



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE CUATRO GENOTIPOS
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*) EN CONDICIONES DE DEFICIT HIDRICO,
FUNDO LA PEÑA PARTE BAJA DEL VALLE CHANCAY, REGIÓN LAMBAYEQUE.”**

TESIS

Para optar el título profesional de:
INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTADO POR:
BACH. MARGARITA MEJÍA VÁSQUEZ

PATROCINADOR
ING. M.SC. JOSÉ NECIOSUP GALLARDO

Lambayeque-Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMIA



**“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE CUATRO GENOTIPOS
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*) EN CONDICIONES DE DEFICIT HIDRICO,
FUNDO LA PEÑA PARTE BAJA DELVALLE CHANCAY, REGIÓN LAMBAYEQUE.”**

TESIS

Para optar el título profesional de:
INGENIERA AGRONOMA

Presentado por:

BACH. MARGARITA MEJÍA VÁSQUEZ

Aprobada por el siguiente jurado:

.....
Dr. Ricardo Chavarry Flores
PRESIDENTE

.....
Dr. Wilfredo Nieto Delgado
SECRETARIO

.....
Dr. Américo Celada Becerra
VOCAL

.....
Ing. M.Sc. José Neciosup Gallardo
PATROCINADOR

Lambayeque-Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por ser mi fuente, mi mano
derecha, mi sustento, el que me ha dado la capacidad, la
valentía y la fortaleza para que este sueño se hiciera
realidad, sin ti mi Dios no hubiese podido, gracias porque
en ti todas las cosas son posibles, mis sueños son tus
sueños, todo lo que tengo te pertenece.

A mis padres: María Jesús Y Rogelio, a mis hermanos
por el sacrificio y esfuerzo;
por brindarme una carrera para el futuro, por creer en mi capacidad y por el aliento
para lograr mi meta de ser profesional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente; y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante el periodo de realizar mis estudios.

Agradecer hoy y siempre a mi familia, especialmente a mis padres y hermanos por el esfuerzo y apoyo incondicional.

A todos los docentes de la facultad de agronomía por la formación brindada principios y valores inculcados.

Al Ing. M. Sc. JOSÉ A. NECIOSUP GALLARDO, por su apoyo incondicional y respaldo en la elaboración y culminación de este proyecto de tesis, por su confianza expresada en mi persona.

A todos mis amigos y trabajadores de la facultad de agronomía que han contribuido en mi formación profesional, también a aquellas personas que han colaborado en la realización de este trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

	Página
I.	INTRODUCCIÓN
	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA
	4
2.1.	Origen
	4
2.2.	Parientes silvestres de la quinua
	4
2.3.	Clasificación taxonomica
	5
2.4.	Descripción botánica
	5
2.5.	Grupos de variedades según las zonas de adaptación ecológica
	7
2.6.	Propiedades nutricionales
	8
2.7.	Potencial comercial de quinua en el Perú
	10
2.8.	Variedades comerciales de quinua
	10
2.9.	Variabilidad genética de la quinua
	10
2.10.	Requerimientos agroclimáticos del cultivo
	11
2.11.	Descripción de Los genotipos en estudio
	13
2.12.	Deficiencia hídrica
	14
2.12.	Antecedentes
	16
III.	MATERIALES y METODOS
	18
3.1.	Ubicación del campo experimental
	18
3.2.	Características físicas-químicas del suelo
	18
3.3.	Datos meteorológicos
	19
3.4.	Determinación de las constantes y porcentajes de humedad
	20
3.5.	Tratamientos de humedad
	22
3.6.	Material genético
	22
3.7.	Diseño experimental
	22
3.8.	Instalación y manejo del experimento
	22
3.9.	Características evaluadas
	23
3.9.1.	Días a la madurez fisiológica
	23
3.9.2.	Altura de planta
	23
3.9.3.	Número de glomérulos por planta
	23

3.9.4.	Diámetro de tallo	23
3.9.5.	Longitud de panoja	23
3.9.6.	Peso de grano por planta	23
3.9.7.