁMETROS AGRONÓMICOS								
Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m ³)	<i>kg/m³</i>	0.30	0.33	0.37	0.43	0.30	0.27	0.33
Índice de cosecha (IC-%)	<i>%</i>	15.8	22.8	21.3	29.7	15.7	16.5	20.3
Índice de área foliar (IAF-m ² /m ²)	<i>m²/m²</i>	0.29	0.32	0.20	0.18	0.37	0.25	0.27
Coefficiente de transpiración (CT-l/kg)	<i>l/kg</i>	518.8	650.5	559.7	639.8	502.7	617.7	581.5
VARIABLES DE CALIDAD DE GRANO								
Porcentaje de proteínas	<i>%</i>	15.6	16.9	18.9	18.4	16.9	16.7	17.2
Saponina en grano	<i>cm</i>	1.54	1.46	1.58	1.58	1.59	1.61	1.56

Cuadro 17. Resultados y parámetros agronómicos por nivel de nitrógeno en riego por goteo.

<i>Características</i>	<i>unidad</i>	<i>Niveles de Nitrógeno kg/ha N</i>						<i>Promedio</i>
		TESTIGO	40 kg/ha	80 kg/ha	120 kg/ha	160 kg/ha	200 kg/ha	
Rendimiento grano quinua	<i>kg/ha</i>	2,992	3,250	4,065	4,432	3,520	1,943	3,367
Variables de crecimiento								
Altura de planta	<i>cm</i>	156.8	157.7	168.7	149.9	151.3	148.4	155.5
Área foliar	<i>cm²/planta</i>	370.7	233.4	262.6	194.0	475.5	240.5	296.1
Materia seca total	<i>g/planta</i>	46.5	55.1	67.0	76.4	59.3	40.2	57.4
Componentes del rendimiento								
Número de plantas/m ²	<i>plantas</i>	11.5	13.6	10.0	11.7	12.9	11.2	11.8
Rendimiento/panoja	<i>g</i>	27.7	35.1	45.8	51.0	39.6	22.9	37.0
Peso de 1000 granos	<i>g</i>	2.82	2.81	2.93	2.88	2.89	2.92	2.89
Parámetros agronómicos								
Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m ³)	<i>kg/m³</i>	0.79	0.84	1.07	1.14	0.92	0.51	0.88
Índice de cosecha (IC-%)	<i>%</i>	22.2	26.0	35.0	36.2	23.7	15.3	26.4
Índice de área foliar (IAF-m ² /m ²)	<i>m²/m²</i>	0.49	0.31	0.26	0.22	0.61	0.28	0.36
Coefficiente de transpiración (CT-l/kg)	<i>l/kg</i>	545.4	563.7	612.0	580.4	513.4	607.4	570.4
Variables de calidad de grano								
Porcentaje de proteínas	<i>%</i>	16.6	16.7	17.9	18.6	17.8	16.9	17.4
Saponina en grano	<i>%</i>	1.51	1.56	1.63	1.49	1.59	1.55	1.55

4.1.3. Fenología del cultivo de quinua y uso-consumo de agua de riego

Los cuadros 18 y 19 presentan el consumo de agua de riego del cultivo de quinua por sistema de riego en estudio durante los 160 días del ciclo. Los valores de uso-consumo de agua o requerimiento de riego presentados fueron: 7366.8 m³/ha por surcos y 3815.8 m³/ha por goteo.

A los 8 DDS (Días después de la siembra) el cultivo presentó 2 hojas verdaderas, y el consumo de agua por unidad de área fue de 295.0 m³/ha por surcos y 147.5 m³/ha por goteo. La evapotranspiración del cultivo ET_c en este estadio fue de 1.28 mm/día por surcos y de 1.28 mm/día por goteo, y el K_c estimado fue de 0.66 para ambos sistemas.

A 27 DDS el cultivo presentó 6 hojas verdaderas, y el consumo de agua por unidad de área fue de 1026.3 m³/ha por surcos y 513.1 m³/ha por goteo. La evapotranspiración del cultivo (ET_c) en este estadio fue de 1.73 mm/día en ambos sistemas y el K_c estimado fue de 0.71 para ambos sistemas.

A 38 DDS ocurre la aparición del órgano floral con 8 hojas verdaderas, y el consumo acumulado de agua fue de 1467.6 m³/ha por surcos y 733.7 m³/ha por goteo, en ese momento la evapotranspiración del cultivo (ET_c) fue de 1.81 para ambos sistemas, y el K_c estimado fue de 0.74 para ambos sistemas.

A 49 DDS al inicio de la elongación del tallo y panoja, el consumo de agua por el cultivo en este estado fue de 1968.6 m³/ha por surcos y 990.1 m³/ha por goteo, en ese momento la evapotranspiración del cultivo fue de 2.05 mm/día por surcos y 2.10 mm/día por goteo, y el K_c de 0.84 por surcos y 0.86 por goteo.

A 68 DDS se inicia la floración y el consumo parcial de agua fue de 3094.5 m³/ha por surcos y 1592.5 m³/ha por goteo. En este periodo la evapotranspiración promedio del cultivo fue de 2.6 mm/día por surcos y 2.8 mm/día por goteo, y el K_c fue de 0.86 por surcos y 0.92 por goteo.

A 81 DDS, el cultivo se encuentra en antesis al 50.0% y el consumo parcial de agua fue 3945.3 m³/ha por surcos y 2062.6 m³/ha por goteo, representando el 53.5% y 54.1% del total aplicado. Asimismo, la ET_c promedio fue de 2.95 mm/día por surcos y 3.26 mm/día por goteo, y el K_c de 0.95 por surcos y 1.05 por goteo.

A 97 DDS, el cultivo se encuentra en el estadio de formación del grano (grano lechoso), el consumo parcial de agua fue 5099.43 m³/ha por surcos y 2653.51 m³/ha por goteo, representando un consumo total el 69.2%, 69.5%. La ET_c promedio fue de 3.25 mm/día por surcos y 3.32 mm/día por goteo y el K_c de 0.85 por surcos y 0.87 por goteo.

A 114 DD, el cultivo se encuentra en el estadio de grano pastoso, y el gasto parcial de agua fue de 6225.4 m³/ha por surcos y 3245.1 m³/ha por goteo. La ET_c promedio fue de 2.98 mm/día por surcos y 3.13 mm/día por goteo, y el K_c de 0.78 por surcos y 0.82 por goteo. Finalmente, a los 133 DDS, en el estadio de grano maduro, finaliza el periodo de riego y el consumo total de agua fue de 7366.8 m³ /ha por surcos y 3815.8 m³ /ha por goteo. La ET_c promedio fue de 2.70 mm/día en ambos sistemas, de igual manera el K_c fue de 0.62 en ambos sistemas.

4.1.4. Momentos y niveles del riego en el cultivo de quinua

Al término del ciclo del cultivo cada sistema de riego en estudio presento su propia característica respecto a cuánto y cuando se regó. Bajo las condiciones de riego por surcos, se aplicó un total de 9 riegos por campaña y el intervalo medio entre riegos fue de 17.6 días. El valor mínimo se presentó a nivel del estadio de grano lechoso (97 DDS) con 10.35 días entre riegos. Para las condiciones impuestas por goteo, se aplicaron 54 riegos, con un intervalo medio de 3.26 días entre riegos y un intervalo mínimo entre los estadios de grano lechoso (97DDS) con 1.91 días entre riegos.

Cuadro 18. Requerimiento de riego por estado Fenológico del cultivo de quinua en riego por surcos.

Fecha	Estado fenológico	DDS	Días acumulados	Eo (mm/día)	Kc	Etc mm/día	RR neto (mm)	RR total m3/ha	Intervalo de riego (días)	Número de riegos
1-Set	Siembra		-3				0.36	7.96		
4-Set	Emergencia	0	0	1.94	0.46	0.89	2.68	59.4	37.6	0.08
12-Set	Crecimiento lento 2-hojas	8	8	1.94	0.66	1.28	10.24	227.6	26.2	0.30
1-Oct	Desarrollo de hojas 6-hojas	27	19	2.44	0.71	1.73	32.92	731.4	19.4	0.98
12-Oct	Aparición de órgano floral 8 hojas	38	11	2.44	0.74	1.81	19.86	441.3	18.6	0.59
23-Oct	Elongación del tallo y panoja	49	11	2.44	0.84	2.05	22.55	501.0	16.3	0.67
11-Nov	Inicio de floración	68	19	3.10	0.86	2.67	50.65	1125.6	12.6	1.51
24-Nov	Antesis al 50%	81	13	3.10	0.95	2.95	38.29	850.7	11.4	1.14
10-Dic	Grano lechoso	97	16	3.82	0.85	3.25	51.95	1154.4	10.3	1.55
27-Dic	Grano pastoso	114	17	3.82	0.78	2.98	50.65	1125.6	11.2	1.51
15-Ene	Grano maduro	133	19	4.36	0.62	2.70	51.36	1141.3	12.4	1.53
31-Ene	Cosecha	150	17							
Totales y/o Promedios				2.94	0.75	2.23	331.5	7366.8	17.6	9.85

Cuadro 19. Requerimiento de riego por estado Fenológico del cultivo de quinua de riego por goteo.

fecha	Estado Fenológico	DDS	Días acumulados	Eo (mm/día)	Kc	Etc mm/día	RR neto (mm)	RR total m3/ha	Intervalo de riego (días)	Número de riegos
1-Set	Siembra		-3				0.36	3.9		
4-Set	Emergencia	0	0	1.94	0.46	0.89	2.68	29.7	7.10	0.42
12-Set	Crecimiento lento 2-hojas	8	8	1.94	0.66	1.28	10.24	113.8	4.95	1.62
1-Oct	Desarrollo de hojas 6-hojas	27	19	2.44	0.71	1.73	32.92	365.7	3.66	5.19
12-Oct	Aparición de órgano floral 8 hojas	38	11	2.44	0.74	1.81	19.86	220.6	3.51	3.13
23-Oct	Elongación del tallo y panoja	49	11	2.44	0.86	2.10	23.08	256.4	3.02	3.64
11-Nov	Inicio de floración	68	19	3.1	0.92	2.85	54.19	602.0	2.22	8.55
24-Nov	Antesis al 50%	81	13	3.1	1.05	3.26	42.32	470.1	1.95	6.67
10-Dic	Grano lechoso	97	16	3.82	0.87	3.32	53.17	590.8	1.91	8.39
27-Dic	Grano pastoso	114	17	3.82	0.82	3.13	53.25	591.6	2.02	8.40
15-Ene	Grano maduro	133	19	4.36	0.62	2.70	51.36	570.6	2.35	8.10
31-Ene	Cosecha	150	17							
Totales y/o promedios			150	2.94	0.77	2.31	343.4	3815.8	3.2	54.1

4.1.5. Determinación de la humedad del suelo por sistema de riego.

En el cuadro 20, se aprecia los valores de humedad del suelo en seis principales estadios fenológicos del cultivo de quinua: crecimiento lento, elongación del tallo y panoja, floración y formación de grano (grano lechoso), grano pastoso y grano maduro por sistema de riego en estudio.

En el crecimiento lento (27 DDS) la humedad volumétrica media del suelo fue de 18.9% por surcos y 20.9% por goteo, siendo la succión mátrica, obtenida en base a la curva característica de humedad, de 1.57 bar por surcos y de 0.69 bar por goteo.

En la elongación del tallo y panoja (49 DDS) la humedad volumétrica media del suelo fue de 17.8% por surcos y 22.8% por goteo, siendo la succión mátrica correspondiente de 2.33 bar por surcos y 0.41 bar por goteo.

Para el estado fenológico de floración (68 DDS) la humedad volumétrica media del suelo fue de 17.0% por surcos y 22.8% por goteo, siendo la succión mátrica correspondiente de 3.5 bar por surcos y 0.41 bar por goteo.

Para el estado fenológico de grano lechoso (97 DDS) la humedad volumétrica media fue de 16.6% por surcos y 22.0% por goteo, siendo la succión mátrica de 4 bar por surcos y 0.48 bar por goteo.

En el estado fenológico de grano pastoso (114 DDS) la humedad volumétrica media fue de 16.4% por surcos y 22.6% por goteo, siendo la succión mátrica de 4.63 bar por surcos y 0.48 bar por goteo.

Finalmente, para el estado fenológico de grano maduro (133 DDS) la humedad volumétrica media fue de 17.23% por surcos y 21.1% por goteo, siendo la succión mátrica 3.21 bar por surcos y 0.65 bar por goteo. En general, durante el tiempo que duro ciclo vegetativo del cultivo de quinua los valores en porcentaje de la humedad volumétrica del suelo en promedio para todo el ciclo del cultivo fueron de 17.34% por surcos y de 22.06% por goteo, siendo la succión mátrica de 3.08 bar por surcos y 0.48 bar por goteo.

Cuadro 20. Muestreo de humedad del suelo en diferentes estados fenológicos del cultivo de la quinua.

SISTEMA DE RIEGO		12/09/2015			23/10/2017			11/11/2017			10/12/2017			27/12/2017			15/01/2016			Promedio general %Hg	Promedio general %HV
		CRECIMIENTO			ELONGACIÓN DE TALLO			FLORACIÓN			GRANO LECHOSO			GRANO PASTOSO			GRANO MADURO				
Prof. (cm)		%H g	%H v	Prom. %Hv	%H g	%Hv	Prom. %Hv	%H g	%H v	Prom. %Hv	%H g	%H v	Prom. %Hv	%H g	%H v	Prom. %Hv	%H g	%H v	Prom. %Hv		
S1 Surcos	15	12.2	18.2	18.9	11.9	17.8	17.8	11.7	17.5	17.0	11.2	16.6	16.6	11.2	16.7	16.4	11.4	16.9	17.2	11.6	17.3
	30	12.4	18.5		11.5	17.1		11.3	16.9		11.2	16.7		10.6	15.8		11.0	16.4			
	45	13.4	19.9		12.4	18.5		11.1	16.5		10.9	16.2		11.0	16.4		12.2	18.2			
S2 Goteo	15	14.0	20.9	20.9	15.4	22.9	22.8	15.4	22.9	22.8	14.7	22.0	22.0	15.1	22.6	22.6	14.2	21.2	21.1	14.8	22.0
	30	14.1	21.0		15.3	22.8		15.3	22.8		14.8	22.1		15.0	22.4		14.1	21.1			
	45	13.9	20.8		15.2	22.7		15.2	22.7		14.7	21.9		15.2	22.7		14.1	21.0			

4.2. Variables de crecimiento del cultivo de quinua

En la Cuadro 21, se presenta los resultados de las variables de crecimiento del cultivo de quinua, por efecto del sistema de riego; en superficie por surcos y localizado por goteo, de cinco niveles de nitrógeno, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha N y un testigo no fertilizado.

En general, el análisis de variancia presenta diferencias altamente significativas para sistemas de riego, en las variables altura de planta y diámetro de tallo. Además, se presentan diferencias significativas para niveles de nitrógeno en la variable área foliar.

Altura de planta

Para esta variable (figura 3), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente diferentes en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 155.5 cm por goteo. Siendo las diferencias porcentuales, entre sistemas, de 8.9%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que no existen diferencias estadísticas entre sí, siendo la mayor altura obtenida de 155.1 cm con 80 kg/ha N. Existe alta correlación positiva entre el rendimiento de grano y la altura de planta (**Rivero, 1985**). Según (**Timaná, 1992**) encontró esta misma correlación positiva en la línea avanzada 5 actualmente variedad 'La Molina 89'. (**Apaza, 1995**), alcanzó la máxima altura de 158 cm.

Barnett (2005), para la variedad La Molina 89 obtuvo un valor promedio de 165 cm, mayores a las obtenidas con la variedad Rosada de Huancayo de 137 cm y Blanca de Hualhuas con 145 cm.

Rosas (2015) presenta mayores alturas de quinua con la variedad Amarilla de Marangani, con 150.7 cm, blanca de Hualhuas, con 146 cm, bajo un sistema de cultivos de tecnología media con 100 kg/ha N, en la región Junin.

Burin (2016) obtiene alturas de 146 cm bajo láminas de riego de 420 mm. siendo las diferencias porcentuales de 2.2% y de 9.7% respecto a láminas de riego de 336 mm y 252 mm respectivamente.

Área foliar (cm²/planta)

Para esta variable (figura 4), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente similares en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 296.2 cm²/m² por goteo. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 37.2%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias estadísticas entre sí. El mayor valor de área foliar fue de 375.2 cm²/planta con 160 kg/ha N, y el menor valor fue de 180.6 cm²/planta con 120kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 107.8%. en la variedad La Molina 89 no presentan una tendencia definida en respuesta a la dosis creciente de nitrógeno (**Barnett, 2005**)

Cuadro 21. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en las variables de crecimiento del cultivo de quinua, var. La molina 89.

Factor en estudio	Altura de planta (cm)	Área foliar (cm ² /planta)	Diámetro de tallo(cm)	
Sistemas de riego				
S1: Superficie -SURCOS S2: RLAF-GOTEO	142.7 155.5	215.9 296.2	1.3 1.6	
Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)				
N0: 0 N1: 40 N2: 80 N3: 120 N4: 160 N5: 200	150.9 149.4 155.1 146.0 148.8 144.9	296.0 247.3 210.0 180.6 375.2 227.1	1.5 1.4 1.4 1.4 1.4 1.6	
Promedio General	149.2	256.0	1.5	
Análisis de Variancia				
Fuentes de variación	GL	Significación		
Sistemas de Riego	1	**	*	**
Niveles de nitrógeno	5	NS	NS	NS
Interacción (Sistema x Nivel)	5	NS	NS	NS
CV (%)	9.5	63.3	22.6	

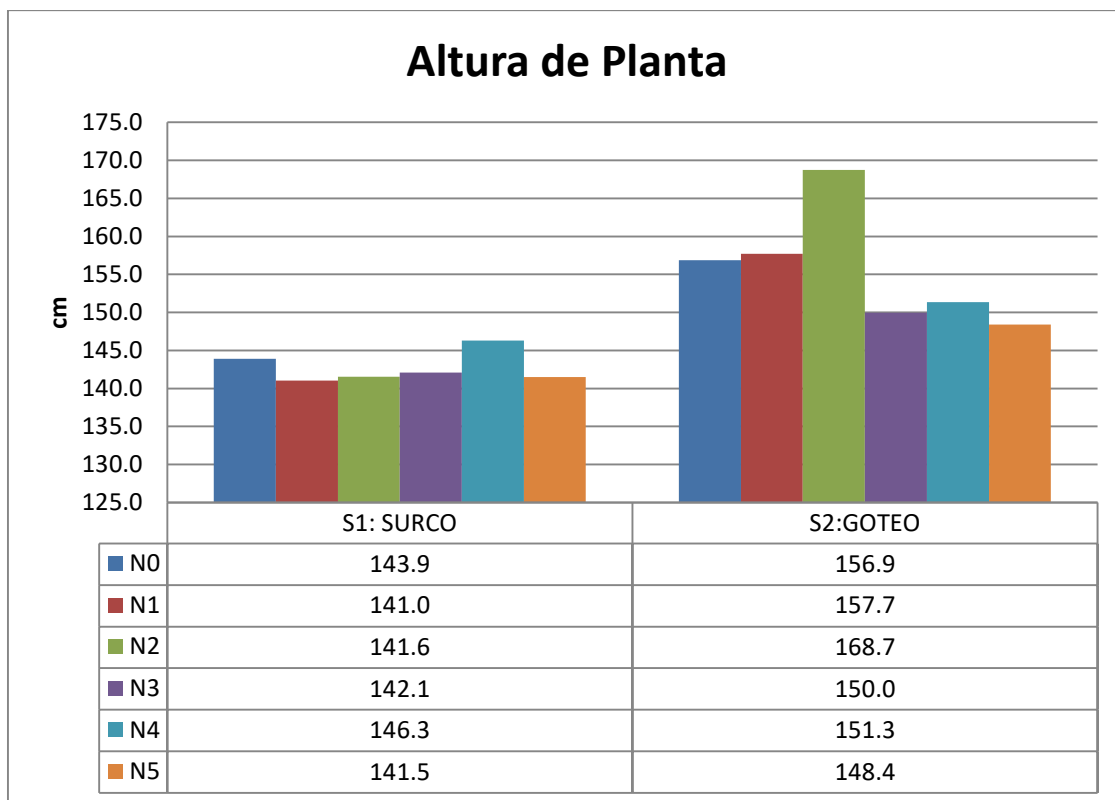


Figura 3. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en la altura de planta de quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en la altura de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RIAF-GOTEIO	155.5	A	108.9
S1: Superficie -SURCOS	142.7	B	100.0

Promedio por nivel de nitrógeno en la altura de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N2: 80	155.1	A	107.0
N0: 0	150.4	A	103.7
N1: 40	149.4	A	103.0
N4: 160	148.8	A	102.7
N3: 120	146.0	A	100.7
N5: 200	144.9	A	100.0

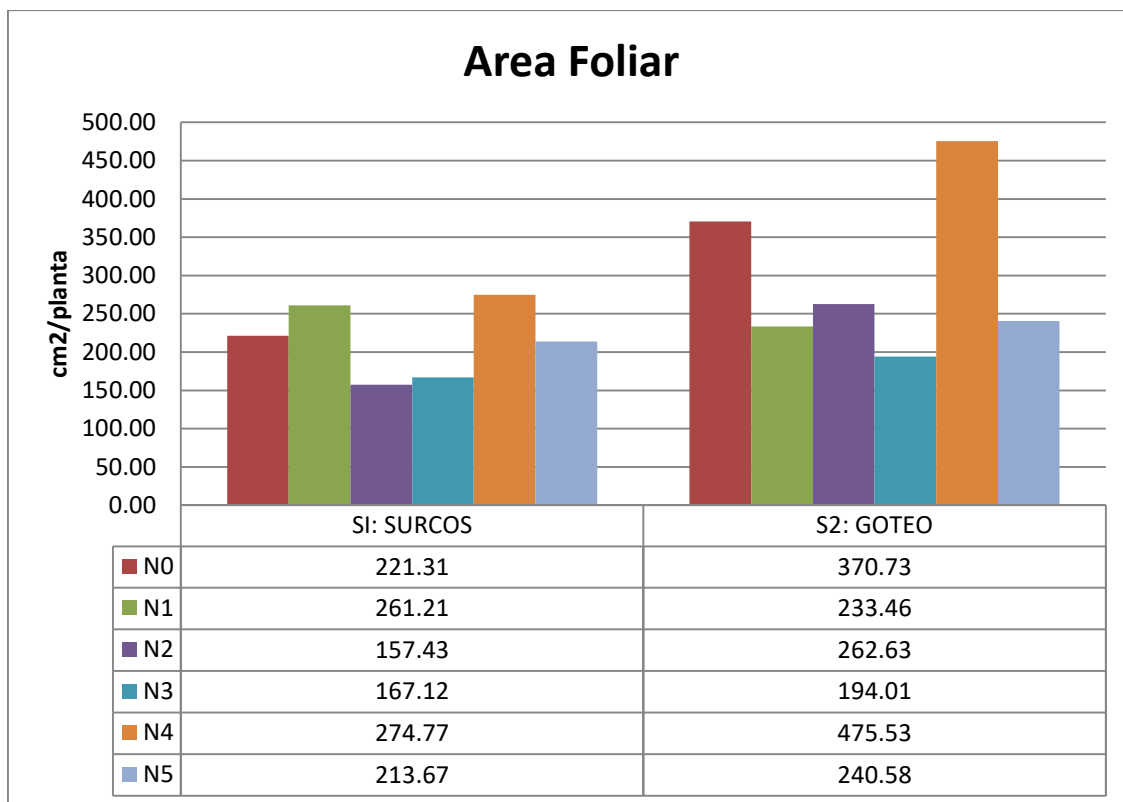


Figura 4. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el área foliar de quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en el área foliar de quinua La molina 89.

Sistemas de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAF-GOTEO	296.2	A	137.2
S1: Superficie -SURCOS	215.9	A	100.0

Promedio por nivel de nitrógeno en el área foliar de quinua La Molina 89

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N4: 160	375.2	A	207.8
N0: 0	296.0	AB	163.9
N1: 40	247.3	AB	137.0
N5: 200	227.1	B	125.8
N2: 80	210.0	B	116.3
N3: 120	180.6	B	100.0

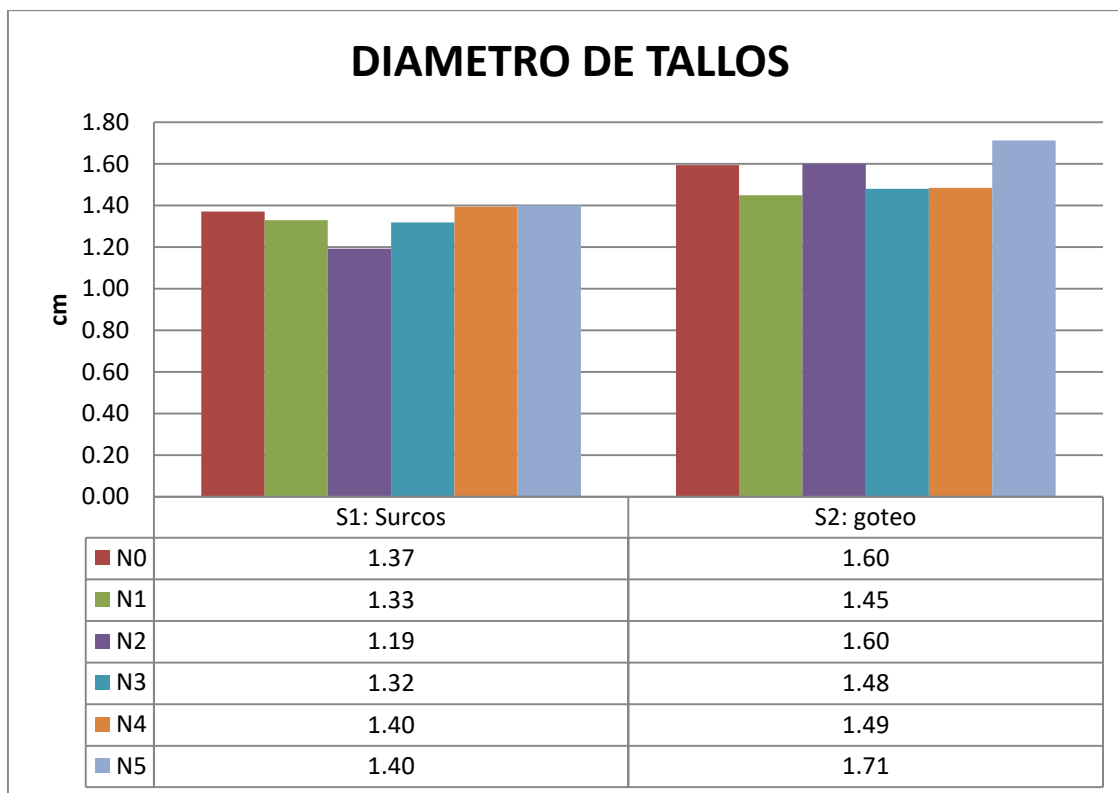


Figura 5. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el diámetro de tallo de quinua, variedad La Molina.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$).

Promedio por sistema de riego en el diámetro del tallo de quinua La Molina 89

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAF- GOTEO	1.6	A	123.0
S1: Superficie- SURCOS	1.3	B	100.0

Promedio por nivel de nitrógeno en el diámetro del tallo de quinua La Molina 89

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N5: 200	1.6	A	112.0
N0: 0	1.5	A	106.7
N4: 160	1.4	A	103.6
N3: 120	1.4	A	100.7
N2: 80	1.4	A	100.5
N1: 40	1.4	A	100.0

Diámetro de tallo

Para esta variable (figura 5), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente diferentes en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 1.6 cm por goteo. Siendo la diferencia porcentual, entre sistemas, de 16.5%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que no existen diferencias estadísticas entre sí, obteniendo un diámetro promedio menor de 1.4 cm con 40kg/ha N y un mayor diámetro de 1.6 cm con 200 kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 23%. Según (**Burin, 2016**) Se obtuvieron diámetros de tallo de 1.31 cm con una lámina de 420 mm, 1.28 cm con una lámina de 336 mm y 1.11 cm con una lámina de 252 mm.

4.3. Materia seca total y componentes

El cuadro 22, se presenta los resultados de la materia seca total y sus componentes del cultivo de quinua, por efecto del sistema de riego en superficie por surcos y sistema localizado por goteo, bajo cinco niveles de nitrógeno, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha de N y un testigo no fertilizado.

En general, el análisis de variancia presenta diferencias altamente significativas para sistemas de riego y niveles de nitrógeno en las variables materia seca de tallos, materia seca de panoja y materia seca total. Además, para la materia seca total, se observa diferencia estadística significativa para la interacción de sistemas y niveles.

Materia seca de tallos

Para esta variable (figura 6), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente diferentes en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 23.7 g por goteo. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 23.3%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias estadísticas significativas entre sí. El mayor valor de materia seca de tallos fue de 27.8 g con 120 kg/ha N y el menor valor fue de 16.7g con 200 kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 66.4 %.

(**Burin, 2016**) presenta un valor de 22.48 g/planta bajo una lámina de riego de 420 mm.

Materia Seca de Panoja (g/planta)

Para esta variable (figura 7), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente diferentes en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 37.1 g por goteo. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 52.3%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias significativas entre sí. El mayor valor de materia seca de panojas fue de 41.7 g con 120 kg/ha N y el menor valor fue de 21.4g con 200 kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 94.9%. Según **(Burin, 2016)** se obtienen 60.09 g/plantas con láminas de agua de 420 mm. asimismo la variedad salcedo presenta un valor de 62.09 g/planta.

Materia Seca total (g/planta)

Para esta variable (figura 8), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente diferentes en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 7.7 g por goteo. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 33.8%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias significativas entre sí. El mayor valor de materia seca total fue 65.1 g con 120 kg/ha N y el menor valor fue de 38.1 g con 200 kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 70.9%. **(Rivero, 1985)**, halló una correlación positiva entre el rendimiento de grano y el rendimiento de broza. Según **(barnett, 2005)**, la variedad La Molina 89 presenta un valor promedio de materia seca total de 79.71 g/planta.

Cuadro 22. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en la materia seca de quinua var. La Molina 89.

Factor en estudio		Materia seca total (g/planta)	Materia seca de tallo (g/planta)	Materia seca de panoja (g/planta)
Sistema de riego				
S1: Superficie -SURCOS		42.9	19.2	24.3
S2: RLAF-GOTEO		57.5	23.7	37.1
Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)				
N0: 0		43.3	18.8	25.3
N1: 40		49.4	19.6	29.8
N2: 80		56.1	20.3	35.8
N3: 120		65.1	23.4	41.7
N4: 160		49.0	18.9	30.3
N5: 200		38.1	16.7	21.4
Promedio General		50.2	19.5	30.7
Análisis de variancia				
Fuentes de variación	GL			
Sistema de riego (S)	1	**	**	**
Niveles de nitrógeno	5	**	**	**
Interacción (Sistemas x niveles)	5	*	NS	NS
CV (%)		17.9	20.1	27.4

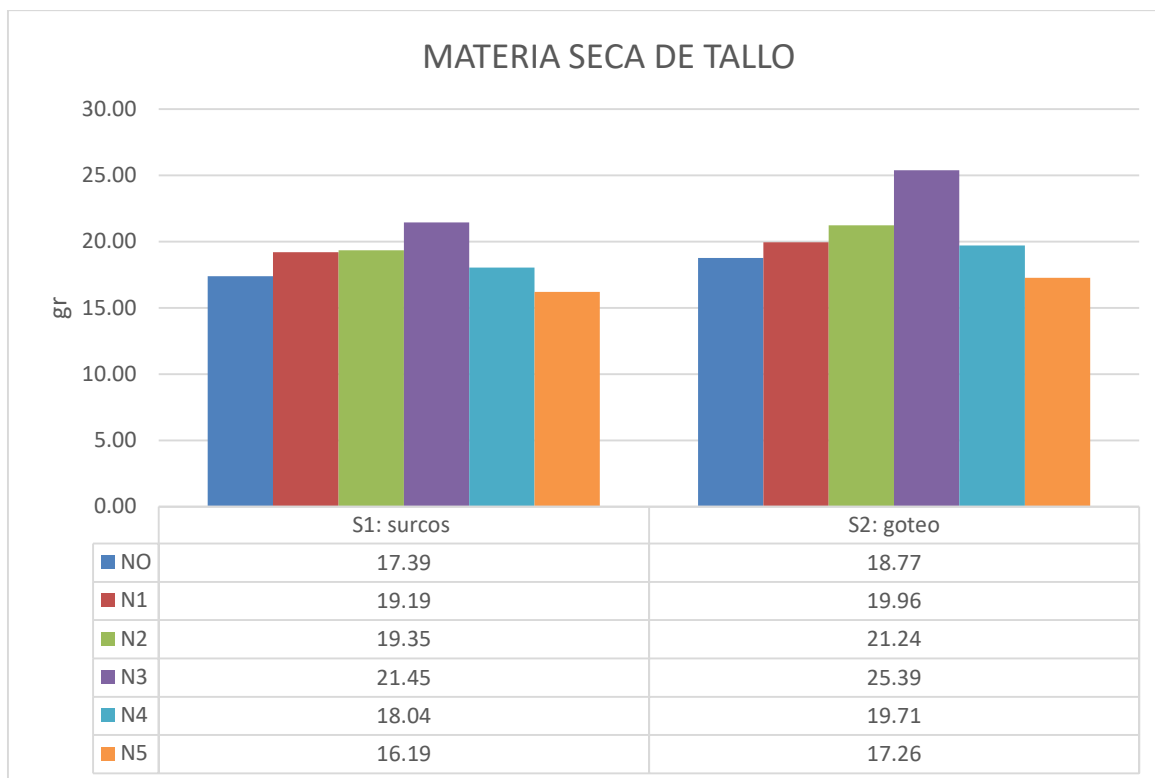


Figura 6. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en la materia seca de tallos de quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$).

Promedio por sistema de riego en la materia seca del tallo de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAF- GOTEO	23.7	A	123.3
S1: Superficie -SURCOS	19.2	B	100.0

Promedio por nivel de nitrógeno en la materia seca del tallo de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N3: 120	27.8	A	166.4
N2: 80	24.2	B	144.5
N1: 40	20.7	CB	123.6
N4: 160	20.5	CBD	122.3
N0: 0	19.1	CD	114.1
N5: 200	16.7	D	100.0

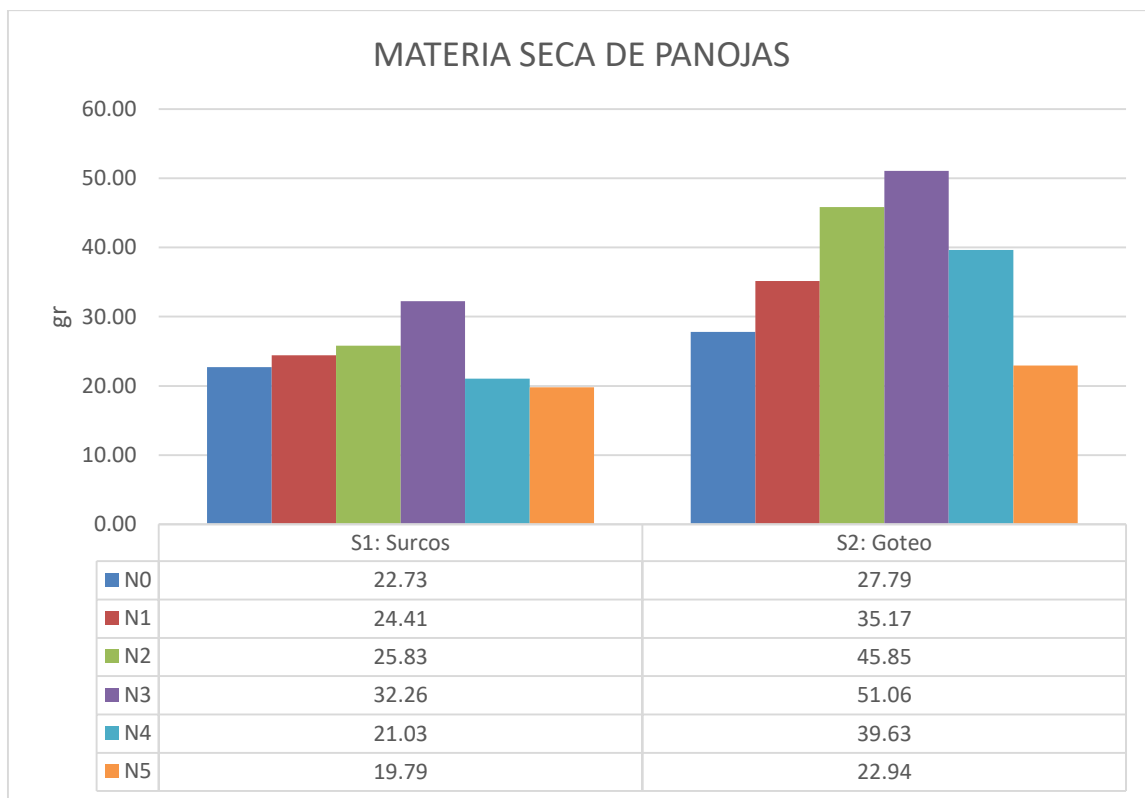


Figura 7. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en la materia seca de panoja de quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en la materia seca de panoja de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RIAF- GOTEIO	37.1	A	152.3
S1: Superficie -SURCOS	24.3	B	100.0

Promedio por nivel de nitrógeno en la materia seca de panoja de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N3: 120	41.7	A	194.9
N2: 80	35.8	BA	167.3
N4: 160	30.3	BC	141.6
N1: 40	29.8	BC	139.3
N0: 0	25.3	DC	118.2
N5: 200	21.4	D	100.0

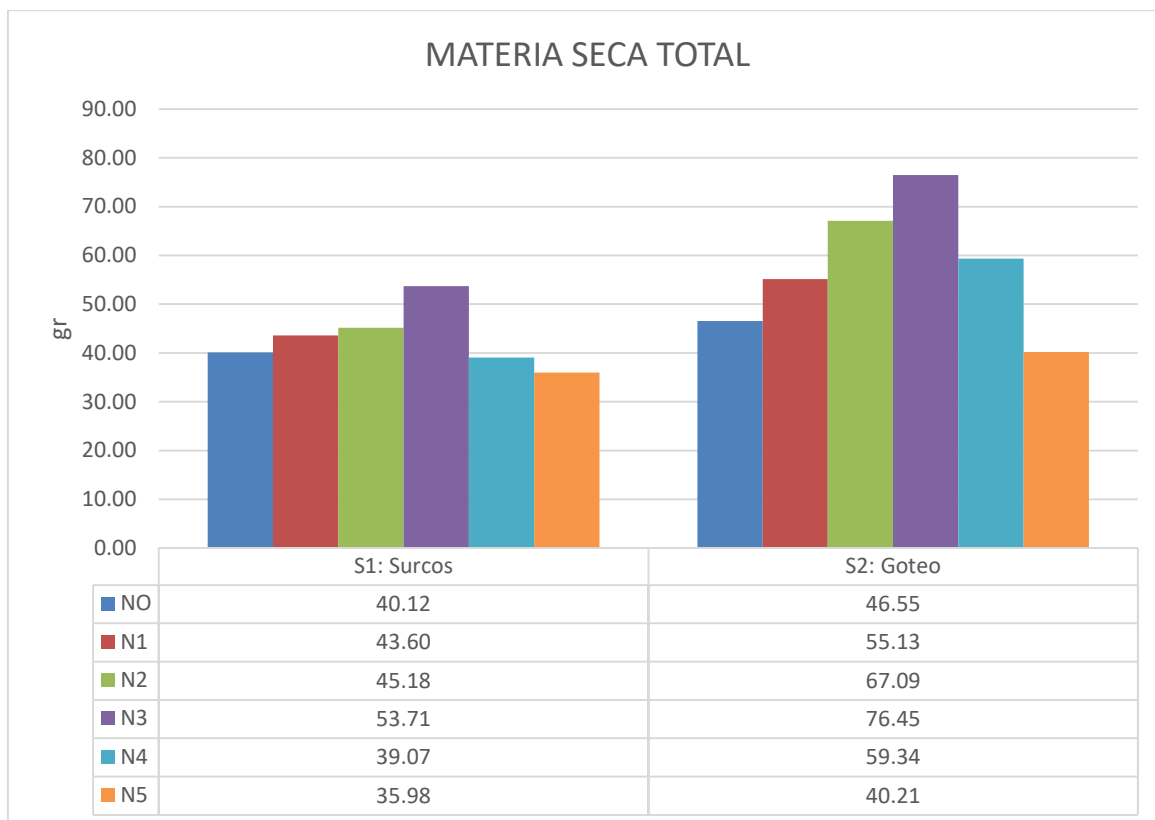


Figura 8. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en la materia seca total de quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en la materia seca total de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAF- GOTEO	57.5	A	133.8
S1: Superficie -SURCOS	42.9	B	100.0

Promedio por nivel de nitrógeno en la materia seca total de quinua La Molina 89

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N3: 120	65.1	A	170.9
N2: 80	56.1	B	147.4
N1: 40	49.4	CB	129.6
N4: 160	49.2	CB	129.2
N0: 0	43.3	CD	113.8
N5: 200	38.1	D	100.0

4.4. Componentes del rendimiento de grano de quinua

El cuadro 23, presenta los resultados de los componentes de la calidad de grano del cultivo de quinua, por efecto del sistema de riego en superficie por surcos y localizado por goteo, bajo cinco niveles de nitrógeno, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha de N, y un testigo no fertilizado.

En general, el análisis de variancia presenta diferencias significativas para los sistemas de riego en las variables de peso de 1000 gr de semillas, tamaño de grano mayor a 1.4 y tamaño de grano mayor a 1.2 mm, Además, se presentan diferencias significativas para los niveles de nitrógeno en la variable tamaño de grano mayor a 1.4 y tamaño de grano mayor a 1.2 mm.

Número de plantas por m²

Para esta variable (figura 9), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente similares en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 12.5 plantas por surcos. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 5.4%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que no existen diferencias significativas entre sí. El mayor valor de número de plantas fue de 13.1 con 160 kg/ha N y el menor valor 11.3 con 120 kg/ha N, siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 15.9%.

Peso de 1000 granos de quinua

Para esta variable (figura 10), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente diferentes en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 2.9 g por goteo. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 3.5%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que no existen diferencias estadísticas entre sí. El mayor valor de peso de 1000 granos de quinua fue de 2.9 g con 80 kg/ha N y el menor valor fue de 2.8g con 160 kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 2.5%. Según **Canahua et. al., 2001**, el peso de 1000 semillas varía de 1.93 a 3.35 g con un promedio de 2.30 g y el peso de 1000 semillas promedio de toda la zona productora del altiplano peruano es en

promedio de 3.75 a 3.84 g/1000 semillas, el tamaño de granos predominante es de 1 y 1.1 mm de diámetro (**Lescano, 1994**). Existe un mayor peso de mil granos a mayores distanciamientos y niveles de fertilización para la variedad la molina 89 (**Apaza, 1995**). Además, para la variedad La Molina 89 obtuvo con un distanciamiento de 70 cm un mayor llenado de grano en promedio de 3.16 g.

Rosas G. (2015) obtuvo un mayor peso de 1000 granos con la variedad Illpa-INIA con 3.88g. bajo un sistema de cultivo de tecnología media con 100kg/ha N, en la provincia de Tarma, Junín.

Apaza (1995), para la variedad La Molina 89 obtuvo un peso en promedio de 1000 granos de 3.42 gr.

Barnett (2005), En su ensayo de quinua, presenta el peso de mil granos promedio para las variedades en estudio: Rosada de Huancayo con 1.87 gr., Blanca de Hualhuas con 1.61 gr y La Molina 89 con 2.48 gr.

Clasificación por tamaños del grano de quinua la Molina 89

Peso de granos de quinua mayores a 1.4 mm

Para esta variable (figura 11), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente diferentes en los sistemas en estudio. El mayor valor fue 2839.3 kg/ha por goteo. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 33.8%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias significativas entre sí. El mayor valor fue de 3245.4 kg/ha con 120 kg/ha N. y el menor valor fue de 1669.3 kg/ha con 200 kg/ha N. siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 94.4%.

Peso de grano de quinua mayores a 1.2 mm

Para esta variable (figura 12), la prueba de comparación de Duncan presenta medias estadísticamente diferentes en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 521.7 kg/ha en riego por goteo. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 39.7%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias significativas entre sí. El mayor valor fue de 589.1 kg/ha con 120 kg/ha N, y el menor valor fue de 316.4 kg/ha con 200 kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 86.2%.

Cuadro 23. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en los componentes del rendimiento de quinua, var. La molina 89.

Factor en estudio	Número de plantas/ m ²	Peso de 1000 granos(g)	Tamaño de grano mayor a 1.4mm	Tamaño de grano mayor a 1.2mm
Sistema de riego				
S1: Superficie -SURCOS	12.5	2.8	2,132.03	373.46
S2: RLAF- GOTEÓ	11.9	2.9	2,839.30	521.67
Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)				
N0: 0	12.3	2.8	2,199.4	418.0
N1: 40	13.0	2.8	2,447.4	397.3
N2: 80	11.5	2.9	2,891.4	532.7
N3: 120	11.4	2.8	3,245.4	589.1
N4: 160	13.1	2.8	2,461.1	431.7
N5: 200	11.7	2.9	1,669.3	316.4
Promedio General	12.2	2.8	2,485.7	447.5
Análisis de variancia				
Fuentes de variación	GL			
Sistema de riego (S)	1	NS	*	*
Niveles de nitrógeno	5	NS	NS	*
Interacción (Sistema x Niveles)	5	NS	NS	NS
CV (%)		18.2	21.0	28.25
				30.4

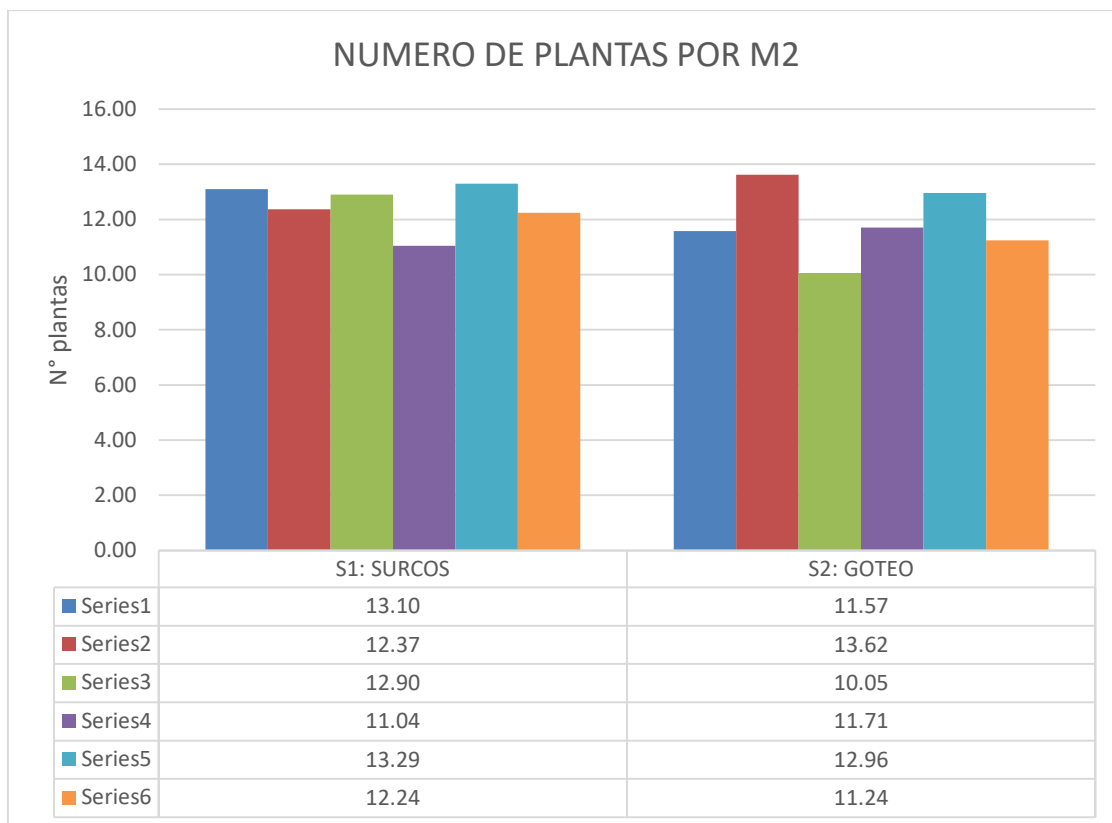


Figura 9. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el número de plantas por metro cuadrado de quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en el número de plantas por metro cuadrado de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S1: Superficie -SURCOS	12.5	A	105.4
S2: RLAF- GOTEO	11.9	A	100.0

Promedio por niveles de nitrógeno en el número de plantas por metro cuadrado de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N4: 160	13.1	A	115.9
N1: 40	13.0	A	115.0
N0: 0	12.3	A	108.8
N5: 200	11.8	A	104.4
N2: 80	11.5	A	101.7
N3: 120	11.3	A	100.0

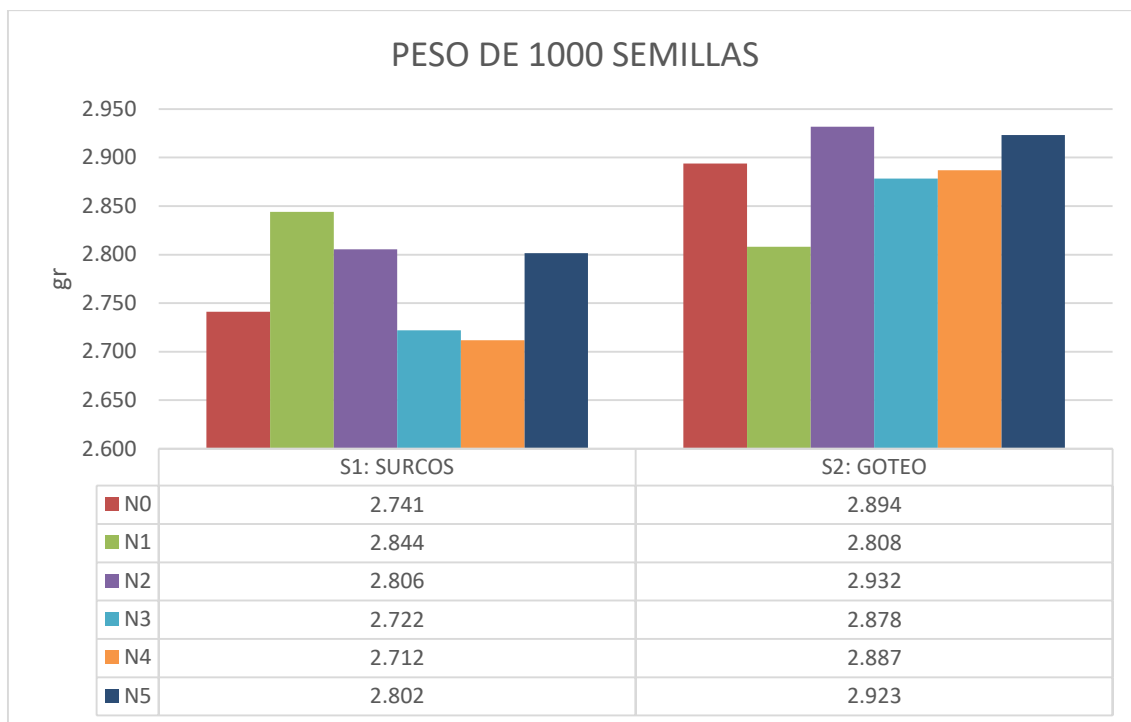


Figura 10. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el peso de 1000 semillas de quinua, La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en el peso de 1000 semillas de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAF- GOTEIO	2.9	A	103.5
S1: Superficie -SURCOS	2.8	B	100.0

Promedio por niveles de nitrógeno en el peso de 1000 semillas de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N2: 80	2.9	A	102.5
N5: 200	2.9	A	102.1
N1: 40	2.8	A	100.7
N0: 0	2.8	A	100.4
N3: 120	2.8	A	100.2
N4: 160	2.8	A	100.0

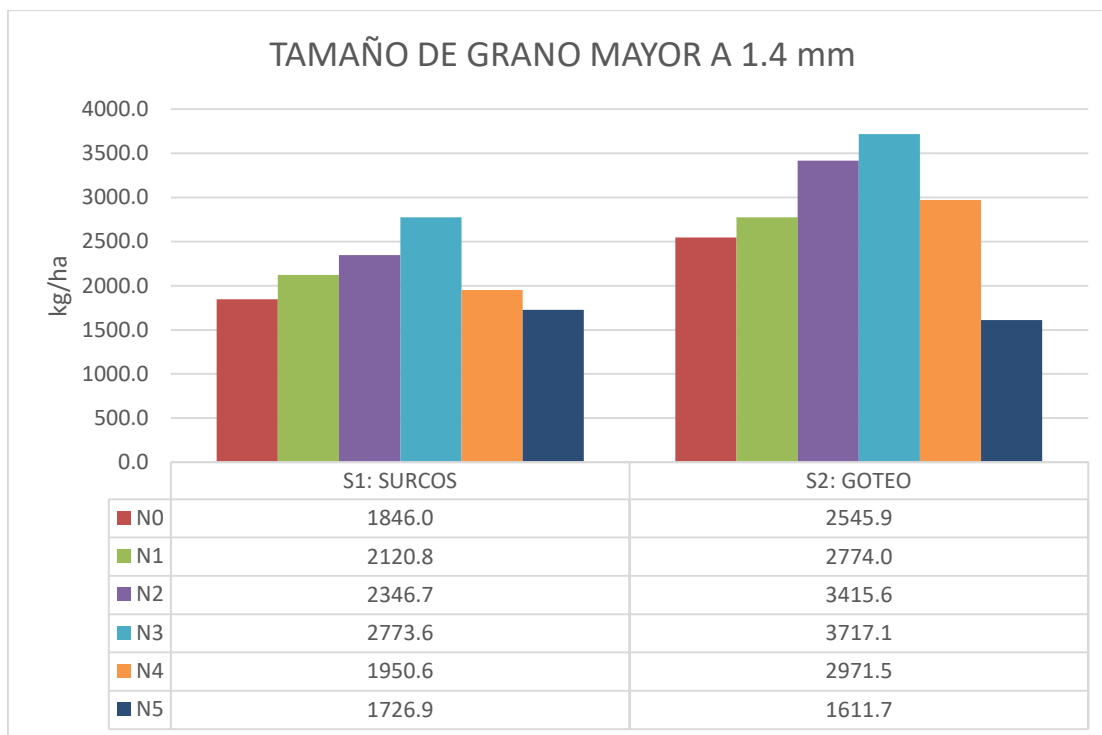


Figura 11. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el tamaño de grano mayor a 1.4 mm de quinua, La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en el tamaño de grano mayor a 1.4 mm de quinua, La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAF- GOTE	2,839.3	A	133.8
S1: Superficie -SURCOS	2,132.0	B	100.0

Promedio por nivel de nitrógeno en el tamaño de grano mayor a 1.4 mm de quinua, la Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N3: 120	3,245.4	A	194.4
N2: 80	2,891.4	AB	173.2
N4: 160	2,461.1	BC	147.4
N1: 40	2,447.4	BC	146.6
N0: 0	2,199.4	DC	131.7
N5: 200	1,669.3	D	100.0

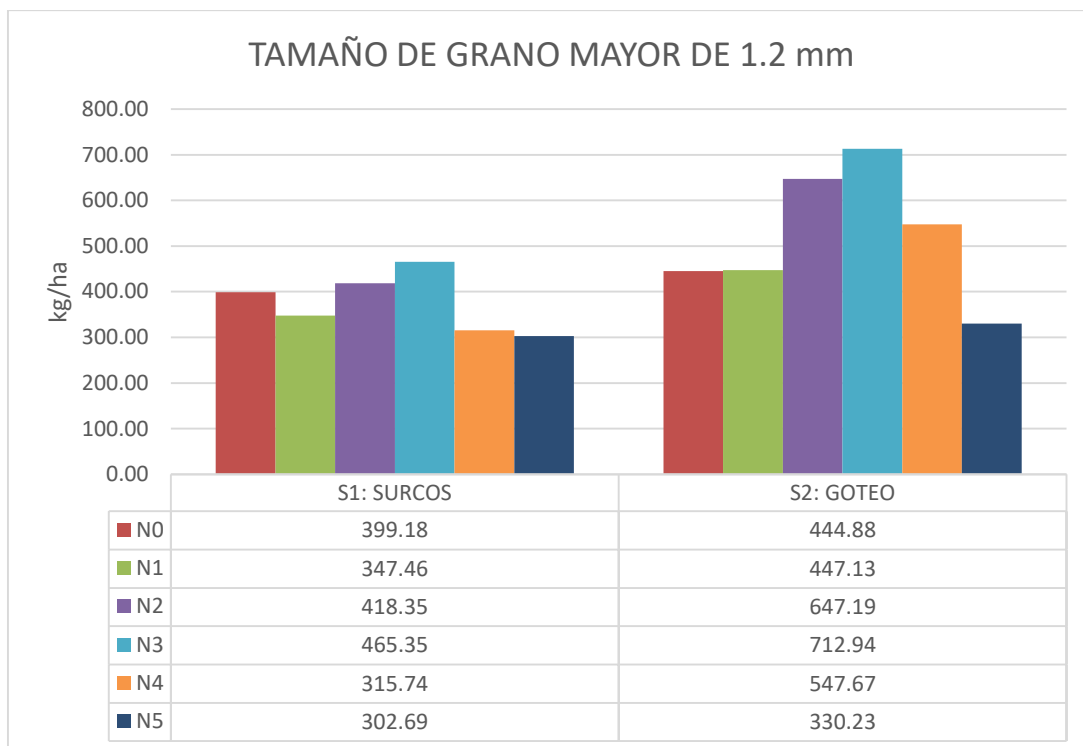


Figura 12. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el tamaño de grano mayor a 1.2 mm de quinua, La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en el tamaño de grano mayor a 1.4 mm de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAF- GOTEIO	521.7	A	139.7
S1: Superficie -SURCOS	373.4	B	100.0

Promedio por niveles de nitrógeno en el tamaño de grano mayor a 1.4 mm de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N3: 120	589.1	A	186.2
N2: 80	532.7	BA	168.3
N4: 160	431.7	BC	136.4
N0: 0	418.0	BC	132.1
N1: 40	397.3	C	125.6
N5: 200	316.4	C	100.0

4.5. Rendimiento de grano - quinua (kg/ha-14% humedad)

En el cuadro 24, se presenta los resultados de rendimiento del grano del cultivo de quinua, por efecto del sistema de riego en superficie por surcos y localizado por goteo, bajo cinco niveles de nitrógeno, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha de N y un testigo no fertilizado con nitrógeno.

En general, el análisis de variancia presenta diferencias altamente significativas para sistemas de riego y para niveles de nitrógeno en la variable rendimiento de grano-quinua.

Para esta variable (Figura 11), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente diferentes en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 3366.2 kg/ha por goteo. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 34.5%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias significativas entre sí. El mayor rendimiento fue de 3835.8 kg/ha con 120 kg/ha N, y el menor valor fue de 1986.7 con 200 kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 93%.

Según (**Burin, 2016**), se obtuvieron rendimientos en quinua var. ALTIPLANO-INIA con valores de 2,532.4 kg/ha de grano-quinua, presentando un incremento de 579.7% respecto a la variedad INIA 415-PASANKALLA, que presenta el menor rendimiento con 372.6 kg/ha de quinua-grano.

Experimentos previos con la variedad La Molina 89 en el distrito de La Molina, informan de rendimientos de 4093.9 kg/ha con una dosis de 160 kg/ha de N, 80 kg de fosforo y un distanciamiento de 30 cm entre surcos (**Apaza, 1995**); 1524 kg/ha y 1122.9 kg/ha en siembras de verano (**Echegaray, 2003**). Por otro lado, en siembras de inicios de primavera; **Barnett (2005)** informa un rendimiento de 7156.7 kg/ha.

Mientras que **Quillatupa (2009)**, en la Molina evaluó 16 genotipos de quinua encontrando rendimientos máximos de 4425 kg/ha (Cuzco) y mínimos de 1513.3 kg/ha (Cajamarca).

Leonardo (1985) con la variedad Blanca de Junín obtuvo 3098 kg/ha de quinua con una densidad de 12 kg/ha de semilla y el nivel de abonamiento de 120-60-0. Fonseca (1985) con la misma variedad obtuvo un rendimiento de 1250 kg/ha con 80-80-0 de NKP.

Según (**Sánchez V, 2015**), se obtuvieron rendimientos superiores a 3000 kg/ha de grano de quinua. Con un mayor rendimiento de 4245.1 kg/ha. Y además el testigo alcanzo un rendimiento de 1392.5 kg/ha.

Julon W. (2016) en su estudio con líneas mutantes bajo fertilización inorgánica obtiene un valor por medio de rendimiento de 2406.89 kg/ha, siendo el valor máximo de 3136.3 kg/ha en la línea mutante MQLM89 175 y un mínimo de 1653.2 kg/ha en la línea mutante MQPAS-374.

Rosas (2015) bajo sistema tradicional de 80 kg/ha N realizado en el distrito de la Union-Leticia, provincia de Tarma, región Junin, obtiene valores de rendimiento de 3251.1 kg/ha y de 3177 kg/ha en variedades Amarilla de Marangani y blanca de Hualhuas, respectivamente.

(**Veronica, 2015**) En experimentaciones con variedades mutantes de la variedad La Molina 89 se obtuvieron rendimiento de 4245.1 kg con el material genético MQLM89-149, usando la fórmula de fertilización de 80-70-0,

Cuadro 24. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en el rendimiento del grano de quinua, var. La molina 89.

Factor en estudio	Rendimiento de quinua grano (kg/ha)			
Sistema de riego				
S1: superficie por surcos	2503			
S2: localizado por goteo	3367			
Niveles de nitrógeno				
Niveles de N	S1	S2	Promedio	%
N0: 0 kg/ha	2,246	2,992	2,618.6	131.8
N1: 40 kg/ha	2,467	3,250	2,858.4	143.9
N2: 80 kg/ha	2,766	4,065	3,415.4	172.2
N3: 120 kg/ha	3,240	4,432	3,836.0	193.0
N4: 160 kg/ha	2,267	3,520	2,893.7	145.9
N5: 200 kg/ha	2,029	1,943	1,985.9	100.0
Promedio general	2,502.5	3,367	2,934.7	-
Análisis de variancia				
Fuentes de variación	GL	Significación		
Sistema de riego (S)	1	**		
Niveles de nitrógeno	5	**		
Interacción sistema x nivel	5	NS		
CV (%)		27.6		

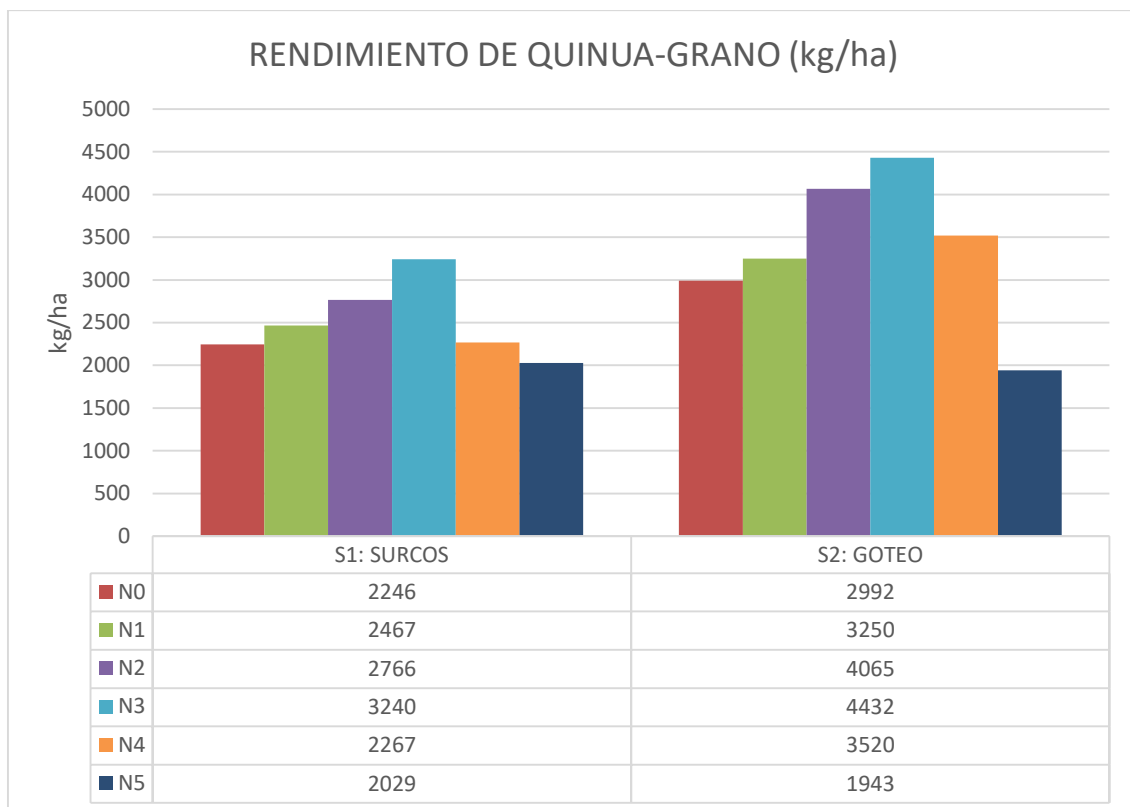


Figura 13. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el rendimiento de grano de quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio sistema de riego en el rendimiento de grano de quinua, La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAF- GOTEIO	3366.9	A	134.5
S1: Superficie -SURCOS	2502.5	B	100.0

Promedio niveles de nitrógeno en el rendimiento de grano de quinua, La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N3: 120	3835.8	A	193.0
N2: 80	3413.3	BA	172.2
N4: 160	2894.2	BC	145.9
N1: 40	2859.2	BC	143.9
N0: 0	2619.2	DC	131.8
N5: 200	1986.7	D	100.0

4.6. Características de la calidad de grano

El cuadro 25, presenta los resultados para las características de la calidad de grano del cultivo de quinua, por efecto del sistema de riego en superficie por surcos y localizado por goteo, bajo cinco niveles de nitrógeno, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha de N y un testigo no fertilizado.

En general, el análisis de variancia presenta diferencias altamente significativas, solo para niveles de nitrógeno, en la variable porcentaje de quinua.

Proteínas en el grano de quinua

Para esta variable (figura 12), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente similares entre los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 17.4% en surcos. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 0.5%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias significativas entre sí. El mayor porcentaje de proteínas fue de 18.5% con 120 kg/ha N, y el menor porcentaje fue de 16.1% con el testigo si fertilizar. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 14.9%. Según (**Abugoch et al., 2008**), La quinua se describe como una semilla con alto contenido de proteína (12 a 23%) y un balance de aminoácidos altamente recomendable para el consumo humano. Al respecto, el contenido de proteína hallado en diversas evaluaciones llevadas a cabo en Perú, es de 14 a 22% (**Canahua et al., 2001**). El 35 a 40% de la proteína del grano se halla en el embrión y 6 a 8% en el epispermo (**Canahua et al., 2001**).

Barnett (2005) encontró porcentaje de proteína promedio de 16.71 %, 16.87% y 16.38% para las variedades Rosada de Huancayo, Blanca de Hualhuas y La Molina 89 respectivamente.

Porcentaje de Saponinas en el grano de quinua

Para esta variable (Figura 13), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente similares en los sistemas en estudio. El valor presentado para ambos sistemas es el 1.6%.

Respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias estadísticas entre sí. El mayor valor de porcentaje de saponinas fue de 1.6% con 80 kg/ha y el menor valor fue de 1.5% con 40 kg/ha N.

Cuadro 25. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en las características de la calidad del grano, var. La molina 89.

Factor en estudio	Porcentaje de proteína (%)	Saponina en grano (%)
Sistema de riego		
S1: Superficie -SURCOS S2: RLAF- GOTEIO	17.3 17.4	1.6 1.6
Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)		
N0: 0 N1: 40 N2: 80 N3: 120 N4: 160 N5: 200	16.1 16.8 18.4 18.5 17.4 16.8	1.5 1.5 1.6 1.5 1.6 1.6
Promedio General	17.4	1.6
Análisis de Variancia		
Fuentes de variación	GL	Significación
Sistema de riego (S)	1	NS
Niveles de nitrógeno	5	**
Interacción (Sistemas x Nivel)	5	NS
CV (%)		7.2
		7.6

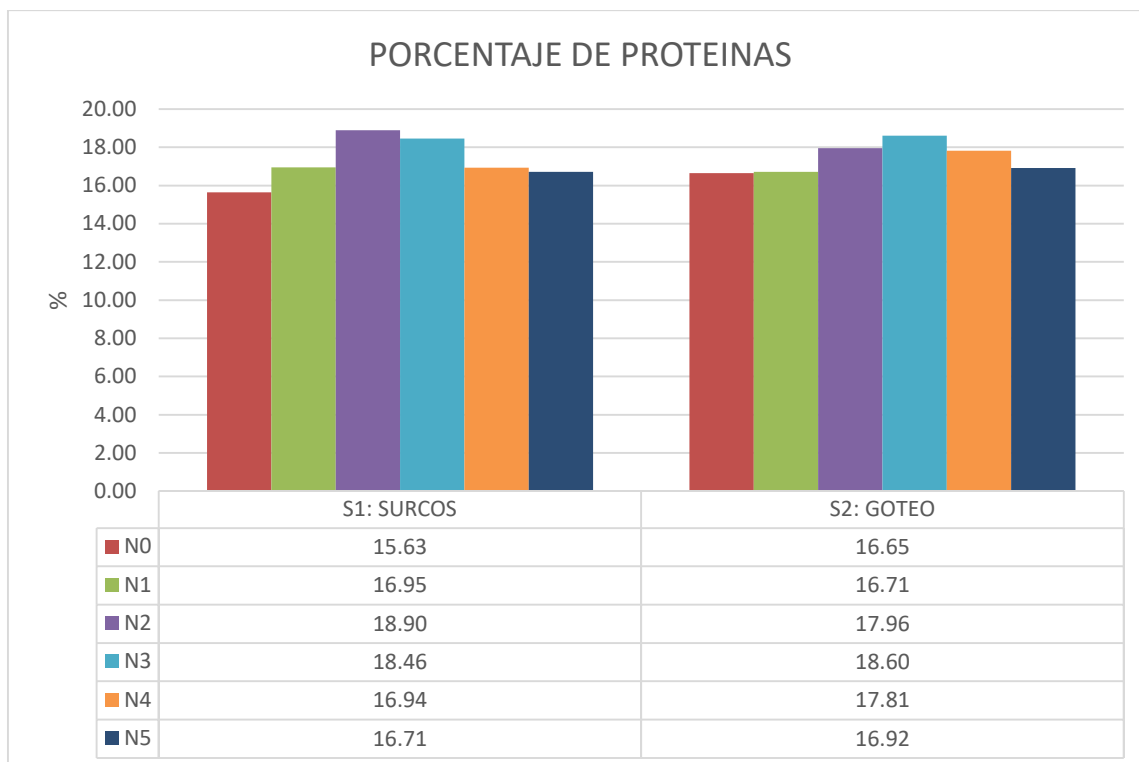


Figura 14. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el porcentaje de proteínas en quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en el porcentaje de proteínas de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAf- GOTEIO	17.4	A	100.5
S1: Superficie -SURCOS	17.3	A	100.0

Promedio por niveles de nitrógeno en el porcentaje de proteínas de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N3: 120	18.5	A	114.9
N2: 80	18.4	A	114.2
N4: 160	17.4	B	107.6
N1: 40	16.8	CB	104.3
N5: 200	16.8	CB	104.2
N0: 0	16.1	C	100.0

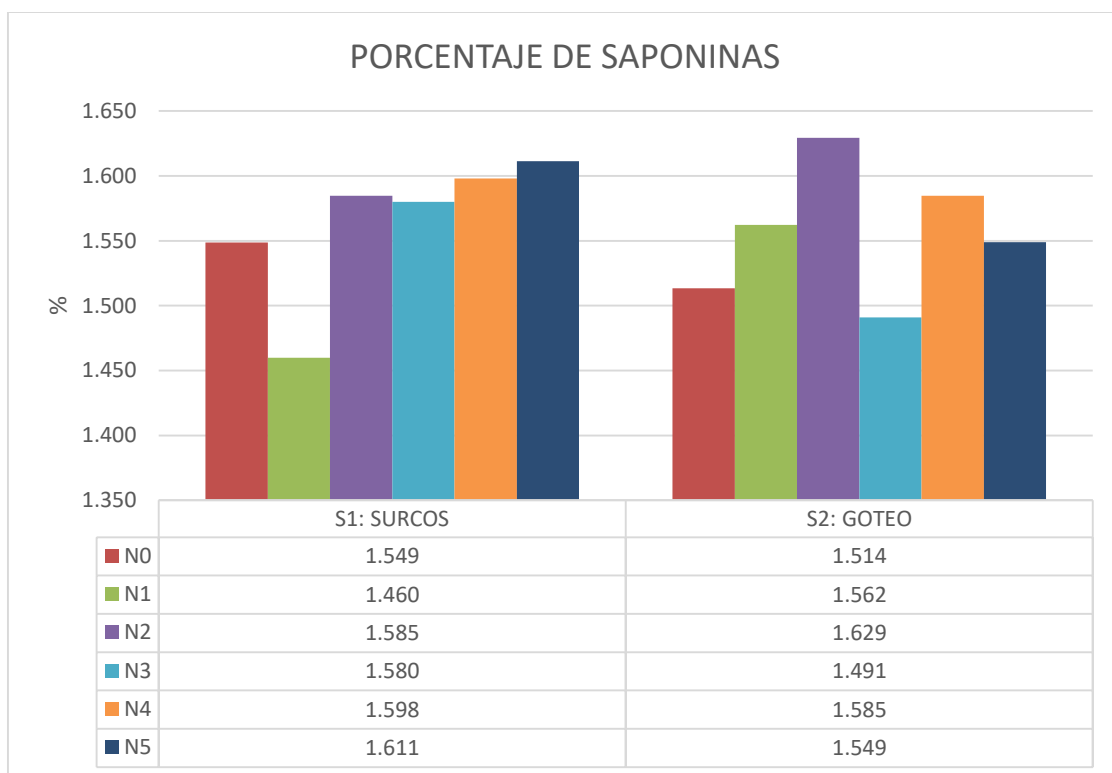


Figura 15. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el porcentaje de saponinas de quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$).

Promedio por sistema de riego en el porcentaje de saponinas de quinua, La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S1: Superficie -SURCOS	1.6	A	100.7
S2: RLAF- GOTE	1.6	A	100.0

Promedio por niveles de nitrógeno en el porcentaje de saponinas de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N2: 80	1.6	A	105.9
N4: 160	1.6	A	105.3
N5: 200	1.6	A	103.9
N3: 120	1.5	A	101.3
N0: 0	1.5	A	101.3
N1: 40	1.5	A	100.0

4.7. Parámetros agronómicos del cultivo de quinua var. La Molina 89

El cuadro 26, presenta los resultados de los parámetros agronómicos del cultivo de quinua, por efecto del sistema de riego en superficie por surcos y localizado por goteo, bajo cinco niveles de nitrógeno, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha N y un testigo no fertilizado.

En general, el análisis de variancia presenta diferencias altamente significativas para sistema de riego y niveles de nitrógeno en la variable eficiencia de uso de agua. Además, existen diferencias significativas para sistema de riego en Índice de cosecha, y diferencias significativas para niveles de nitrógeno en las variables índice de cosecha e índice de área foliar. Asimismo, se presentaron diferencias significativas en la interacción entre los factores sistemas de riego y niveles de nitrógeno en la variable eficiencia de uso de agua.

Índice de cosecha

Para esta variable (Figura 14), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente similares en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 26.5% por goteo y el menor valor fue de 20.4% por surcos. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 29.9%.

Asimismo, Respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias significativas entre sí. El mayor valor fue de 33% con 120 kg/ha N y el menor valor fue de 15.9% con 200 kg/ha. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 107.5%.

Julon (2016) Obtiene un porcentaje de IC de 38.8% en la línea mutante MQLM89 y un IC menor en la línea mutante MQPAS-374 de 17.78%. con una dosis de 100 kg/ha N.

Eficiencia de uso de agua

Para esta variable (Figura 15), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente diferentes en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 0.883 kg/m³ por goteo y el menor valor fue de 0.339 kg/m³ por surcos. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 159.8%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que existen diferencias significativas entre sí. El mayor valor de EUA fue de 0.790 kg/m³ con 120 kg/ha N, y el menor valor fue de 0.394 kg/m³ con 200 kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 200.5%.

Coefficiente de transpiración (CT)

Para esta variable (Figura 16), la prueba de comparación de medias de Duncan presenta medias estadísticamente similares en los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 581.5 l/kg por surcos y 570.4 l/kg por goteo. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 1.9%.

Asimismo, respecto a los niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de Duncan indica que no existen diferencias significativas entre sí. El mayor valor de CT fue de 612.6 l/kg con 200 kg/ha N y el menor valor fue de 508.1 con 160 kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 20.6%.

Índice de área foliar

Para esta variable (Figura 17), la prueba de comparación de Duncan presenta medias estadísticamente similares entre los sistemas en estudio. El mayor valor fue de 0.363 m²/m² por goteo y el menor valor fue de 0.272 m²/m² por surcos. Siendo la diferencia porcentual entre sistemas de 33.3%.

Respecto al efecto de niveles de nitrógeno, la prueba de comparación de medias de Duncan indica que existen diferencias significativas entre sí. El mayor valor de IAF fue de 0.491 m²/m² con 160 kg/ha N y el menor valor de IAF fue de 0.203 m²/m² con 120 kg/ha N. Siendo la diferencia porcentual entre niveles de nitrógeno de 141.8%

Cuadro 26. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en los parámetros agronómicos del cultivo de quinua, var. La Molina 89.

Factor en estudio	Índice de cosecha	Eficiencia del uso de agua	Coefficiente de transpiración	Índice de área foliar
Sistemas de riego				
S1: Superficie -SURCOS	20.4	0.339	581.6	0.272
S2: RLAF- GOTEJO	26.5	0.881	570.4	0.363
Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)				
N0: 0	19.0	0.54	532.9	296.0
N1: 40	24.5	0.59	607.2	247.3
N2: 80	28.2	0.72	585.9	210.0
N3: 120	33.0	0.79	610.2	180.6
N4: 160	19.8	0.61	508.1	375.1
N5: 200	15.9	0.39	612.6	227.1
Promedio general	23.4	0.6	576.1	256.0
Análisis de variancia				
Fuente de variación	GL			
Sistema de riego (S)	1	*	**	NS
Niveles de nitrógeno	5	*	**	NS
Interacción (SxD)	5	NS	*	NS
CV (%)		54.9	30.3	29.1
				76.0

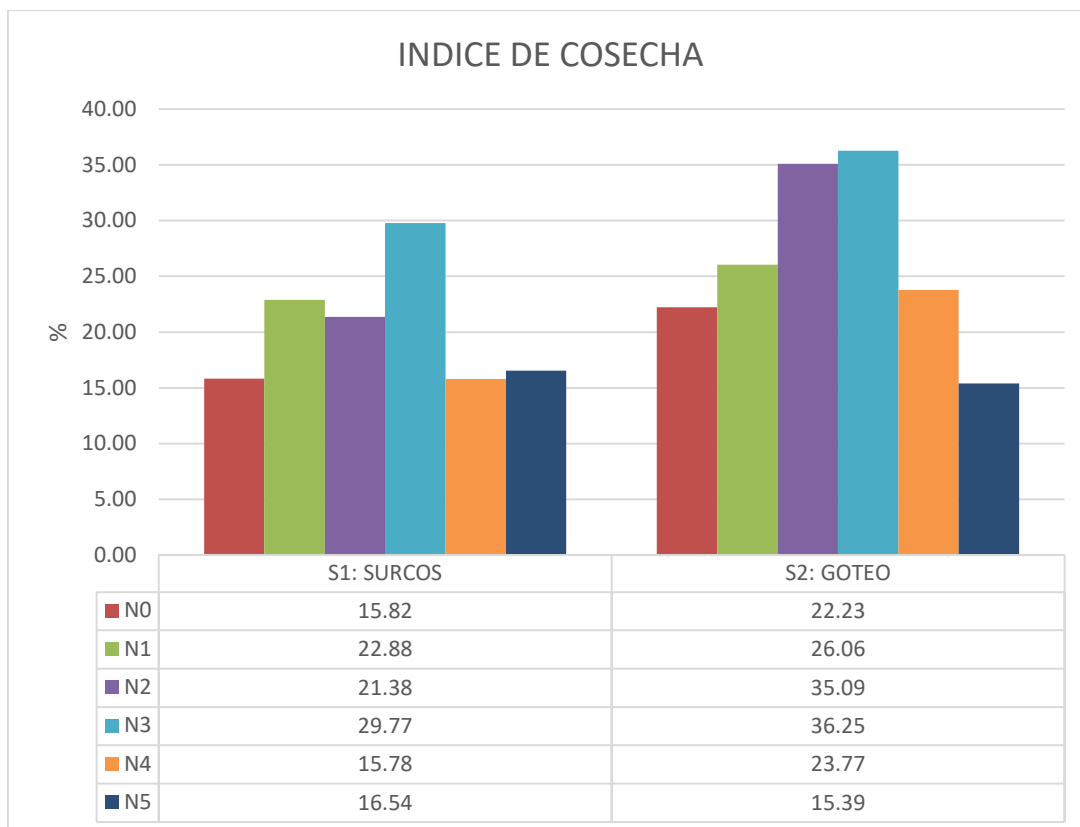


Figura 16. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el en el índice de cosecha de quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$).

Promedio por sistema de riego en el índice de cosecha de quinua, La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAf- GOTE	26.5	A	129.9
S1: Superficie -SURCOS	20.4	A	100.0

Promedio por niveles de nitrógeno en el índice de cosecha de quinua, La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N3: 120	33.0	A	207.5
N2: 80	28.2	BA	176.9
N1: 40	24.5	BAC	153.3
N4: 160	19.8	BC	123.9
N0: 0	19.0	BC	119.2
N5: 200	15.9	C	100.0

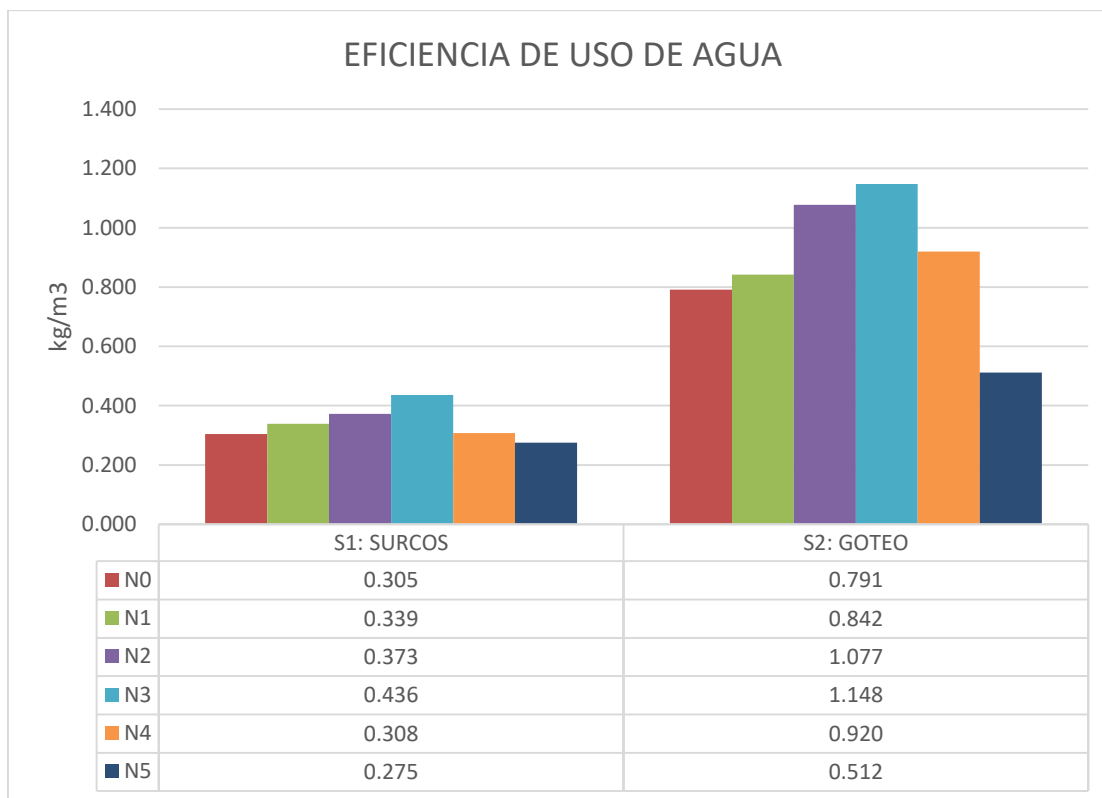


Figura 17. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en la eficiencia del uso de agua de quinua, variedad La Molina.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en la eficiencia del uso de agua de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAF- GOTEIO	0.881	A	259.8
S1: Superficie -SURCOS	0.339	B	100.0

Promedio por niveles de nitrógeno en la eficiencia del uso de agua de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N3: 120	0.790	A	200.5
N2: 80	0.725	BA	184.6
N4: 160	0.612	BC	155.3
N1: 40	0.590	BC	149.7
N0: 0	0.546	C	138.5
N5: 200	0.394	D	100.0

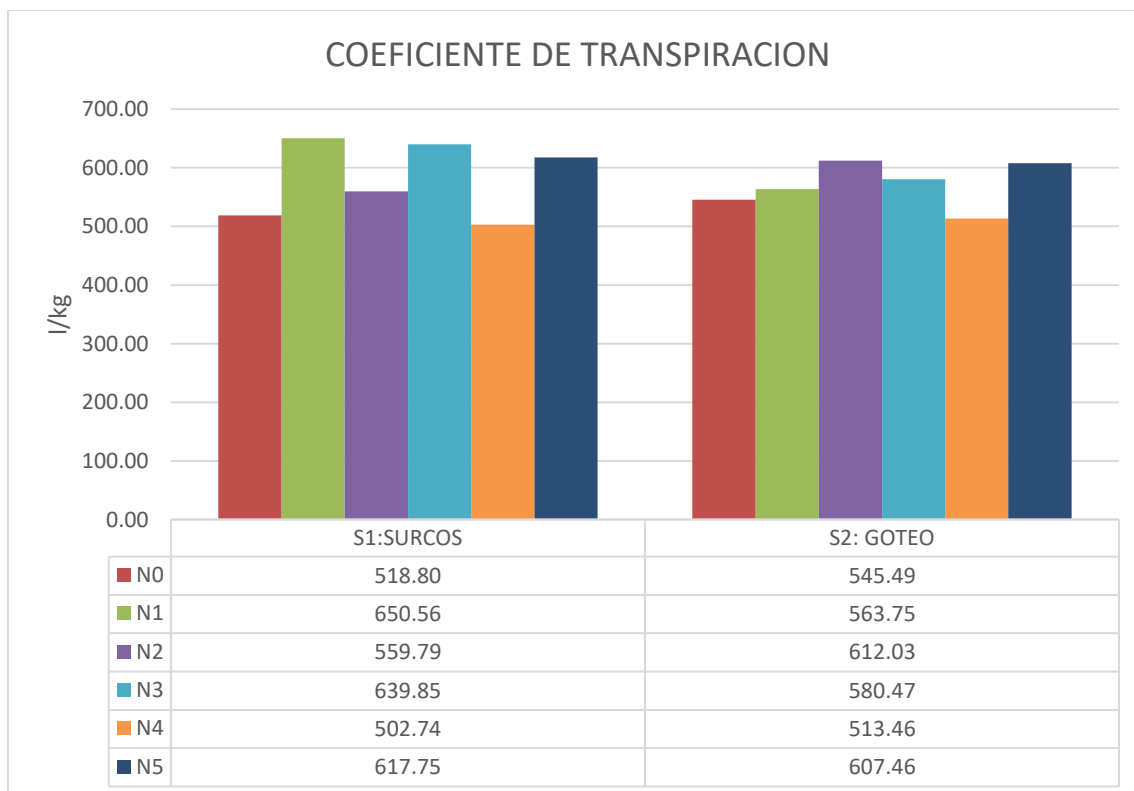


Figura 18. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el coeficiente de transpiración de quinua, variedad La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$)

Promedio por sistema de riego en el coeficiente de transpiración de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S1: Superficie -SURCOS	581.6	A	101.9
S2: RLAF- GOTEIO	570.4	A	100.0

Promedio por niveles de nitrógeno en el coeficiente de transpiración de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N5: 200	612.6	A	120.6
N3: 120	610.2	A	120.1
N1: 40	607.2	A	119.5
N2: 80	585.9	A	115.3
N0: 0	532.2	A	104.7
N4: 160	508.1	A	100.0

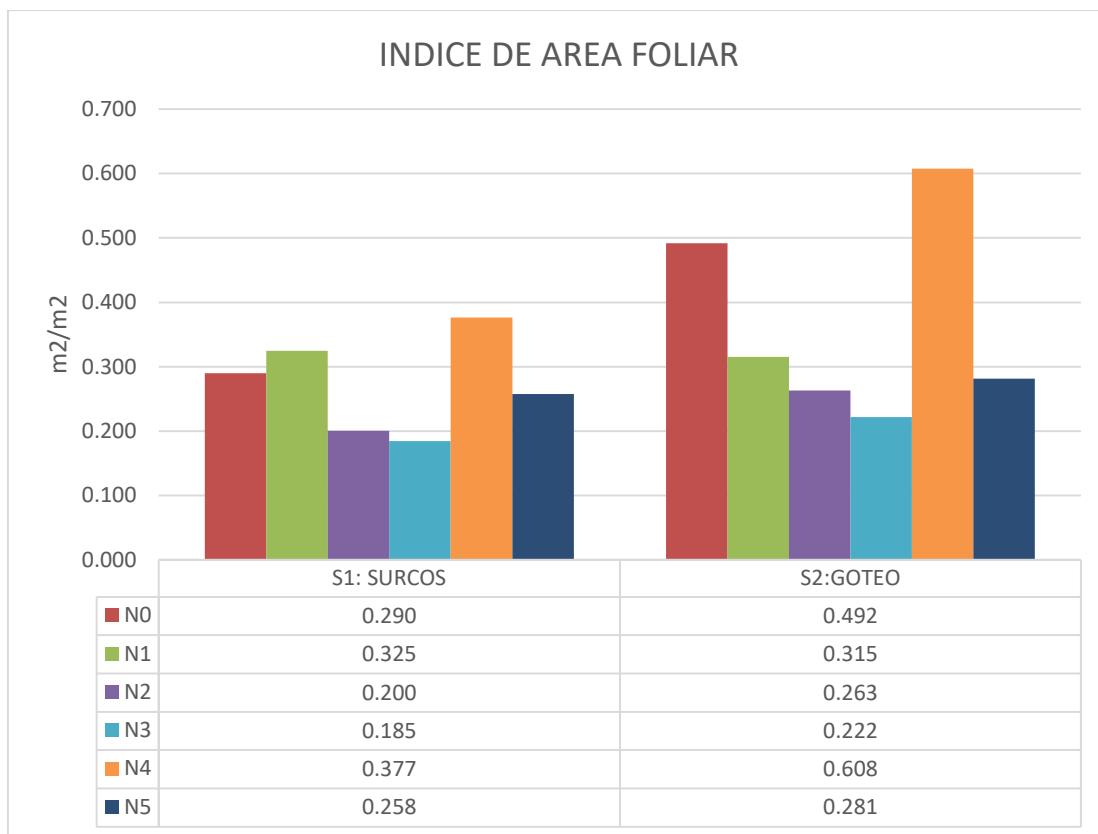


Figura 19. Sistema de riego y niveles de nitrógeno en el índice de área foliar de quinua, La Molina 89.

Prueba Duncan ($\alpha = 0.05$).

Promedio por sistema de riego en el índice de área foliar de quinua La Molina 89.

Sistema de riego	Media	DUNCAN	% Δ
S2: RLAF- GOTEO	0.363	A	133.4
S1: Superficie -SURCOS	0.272	A	100.0

Promedio por niveles de nitrógeno en el índice de área foliar de quinua La Molina 89.

Niveles de nitrógeno (kg/ha de N)	Media	DUNCAN	% Δ
N4: 160	0.491	A	241.8
N0: 0	0.390	BA	195.0
N1: 40	0.320	BA	160.0
N5: 200	0.269	B	130.0
N2: 80	0.231	B	115.0
N3: 120	0.203	B	100.0

V. ANÁLISIS AGRO-ECONÓMICO.

En el cuadro 27, se presenta los resultados del análisis económico del cultivo de quinua, por efecto del sistema de riego, en superficie por surcos y sistema localizado por goteo, bajo cinco niveles de nitrógeno, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha de N y un testigo no fertilizado, teniendo como base el rendimiento del cultivo y sus respectivos costos de producción.

En general para los sistemas de riego, el mayor índice de rentabilidad se presentó en riego por goteo con un IR de 186.9% y una utilidad neta promedio de 10,610 soles, y el menor índice de rentabilidad fue por surcos con un IR promedio de 121.4% y una utilidad neta promedio de 6,682 soles.

De otro lado para los niveles de nitrógeno el mayor índice de rentabilidad fue del nivel de 120 kg/ha N bajo condiciones del sistema de riego por goteo, con un IR de 290.3% y 16,482 soles de utilidad neta. Asimismo, el menor índice de rentabilidad también se presenta en riego por goteo, a nivel de 200kg/ha N con un IR de 71.1%.

Los costos de producción de cultivo de quinua se muestran en el anexo 19.

Cuadro 27. Sistemas de riego y niveles de nitrógeno en el análisis agroeconómico del cultivo de quinua.

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
S1 (SURCOS)	TESTIGO	2246	11,230	5,651.77	5,578.23	98.7	121.4
	40 kg/ha	2467	12,335	5,651.77	6,683.23	118.3	
	80 kg/ha	2766	13,830	5,651.77	8,178.23	144.7	
	120 kg/ha	3240	16,200	5,651.77	10,548.23	186.6	
	160 kg/ha	2267	11,335	5,651.77	5,683.23	100.6	
	200 kg/ha	2029	10,145	5,651.77	4,493.23	79.5	

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
S2 (GOTEO)	TESTIGO	2,992	14,960	5,677.99	6,002.77	105.7	186.9
	40 kg/ha	3,250	16,250	5,677.99	10,572.01	186.2	
	80 kg/ha	4,065	20,325	5,677.99	14,647.01	258.0	
	120 kg/ha	4,432	22,160	5,677.99	16,482.01	290.3	
	160 kg/ha	3,520	17,600	5,677.99	11,922.01	210.0	
	200 kg/ha	1,943	9,715	5,677.99	4,037.01	71.1	

VI. CONCLUSIONES

Para sistemas de riego el mayor rendimiento caracteriza a goteo, con una media de 3,367 kg/ha de grano-quinua, presentando incrementos porcentuales del 34.4% respecto de riego por surcos con una media de 2,503 kg/ha de quinua grano.

En general, el máximo rendimiento de quinua se presenta en riego por goteo a nivel de 120 kg/ha N con 4,432 kg/ha de quinua-grano. Para niveles de nitrógeno, el mayor rendimiento con 3,835 kg/ha de grano-quinua, se presenta en el nivel 120 kg/ha N con incrementos del 93% respecto de N5: 200 kg/ha N que presenta el menor rendimiento con 1,986 kg/ha de grano-quinua.

La respuesta en la calidad de quinua-grano en la variedad La Molina 89, indica que no existen diferencias en el contenido de proteínas por sistemas de riego. Asimismo, por niveles de nitrógeno, las diferencias en el contenido de proteínas son significativas. Los mayores valores se presentan a nivel de 120 kg/ha N, similar a 80 kg/ha de N pero con diferencias porcentuales de 14.9% respecto al testigo de no fertilizado. Asimismo, el porcentaje de saponinas en grano fue de 1.6%, estadísticamente similares para sistemas de riego y por niveles de nitrógeno, con este porcentaje se clasifica a la Molina 89 dentro de las quinuas amargas.

La materia seca total presentó resultados estadísticamente diferentes en ambos sistemas de riego. Por goteo fue de 57,5 g/planta con incrementos de 33.8% respecto a surcos. Asimismo, para niveles de nitrógeno la materia seca total se incrementó conforme se elevó el nivel aplicado, el valor más alto se presentó a nivel de 120 kg/ha de N con 65.1 g/planta, estadísticamente diferente de todos los niveles en estudio y con incrementos de 50.3% respecto del testigo no fertilizado con nitrógeno. Y de 70.9% respecto de 200 kg/ha de N.

Con un requerimiento de riego por goteo de 3816 m³ y por surcos de 7367 m³, los parámetros agronómicos, eficiencia de uso de agua (EUA), índice de cosecha (IC%) y índice de área foliar (IAF), presentan diferencias estadísticas por sistemas, siendo la diferencia porcentual entre goteo y surcos de 159.8% en la EUA, 29.9% en el IC y 33.4% en el IAF.

Al término del ciclo del cultivo cada sistema de riego en estudio presentó su propia característica respecto a cuánto y cuando se regó. Bajo las condiciones impuestas por surcos, se aplicó un total de 7367 m³/ha en 9.8 riegos por campaña y el intervalo medio entre riegos fue de 17.6 días. El valor mínimo se presentó a nivel del estadio de grano lechoso (97 DDS) con 10.3 días entre riegos. Para las condiciones impuestas por goteo, se aplicó un total de 3,816 m³/ha en 54.1 riegos, con un intervalo medio de 3.2 días entre riegos y un intervalo mínimo entre los estadios de grano lechoso (97DDS) con 1.9 días entre riegos.

Para las humedades de suelo al final de la campaña se presentaron porcentajes diferentes para cada sistema. Para condiciones de riego por goteo, al final de la campaña, se obtuvo una humedad volumétrica promedio de 22.06%, siendo la succión mátrica de 0.48 bar por goteo. Para condiciones de riego por surcos se presentó una humedad promedio de 17.34%, siendo la succión mátrica de 3.08 bar por surcos. Obteniéndose los mayores rendimientos en condiciones de mayor humedad, como se observa en el riego por goteo.

El análisis agroeconómico indica que para el riego por surcos se presenta un índice de rentabilidad (IR%) de 121.4% y por goteo de 186.9%. Asimismo, para niveles de nitrógeno el mayor IR se presenta a nivel de 120 kg/ha de N con 290. Asimismo, el menor valor caracteriza a 200 kg/ha de N con 71.1% en condiciones de riego por goteo.

VII. BIBLIOGRAFIA

Abugoch, L. E., Romero, N., Tapia, C. A., Silva, J., & Rivera, M. (2008). Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(12), 4745-4750.

Alvien, P. (1957). Economía del agua en las plantas. *Rev. Agro.* Vol. XXIV (91): 44 – 59. UNA – La Molina.

Apaza T. (1995). Efecto de densidad y niveles de fertilización en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinua* Wild) en costa central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima, Perú.

Arnon I. (1974). *Crop Production in Dry Regions.* Leonard Hill Books, London.

Barnett A. (2005). Efectos de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo riego por goteo. Tesis (Ingeniero agrónomo). Lima-Perú. Universidad Agraria La Molina.

Burin, 2016. Rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo tres láminas de riego por goteo. Lima-Peru. Pág. 31.

Bruin, A. de 1964. Investigation of the food value of quinua and cañihua seed. *J. Food Sci.*, 29:872-876

Canahua A., A. Mujica y Saravia 2001. Agronomía del Cultivo de la Quinua. En: Food and Agricultural Organization (FAO), “Quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro” Cap II Versión 1.0 en CD ROM. Santiago, Chile. pp 18.

Diseño de investigación y análisis de datos (2011). Disponible en:
<https://www.psicocode.com/resumenes/tema7diseños.pdf>.

Echegaray B. (2003). Evaluación de Métodos de Cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) bajo condiciones de Costa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú.

FAO (1985). *Water quality for Agriculture.* R. S. Ayers, D.W. Westcot. Reprinted 1989

- FAO (1998).** Under Utilized Andean Food Crops. Rome, Italy
- FAO (2003).** Food energy – methods of analysis and conversion factors. Report of a technical workshop. Rome, Italy
- FAO, (2011).** La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Disponible:
http://www.fao.org/fileadmin/templates/aiq2013/res/es/cultivo_quinua_es.pdf
- FAO/OMS/UNU (1985).** Necesidades de energías y de proteínas. Informe de una reunión consultiva conjunta FAO/OMS/UNU de expertos. Ginebra
- FAO (2016).** Guía del cultivo de quinoa. Luz Gomez Pando, Enrique Aguilar Castellanos (autores). Pág. 21
- Fernández R. et al (2010).** Manual de riego para agricultores. módulo 2. RIEGO POR SUPERFICIE. Sevilla
- Gómez, L. (2003).** La Quinoa. Original en internet:
<http://www.samconet.com/productos/producto44/descripcion44.htm>
- Gómez, P. (1979)** Riegos a presión, aspersión y goteo. Editorial AEDOS. Barcelona, España.
- Hsiao, T., and Acevedo, E. 1974.** Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. Agric Meteorol. 14: 59 – 84.
- Hurtado, L. L., (2003).** Manejo y Conservación del suelo, fundamentos y prácticas.
- INEI (2012).** IV censo nacional agropecuario 2012.
- Izquierdo J., A. Mujica y R. Saravia (2001).** Resistencia a Factores Adversos de la Quinoa. En: Food and Agricultural Organization (FAO), “Quinoa (Chenopodium quinoa Wild.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro” Cap VII Versión 1.0 en CD ROM. Santiago, Chile. pp 22.
- Jacobsen S., J. Risi (2001).** Distribución Geográfica de la Quina Fuera de los países Andinos. En: Food and Agricultural Organization (FAO), “Quinoa (Chenopodium quinoa Wild.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro” Cap III Versión 1.0 en CD ROM. Santiago, Chile. pp 14.

Julon W. (2016). “Resultado de dos sistemas de cultivo en el rendimiento, calidad y rentabilidad de quinua (*Chenopodium quinua* Willd) en costa central”. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

Kamisato, J. (2004). Evaluación del efecto de tres niveles de fertilización y dos niveles de riego en el comportamiento de dos variedades de kiwicha (*Amaranthuscaudatus*) en costa central. Tesis Mag. Sc. Lima 55p.

Lescano, R. (1994). Genética y Mejoramiento de Cultivos andinos. Convenio INADE/PELT-COTESU. La Paz, Bolivia.

Llorente, José Ramón. (2008). Quinoa: Un auténtico super alimento. Discovery DSalud. Consulta del 3 de junio, 2011, de:
<http://www.dsalud.com/index.php?pagina=articulo&c=218>

Luis Santos Pereira (2010). El riego y sus tecnologías. España. 1º Edición. Pág. 135-137

Manual de riego para agritultores (2016). Módulo 2. Riego por superficie, Rafael Fernandez Gomez {et. al} - sevilla

Mapama (2016). Disponible en:
<http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/riego-localizado.aspx>

Martin de Santa Olalla, M. 2005. Agronomía del Riego. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. 732. p.

Medina San Juan, J.A 1979. Riego por goteo. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España.

Mengel K. y E. Kirby (1987). Principios de Nutrición vegetal 4ta edición. I.P.I., Suiza.

MINAGRI (2013) Políticas de desarrollo productivo que promueven la cadena de valor agroalimentario de la quinua: mejorando la competitividad de la oferta peruana.

MINAGRI (2016) Boletín mensual de precios de la quinua

Mujica, S, J. Izquierdo y J. Marathee (2001). Origen y Descripción de la Quinoa. En: Food and Agricultural Organization (FAO), “Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro” Cap IX Versión 1.0 en CD ROM. Santiago, Chile. pp 14.

Mújica A.; Jacobsen E.2001. Biodiversidad un desafío en la región centro oeste de Sudamérica en agricultura andina. Puno. Perú

Mújica A. 1996. Agroindustria de la quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) en los Países Andinos. CONCYTEC, UNA-Puno, PROINPA, BOLIVIA, UNC, COLOMBIA. Editorial Altiplano. Puno, Perú. 115 p.

Mujica S. A. (1993). Cultivo de Quinoa. INIA-DGIA. Serie Manual N°11-93 Lima, Perú.

Mujica, A. 1992. La Agricultura Andina, granos y leguminosas andinas. En Cultivos Marginados otra perspectiva de 1492. Andalucía, España: Colección FAO: Producción y protección vegetal. (26):339 p.

Mujica, A. 1983. Selección de Variedades de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) en Chapingo, México. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Chapingo, México.

Navarro G. 2003. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal.

.Pizarro, C. (1996). Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF). 3ra Edición., Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Przybylski, R., G. Chauhan & N Eskin. (1994). Characterization of quinoa (Chenopodium quinoa) lipids. Food Chemistry 51: 187-192.

PULGAR, J. (1973). "La quinoa suba en Colombia" Ministerio de Agricultura Pub. No. 3 Colombia.

Quillatupa, C. (2009). Caracterización de las fases fenológicas, determinación de unidades de color y rendimiento de 16 geotipos de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) en condiciones de la Molina. Tesis Ing. Agrónomo Lima-UNALM. 158 p.

Repo-Carrasco, R. & N. Li Hoyos. (1993). Elaboración y evaluación de alimentos infantiles con base en cultivos andinos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol: 43(2): 168-175.

Repo-Carrasco R., Espinoza C., Jacobsen S.-E. (2001). Valor nutricional y usos de la quinua (*Chenopodium quinoa*) y de la kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). En Memorias, Primer Taller Internacional sobre Quinoa – Recursos Genéticos y Sistemas de Producción (Jacobsen S.-E., Portillo Z., Editores), 10–14 May, UNALM, Lima, Perú, 391-400.

Rivero, L. (1985). Efecto del distanciamiento entre surcos y entre plantas sobre e rendimiento y otras características de dos ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Tesis Magister Scientiae UNALM. Lima, Perú.

Rojas W. (2003). Multivariate Analysis of Genetics Diversity of Bolivian Quinoa Germoplasm. Food Reviews International Vol. 19, N° 1y2, pp. 923.

Rosas G. (2015). “Evaluación agronómica de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo dos sistemas de cultivo en la unión-leticia, Tarma”. LIMA-PERU.

Sanchez V. (2015). "Identificación preliminar de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con mayor eficiencia en el uso de nitrógeno”. Tesis ing. Agronomo. Lima-Perú.

Tapia M. (1979). Historia y distribución geográfica. In M.E. Tapia (ed.). Quinoa y Kañihua. Cultivos Andinos, M. Tapia, H. Gandarillas; S. Alandia, A. Cardozo, A. Mujica, R. Ortiz, V. Otazu, J. Rea, B. Salas y E. Zanabria (autores). Centro Internacional para el Desarrollo, Bogotá, Colombia. pp. 11 - 19.

Tapia, M. (1997). Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. Segunda Edición. Food and Agriculture Organization (FAO) Santiago, Chile.

Timana S. (1992). Dosis y momentos de aplicación de Cycocel y su efecto frente a niveles de creciente nitrógeno en el rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima, Perú.

Tapia, M. (1990). Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA – FAO, Oficina para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.

Tapia M., A. Mujica y A. Canahua (1980). Origen, distribución Geográfica y Sistemas de Producción de la Quinoa I. Reunión sobre genética y fitomejoramiento de la quinoa. Proyecto de Investigación de los sistemas de Cultivos Andinos Publicación N°1. Puno, Perú.

Vera, A., M. Vargas y G. Delgado. 1997. Actividad biológica de las saponinas de la quinoa *Chenopodium quinoa* W. En: IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos. (Resúmenes). Cusco, Perú. pp. 85

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (cm).

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	138.5	149.0	150.0	151.5	135.9	138.4	143.8	102.0
40	130.8	140.0	169.0	127.0	140.6	138.7	141.0	100.0
80	171.0	159.5	134.0	124.1	138.2	122.5	141.5	100.4
120	139.0	160.0	127.5	139.1	148.5	138.3	142.0	100.7
160	157.0	139.3	143.2	154.0	143.4	141.0	146.3	103.8
200	172.5	162.5	123.5	134.0	137.0	119.5	141.5	100.3

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	154.4	170.5	164.1	143.6	154.5	154.2	156.8	105.7
40	154.7	192.0	151.5	157.0	154.5	136.5	157.7	106.3
80	170.5	174.0	175.0	167.2	164.5	161.2	168.7	113.7
120	139.0	164.5	145.0	161.7	145.6	144.0	149.9	101.1
160	194.5	146.8	165.0	138.5	149.0	114.2	151.3	102.0
200	180.0	161.5	143.4	135.0	156.0	114.5	148.4	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	5082.187917	1016.437583	5.05	0.0008	**
Sistemas de riego(S)	1	2940.166806	2940.166806	14.61	0.0004	**
Error (A)	5	294.609028	58.921806	0.29	0.9147	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	780.234583	156.046917	0.78	0.5720	NS
Interacción (SxN)	5	1024.195694	204.839139	1.02	0.4171	NS
Error (B)	50	10060.32472	481.97114	2.40	0.0059	
Total	71	20181.71875	201.20649			

Anexo 2. Diámetro de tallo (cm).

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	1.41	1.56	1.29	1.49	1.43	1.05	1.37	114.9
40	1.51	1.18	1.54	0.81	1.67	1.27	1.33	111.5
80	1.57	1.41	1.30	0.94	1.03	0.91	1.19	100.0
120	1.25	1.33	0.99	1.08	1.40	1.86	1.32	110.5
160	1.69	1.07	1.65	1.28	0.96	1.72	1.40	116.9
200	1.77	1.82	1.10	1.32	1.09	1.30	1.40	117.3

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	1.83	1.50	1.49	1.27	1.74	1.74	1.60	110.0
40	1.16	1.90	2.01	1.29	1.43	0.91	1.45	100.0
80	1.94	2.07	1.49	1.69	1.34	1.07	1.60	110.3
120	1.19	2.01	1.46	1.48	1.41	1.33	1.48	102.1
160	2.51	1.20	1.48	1.28	1.30	1.14	1.49	102.4
200	1.97	1.80	1.63	1.28	2.39	1.21	1.71	118.2

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	1.35397361	0.27089472	2.55		*
Sistemas de riego(S)	1	0.86461250	0.86461250	8.13		**
Error (A)	5	0.44956250	0.08991250	0.85		
Niveles de Nitrógeno (N)	5	0.25707361	0.05141472	0.48		NS
Interacción (SxN)	5	0.22159583	0.04431917	0.42		NS
Error (B)	50	5.31714722	0.10634294	0.11		
Total	71	8.46396528				

Anexo 3. Peso de 1000 semillas (gr).

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	2.80	2.92	2.76	2.64	2.75	2.56	2.74	101.1
40	3.01	3.12	2.82	2.87	2.69	2.54	2.84	104.9
80	3.02	2.73	2.99	2.78	2.79	2.50	2.80	103.5
120	2.08	2.74	2.86	2.78	2.90	2.95	2.72	100.4
160	3.06	2.64	2.88	2.40	2.51	2.75	2.71	100.0
200	2.52	2.82	2.98	2.91	3.00	2.55	2.80	103.3

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	2.88	2.74	2.87	3.20	2.91	2.73	2.89	103.1
40	2.69	2.89	2.69	2.97	2.84	2.73	2.88	100.0
80	2.93	2.94	2.78	2.95	2.96	3.00	2.93	104.4
120	2.93	2.96	2.96	2.79	2.95	2.65	2.87	102.5
160	2.84	2.95	2.74	3.18	3.00	2.58	2.88	102.8
200	3.22	2.62	3.59	2.90	2.66	2.52	2.92	104.1

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	0.38155000	0.07631000	1.57	0.1866	NS
Sistemas de riego(S)	1	0.24500000	0.2450000	5.03	0.0294	*
Error (A)	5	0.12558333	0.02511667	0.52	0.7631	NS
Niveles de Nitrógeno (N)	5	0.05316667	0.01063333	0.22	0.9530	NS
Interacción (SxN)	5	0.09046667	0.017809333	0.37	0.8658	NS
Error (B)	50	2.43503333	0.04870067			
Total	71					

Anexo 4. Porcentaje de saponinas (%).

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	1.6	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	106.1
40	1.3	1.5	1.3	1.4	1.6	1.4	1.4	100.0
80	1.5	1.5	1.6	1.7	1.6	1.4	1.5	108.5
120	1.4	1.6	1.6	1.5	1.4	1.6	1.5	108.2
160	1.4	1.6	1.6	1.5	1.5	1.7	1.5	109.5
200	1.4	2.0	1.5	1.6	1.4	1.5	1.6	110.4

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	1.5	1.6	1.4	1.6	1.5	1.3	1.5	101.5
40	1.5	1.5	1.5	1.4	1.6	1.6	1.5	104.8
80	1.3	1.6	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6	109.3
120	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6	1.4	1.4	100.0
160	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6	1.4	1.5	106.3
200	1.6	1.4	1.7	1.5	1.3	1.5	1.5	103.9

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	0.069200	0.01384000	0.98	0.4415	
Sistemas de riego(S)	1	0.001605	0.00160556	0.11	0.7379	
Error (A)	5	0.066911	0.01338222	0.94	0.4610	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	0.090516	0.01810333	1.28	0.2886	
Interacción (SxN)	5	0.075094	0.01501889	1.06	0.3940	
Error (B)	50	0.708822	0.01417644			
Total	71	1.012150				

Anexo 5. Porcentaje de proteínas (%).

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	promedio	%
0	16.1	16.8	16.2	14.8	15.4	14.3	15.6	92.2
40	14.7	19.2	17.8	17.8	16.1	15.9	16.9	100.0
80	19.2	19.4	21.1	19.2	16.8	17.5	18.9	111.5
120	17.5	19.0	19.6	18.9	18.2	17.5	18.4	108.9
160	17.3	16.9	21.1	15.3	15.7	15.0	16.9	99.9
200	15.9	17.5	19.0	17.8	16.1	13.8	16.7	98.6

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	promedio	%
0	16.3	17.5	18.0	17.7	16.2	14.0	16.6	100.0
40	16.4	18.2	15.2	17.1	15.9	17.3	16.7	100.3
80	17.8	17.6	18.3	20.8	15.5	17.4	17.9	107.9
120	19.7	17.6	18.2	18.3	19.5	18.0	18.6	111.7
160	15.5	16.9	17.8	22.7	16.4	17.2	17.8	107.0
200	17.1	15.9	17.5	20.3	14.3	16.3	16.9	101.6

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	56.89247778	11.37849556	7.29	<.0001	**
Sistemas de riego(S)	1	0.56888889	0.5688889	0.36	0.5488	NS
Error (A)	5	27.94281111	5.58856222	3.58	0.0076	**
Niveles de Nitrógeno (N)	5	54.96736111	10.9934722	7.04	<.0001	**
Interacción (SxN)	5	7.84002778	1.56800556	1.00	0.4250	NS
Error (B)	50	78.0635444	1.5612709			
Total	71	226.2751111				

Anexo 6. Plantas por M2.

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROM	%
0	15	12	13	15	11	13	13.1	118.5
40	12	14	14	15	11	9	12.3	111.9
80	12	11	13	15	12	15	12.9	116.7
120	12	14	12	8	10	10	11.0	100.0
160	15	15	12	14	12	12	13.2	120.3
200	15	10	12	15	9	13	12.2	110.7

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROM	%
0	13	15	8	12	10	11	11.5	115.1
40	15	15	12	11	13	15	13.6	135.5
80	8	11	7	12	12	10	10.0	100.0
120	14	5	8	15	12	15	11.7	116.4
160	10	14	9	15	15	14	12.9	128.9
200	15	12	7	15	8	10	11.2	111.8

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	70.2361111	14.0472222	2.87	0.0237	*
Sistemas de riego(S)	1	11.68055556	11.68055556	2.38	0.1289	NS
Error (A)	5	47.90277778	9.58055556	1.95	0.1018	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	36.2361111	7.24722222	1.48	0.2134	NS
Interacción (SxN)	5	32.2361111	6.4472222	1.32	0.2726	NS
Error (B)	50	245.0277778	4.90055556			
Total	71	443.319444				

Anexo 7. Número de tallos por planta (gr/planta)

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	40	98	26	88	141	59	75.3	106.9
40	91	120	127	129	120	75	110.3	156.5
80	117	70	83	68	123	56	86.1	122.2
120	82	110	98	35	106	72	83.8	118.9
160	121	89	72	74	113	55	87.3	123.9
200	68	91	38	64	108	54	70.5	100.0

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	101	135	124	106	102	92	110.0	136.4
40	95	138	129	156	108	86	118.6	147.1
80	111	135	148	125	177	120	136.0	168.6
120	141	120	153	153	141	97	134.1	166.3
160	133	116	143	95	150	75	118.6	147.1
200	72	107	63	90	97	55	80.6	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	15927.1111	3185.42222	7.05	<.0001	**
Sistemas de riego(S)	1	17050.88889	17050.88889	37.75	<.0001	**
Error (A)	5	3519.27778	703.85556	1.56	0.1891	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	12808.4444	2561.68889	5.67	0.0003	**
Interacción (SxN)	5	5068.61111	1013.72222	2.24	0.0642	NS
Error (B)	50	22585.6111	451.71222			
Total	71	76959.9444				

Anexo 8. Peso seco total (gr/planta)

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	34.9	38.8	53.4	34.5	45.0	33.9	40.1	111.5
40	47.5	46.7	44.0	40.8	50.3	32.0	43.6	121.1
80	54.9	42.9	43.8	39.6	33.1	56.6	45.1	125.5
120	47.5	59.8	57.7	49.1	44.7	63.3	53.7	149.2
160	38.4	36.4	35.0	36.4	40.9	47.0	39.0	108.5
200	25.4	42.1	34.9	39.5	33.0	40.8	35.9	100.0

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	57.5	35.5	40.7	51.2	45.0	49.2	46.5	115.8
40	82.4	55.8	47.1	44.7	45.1	55.4	55.1	137.1
80	54.7	75.6	53.0	66.5	86.7	65.8	67.0	166.9
120	76.6	71.6	76.6	77.1	64.3	92.1	76.4	190.1
160	57.4	58.6	53.3	66.1	55.2	65.1	59.3	147.6
200	34.2	36.2	46.4	42.9	49.6	31.7	40.2	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	131.493300	26.298660	0.32	0.8957	NS
Sistemas de riego(S)	1	3791.463200	3791.463200	46.82	<.0001	**
Error (A)	5	272.736517	54.547303	0.67	0.6453	NS
Niveles de Nitrógeno (N)	5	5424.197733	1084.839547	13.40	<.0001	**
Interacción (SxN)	5	1006.629217	201.325843	2.49	0.0436	*
Error (B)	50	4048.56578	80.97132			
Total	71	14675.08575				

	SC	GL	CM	F	Sig.
SC(SN0)	124.0990083	1	124.099008	1.67266396	
SC(SN1)	398.9380083	1	398.938008	5.3770714	**
SC(SN2)	1439.925208	1	1439.92521	19.4079794	**
SC(SN3)	1550.186008	1	1550.18601	20.8941256	**
SC(SN4)	1231.605408	1	1231.60541	16.6001486	**
SC(SN5)	53.46740833	1	53.4674083	0.72065851	
SC(NS1)	1156.918789	5	231.383758	3.11869754	
SC(NS2)	5273.004933	5	1054.60099	14.2144009	**
SCA(S/SN)	4451.545967	60	74.1924328		

S en N1	
S - N	Promedio
S2 - N1	55.1 a
S1 - N1	43.6 b

S en N2	
S - N	Promedio
S2 - N2	67.0 a
S1 - N2	45.1 b

S en N3	
S - N	Promedio
S2 - N3	76.44 a
S1 - N3	53.71 b

S en N4	
S - N	Promedio
S2 - N4	59.3a
S1 - N4	39.0 b

N en S2	
N en S	Promedio
N3 - S2	76.4 a
N2 - S2	67.0 ab
N4 - S2	59.3 bc
N1 - S2	55.1 bcd
N0 - S2	46.5 cd
N5 - S2	40.2 d

Anexo 9. Peso seco de tallos (gr/planta).

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	19.2	16.5	19.2	15.6	19.3	14.2	17.3	107.4
40	17.1	22.3	19.3	18.1	20.2	18.3	19.2	118.9
80	20.3	20.3	19.3	18.6	20.3	19.3	19.7	122.0
120	21.3	21.1	26.3	35.8	21.1	23.1	24.8	153.3
160	19.1	17.6	18.3	16.8	16.8	19.3	18.0	111.4
200	13.2	17.2	14.6	17.1	18.2	16.6	16.1	100.0

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	18.1	17.3	25.3	19.3	24.3	20.1	20.7	120.4
40	22.6	21.0	21.6	29.3	18.5	19.3	22.0	128.0
80	30.1	25.9	42.0	24.0	24.3	25.1	28.6	165.7
120	23.2	43.5	39.1	33.7	23.6	21.0	30.7	177.9
160	25.3	17.0	31.2	20.1	24.1	19.3	22.8	132.5
200	19.1	12.2	16.7	21.0	21.4	12.8	17.2	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	198.9695125	39.7939025	2.13	0.0776	NS
Sistemas de riego(S)	1	360.7745681	360.7745681	19.27	<.0001	**
Error (A)	5	125.8521903	25.1704381	1.34	0.2612	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	921.8187625	184.3637525	9.85	<.0001	**
Interacción (SxN)	5	110.2369736	22.0473947	1.18	0.3334	NS
Error (B)	50	936.041381	18.720828			
Total	71					

Anexo 10. Peso seco de panojas (gr/planta).

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	15.6	22.2	34.2	18.8	25.6	19.6	22.7	114.9
40	26.4	28.9	24.7	20.4	32.2	13.6	24.4	123.3
80	36.5	22.5	24.4	20.9	15.1	35.3	25.8	130.5
120	26.2	40.6	31.3	30.5	20.3	44.4	32.2	163.0
160	19.3	18.8	16.7	19.5	24.0	27.6	21.0	106.3
200	12.2	24.8	20.2	22.3	14.7	24.2	19.7	100.0

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	35.3	19.7	26.3	28.9	26.4	29.9	27.7	121.1
40	59.8	34.8	25.4	28.1	26.6	36.1	35.1	153.3
80	31.4	56.2	32.9	46.7	62.4	45.3	45.8	199.9
120	53.4	45.5	48.5	50.7	40.7	67.4	51.0	222.5
160	32.1	41.6	36.7	46.0	35.4	45.7	39.6	172.7
200	15.1	23.9	29.7	21.8	28.1	18.8	22.9	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	207.859950	41.571990	0.59	0.7088	NS
Sistemas de riego(S)	1	2916.952200	2916.952200	41.28	<.0001	**
Error (A)	5	123.309967	24.661993	0.35	0.8805	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	3170.499033	634.099807	8.97	<.0001	**
Interacción (SxN)	5	836.592383	167.318477	2.37	0.0527	NS
Error (B)	50	3533.12402	70.66248			
Total	71					

Anexo 11. Área foliar (cm²/planta).

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	285.7	157.7	175.4	85.9	145.3	477.7	221.3	140.6
40	489.2	345.0	289.3	125.8	154.4	163.3	261.2	165.9
80	181.6	220.0	84.8	150.5	150.5	157.0	157.4	100.0
120	109.0	189.2	183.2	146.5	108.9	265.6	167.1	106.2
160	682.8	145.9	154.0	168.9	248.5	248.2	274.7	174.5
200	289.2	272.4	132.0	121.6	233.3	233.3	213.6	135.7

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	395.7	1142.3	150.1	155.0	193.3	187.8	370.7	191.1
40	273.7	149.8	452.9	157.0	165.7	201.4	233.4	120.3
80	403.2	126.5	193.3	374.2	263.3	2150.0	262.6	135.4
120	264.8	228.6	186.8	148.9	178.8	156.0	194.0	100.0
160	850.0	476.0	322.4	348.0	745.6	111.0	475.5	245.1
200	306.6	418.9	194.1	182.9	161.6	179.2	240.5	124.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	352522.2748	70504.4550	2.69	0.0316	*
Sistemas de riego(S)	1	115895.4464	115895.4464	4.42	0.0406	*
Error (A)	5	127442.1146	25488.4229	0.97	0.4443	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	29.4121.7348	58824.3470	2.24	0.0644	NS
Interacción (SxN)	5	111856.3876	22371.2775	0.85	0.5193	NS
Error (B)	50	1311754.225	26235.085			
Total	71					

Anexo 12. Rendimiento de grano (kg/ha)

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	2,070	2,711	3,215	1,652	2,760	1,066	2,246	110.6
40	1,347	3,451	2,791	3,319	2,628	1,267	2,467	121.5
80	3,081	3,115	2,174	2,288	3,484	2,454	2,766	136.3
120	2,732	3,049	3,507	4,544	2,482	3,129	3,240	159.6
160	2,493	2,386	2,527	2,087	2,539	1,571	2,267	111.7
200	1,690	2,813	2,456	2,352	1,560	1,306	2,029	100.0

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	2.896	2.558	4.017	2.343	3.471	2.665	2.992	154.0
40	1.959	3.648	2.974	5.787	2.938	2.193	3.250	167.2
80	3.821	3.914	5.755	3.793	3.851	3.256	4.065	209.2
120	4.088	6.471	5.393	3.428	3.709	3.500	4.432	228.1
160	3.049	2.632	4.804	3.291	4.591	2.756	3.520	181.2
200	1.699	2.214	1.228	2.246	1.376	2.892	1.943	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	9.88237778	1.97647556	3.02	0.0184	*
Sistemas de riego(S)	1	13.45075556	13.45075556	20.57	<.0001	**
Error (A)	5	0.87622778	0.17524556	0.27	0.9285	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	24.56169444	4.91233889	7.51	<.0001	**
Interacción (SxN)	5	4.11501111	0.82300222	1.26	0.2964	NS
Error (B)	50	32.68972778	0.65379456	3.85	<.0001	
Total	71					

Anexo 13. Tamaño de grano mayores a 1.4 mm (kg/ha)

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	1707.5	2256.0	2621.9	1328.4	2334.3	869.9	1853.0	107.3
40	1138.2	3082.3	2399.8	2870.8	2128.1	1105.3	2120.7	122.8
80	2609.6	2643.7	1888.2	1925.8	2967.4	2168.5	2367.2	137.0
120	2388.8	2629.6	2934.6	3916.2	2115.3	2656.8	2773.5	160.6
160	2234.8	2004.6	2120.0	1650.7	2389.6	1303.4	1950.5	112.9
200	1305.1	2383.2	2209.2	2045.3	1316.2	1102.4	1726.9	100.0

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	2533.6	2118.6	3331.9	2017.9	2974.5	2298.4	2545.8	157.9
40	1598.0	2963.8	2557.6	5099.7	2508.0	1916.5	2773.9	172.1
80	3252.6	3316.1	4686.7	3194.4	3190.3	2853.4	3415.6	211.9
120	3394.9	5339.7	4532.3	2793.1	3279.6	2962.8	3717.1	230.6
160	2572.5	2098.8	3911.0	2830.2	4042.9	2373.5	2971.5	184.3
200	1410.8	1849.7	1002.2	1887.2	1134.8	2384.9	1611.6	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	6509870.60	1301974.12	2.64	0.0341	*
Sistemas de riego(S)	1	9004204.86	9004204.86	18.25	<.0001	**
Error (A)	5	641473.88	128294.78	0.26	0.9327	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	17906581.50	3581316.30	7.26	<.0001	**
Interacción (SxN)	5	2850931.72	570186.34	1.16	0.3440	NS
Error (B)	50	24667152.11	493343.04			
Total	71					

Anexo 14. Tamaño de grano mayores a 1.2 mm (kg/ha)

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	362.0	454.4	592.4	323.5	425.0	189.6	391.2	106.9
40	200.5	386.3	390.4	446.8	498.9	161.5	347.4	122.8
80	470.5	469.4	407.8	360.9	515.9	285.3	418.3	135.8
120	342.8	418.3	571.7	625.0	364.1	469.8	465.3	160.6
160	257.0	380.9	405.8	436.1	147.5	266.9	315.7	112.9
200	384.0	428.8	246.1	312.5	242.7	201.7	302.6	100.0

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N (kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	Promedio	%
0	360.9	437.7	684.4	323.7	496.3	366.0	444.8	157.9
40	360.6	682.4	415.1	685.8	262.3	276.3	447.1	172.1
80	566.6	593.6	1065.7	597.2	659.4	400.2	647.1	211.9
120	691.8	1129.3	859.5	632.9	428.1	535.7	712.9	230.6
160	475.2	531.0	891.5	459.0	547.8	381.3	547.6	184.3
200	287.4	364.0	224.3	357.9	241.2	506.3	330.2	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	434052.6077	86810.5215	4.68	0.0014	**
Sistemas de riego(S)	1	395393.1559	395393.1559	21.29	<.0001	**
Error (A)	5	70322.3890	14064.4778	0.76	0.5847	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	577720.6789	115544.1358	6.22	0.0001	**
Interacción (SxN)	5	147726.3585	29545.2717	1.59	0.1798	NS
Error (B)	50	928421.136	18568.423			
Total	71					

Anexo 15. Índice de cosecha (%)

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	7.6	12.1	23.6	10.6	29.8	11.0	15.8	100.1
40	5.5	26.6	22.5	33.5	34.4	14.4	22.8	144.9
80	14.2	11.1	19.4	19.2	43.0	21.1	21.3	135.4
120	11.6	8.6	43.8	58.4	28.8	27.2	29.7	188.6
160	7.1	11.7	18.1	18.9	26.9	11.7	15.7	100.0
200	6.2	10.3	27.2	18.1	26.3	10.8	16.5	104.7

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	10.8	4.0	43.8	28.7	24.9	20.9	22.2	144.4
40	9.2	6.8	27.3	71.3	23.0	18.4	26.0	169.2
80	19.5	19.8	76.1	30.1	34.9	29.9	35.0	227.9
120	18.5	72.6	54.4	17.2	31.3	23.2	36.2	235.5
160	16.3	19.9	23.2	33.8	32.6	16.6	23.7	154.4
200	5.9	5.7	13.8	21.7	16.1	28.9	15.3	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	4454.07774	890.815549	5.38	0.0005	**
Sistemas de riego(S)	1	670.634272	670.64272	4.05	0.0495	*
Error (A)	5	544.883861	108.976772	0.66	0.6566	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	2453.441178	490.688236	2.96	0.0203	*
Interacción (SxN)	5	368.177728	73.635546	0.44	0.8150	NS
Error (B)	50	8277.21286	165.54426			
Total	71					

Anexo 16. . Eficiencia del uso de agua (kg/m3)

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	0.28	0.36	0.43	0.22	0.37	0.14	0.30	110.6
40	0.18	0.49	0.37	0.45	0.35	0.17	0.33	122.8
80	0.41	0.41	0.28	0.31	0.47	0.33	0.37	135.3
120	0.37	0.41	0.45	0.61	0.33	0.42	0.43	158.1
160	0.33	0.32	0.34	0.28	0.34	0.21	0.30	111.7
200	0.22	0.38	0.33	0.31	0.21	0.17	0.27	100.0

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	0.77	0.69	1.05	0.61	0.91	0.69	0.79	154.4
40	0.51	0.95	0.77	1.47	0.75	0.57	0.84	164.4
80	1.00	1.02	1.50	1.01	1.00	0.90	1.07	210.3
120	1.04	1.68	1.41	0.87	0.97	0.90	1.14	224.1
160	0.79	0.71	1.25	0.86	1.15	0.72	0.92	179.5
200	0.44	0.58	0.32	0.60	0.36	0.75	0.51	100.0

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	0.39286667	0.07857333	2.31	0.0581	NS
Sistemas de riego(S)	1	5.32467222	5.32467222	156.32	<.0001	**
Error (A)	5	0.08352778	0.01670556	0.49	0.7818	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	1.16543333	0.23308667	6.884	<.0001	**
Interacción (SxN)	5	0.47559444	0.09511889	2.79	0.0267	*
Error (B)	50	1.70310556	0.03406211			
Total	71					

	SC	GL	CM	F	sig
SC(SN0)	0.709721122	1	0.70972112	19.6344979	**
SC(SN1)	0.760560329	1	0.76056033	21.0409691	**
SC(SN2)	1.487931826	1	1.48793183	41.1637662	**
SC(SN3)	1.521427456	1	1.52142746	42.0904258	**
SC(SN4)	1.123889227	1	1.12388923	31.0924954	**
SC(SN5)	0.16805637	1	0.16805637	4.64929442	**
SC(NS1)	0.100114557	5	0.02002291	0.55393563	
SC(NS2)	1.540990443	5	0.30819809	8.52632752	**
SCA(S/SN)	2.168798382	60	0.03614664		

S en N0	
S – N	promedio
S2 – N0	0.79 a
S1 – N0	0.30 b

S en N1	
S – N	promedio
S2 – N1	0.84 a
S1 – N1	0.33 b

S en N2	
S – N	promedio
S2 – N2	1.08 a
S1 – N2	0.37 b

S en N3	
S – N	promedio
S2 – N3	1.14 a
S1 – N3	0.43 b

S en N4	
S – N	promedio
S2 – N4	0.92 a
S1 – N4	0.30 b

S en N5	
S – N	promedio
S2 – N5	0.51 a
S1 – N5	0.27 b

N en S2	
N en S2	Promedio
N3 – S2	1.146 a
N2 – S2	1.080 ab
N4 – S2	0.920 ab
N1 – S2	0.841 ab
N0 – S2	0.790 bc
N5 – S2	0.513 c

Anexo 17. Coeficiente de transpiración (CT-I/kg).

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	265.2	321.0	535.8	473.1	791.8	726.0	518.80	103.1
40	293.3	529.5	588.0	718.7	945.0	828.9	650.56	129.4
80	337.7	264.2	657.7	602.8	883.9	612.4	559.79	111.3
120	310.1	202.5	940.2	934.4	826.6	625.3	639.85	127.2
160	207.0	347.5	513.9	659.9	755.1	533.1	502.74	100.0
200	266.4	269.4	790.0	548.6	1234.6	597.5	617.75	122.8

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	276.6	116.4	831.5	910.6	546.3	591.2	545.4	106.2
40	358.6	142.9	687.7	962.8	601.6	628.6	563.7	109.7
80	383.1	380.6	987.8	584.7	685.0	650.6	612.0	119.2
120	348.2	850.7	757.0	385.3	634.4	507.0	580.4	113.0
160	402.7	551.6	360.1	763.8	547.4	454.8	513.4	100.0
200	262.4	193.2	851.3	700.9	876.0	760.6	607.4	118.3

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	2355941.867	471188.373	16.77	<.0001	**
Sistemas de riego(S)	1	2234.016	2234.016	0.08	0.7791	NS
Error (A)	5	252284.088	50456.818	1.80	0.1308	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	121309.179	24261.836	0.86	0.5122	NS
Interacción (SxN)	5	41943.178	8388.636	0.30	0.9114	NS
Error (B)	50	1404901.794	28098.036			
Total	71	4178614.121				

Anexo 18. Índice de área foliar (m²/m²)

SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE-SURCOS

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	0.43	0.18	0.23	0.13	0.16	0.60	0.29	157.0
40	0.56	0.47	0.40	0.19	0.16	0.14	0.32	175.9
80	0.20	0.24	0.11	0.22	0.17	0.23	0.20	108.4
120	0.13	0.27	0.21	0.11	0.11	0.26	0.18	100.0
160	1.03	0.22	0.18	0.23	0.28	0.30	0.37	203.9
200	0.43	0.25	0.15	0.18	0.21	0.29	0.25	139.5

SISTEMA LOCALIZADO-GOTEO

N(kg/ha)	I	II	III	IV	V	VI	PROMEDIO	%
0	0.51	1.72	0.12	0.18	0.19	0.20	0.49	221.5
40	0.41	0.22	0.55	0.17	0.21	0.30	0.31	142.0
80	0.32	0.14	0.13	0.44	0.31	0.22	0.26	118.6
120	0.37	0.11	0.15	0.22	0.22	0.23	0.22	100.0
160	0.87	0.68	0.29	0.51	1.12	0.15	0.60	273.7
200	0.46	0.49	0.13	0.27	0.13	0.18	0.28	126.7

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	Significación
Bloques	5	0.67437778	0.13487556	2.31	0.0576	NS
Sistemas de riego(S)	1	0.14942222	0.14642222	2.56	0.1158	NS
Error (A)	5	0.27697778	0.05539556	0.95	0.4577	
Niveles de Nitrógeno (N)	5	0.70146111	0.14029222	2.40	0.0497	*
Interacción (SxN)	5	0.14982778	0.02996556	0.51	0.7647	NS
Error (B)	50	2.91737778	0.09295556			
Total	71	4.8694444	0.05834756			

Anexo 19. Costo de producción

del cultivo de quinua.

Módulo de riego

Área 100x100	= 10000 m ²
Distanciamiento entre cintas	= 1.6 m
Largo de camas	= 100 m
Número de camas	= 62
Largo de cintas de goteo por cama	= 100 m
Longitud total de cinta de riego	= 7100 m
Duración del equipo de riego	= 5 años

	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Manguera PE 16 mm	M	6,200.00	0.10	620.00
Gotos Kattif (2.1 l/hora)	Unidad	23,667.00	0.08	1,893.36
Contómetro 1 ½"	Unidad	1.00	50.50	50.50
Válvulas 1 ½"	Unidad	2.00	32.00	64.00
Conector inicial y empaque de 16 mm	Unidad	63.00	0.22	13.86
Tubería de conducción de PVC 3"	M	50.00	7.00	350.00
Tubería de alimentación de PVC 2.1/2"	M	200.00	1.3	260.00
Conector de manguera de 16 mm	Unidad	62.00	0.12	7.44
Terminal de línea 16 mm	Unidad	62.00	0.12	7.44
Manómetro	Unidad	1.00	17.00	17.00
Venturi 1 ½"	Unidad	1.00	115.00	115.00
Filtro de malla 2 ½"	Unidad	1.00	45.00	45.00
Costo de Instalación				200.00
Subtotal				3,643.6

Costos de producción del cultivo

A. Gastos del cultivo

Gastos de riego por localizado-goteo

	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (\$/.)	COSTO
Costos directos				2725
Preparación de terreno	Jornal	2	45	90
Maquinarias e instrumentos agrícolas	hr -maq	5	75	375
Siembra	jornal	6	45	270
Labores culturales				
Aporque	jornal	2	45	90
Riego y fertilización	jornal	8	45	360
Deshierbo	jornal	3	45	135
Control fitosanitario		6	45	270
Cosecha				
Cosechadora	Hr-maq	3	160	480
Transporte Trillado, Ventado	jornal	15	45	675
Gastos indirectos				1205.41
SUBTOTAL				3950.41

Gastos de riego por superficie-surcos

	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (\$/.)	COSTO
Costos directos				2925
Preparación de terreno	Jornal	6	45	270
Maquinarias e instrumentos agrícolas	hr -maq	5	75	375
Siembra	jornal	6	45	270
Labores culturales				
Aporque	jornal	2	45	90
Riego y Fertilización	jornal	8	45	360
Deshierbo	jornal	3	45	135
Control fitosanitario		6	45	270
Cosecha				
Cosechadora	hr-maq	3	160	480
Transporte Trillado, Ventado	jornal	15	45	675
Gastos indirectos				1221.51
SUBTOTAL				4146.51

B. Gastos especiales: insumos

Sistema de riego localizado-goteo

	Unidad	Cantidad	Costo unitario	P.U. (s/.)
Insumos				
Semilla	kg	0.6	13.5	8.1
Agua	m3	3815.86	0.04	152.63
Fertilizantes				593.73
pesticidas				608.75
Costo del sistema de riego				364.36 (*)
subtotal				1727.57

(*) depreciación del sistema en 10 campañas

Sistema de riego superficie-goteo

	Unidad	Cantidad	Costo unitario	P.U. (s/.)
Insumos				
Semilla	kg	0.6	13.5	8.1
Agua	m3	7366.81	0.04	294.67
Fertilizantes				593.73
pesticidas				608.75
subtotal				1505.25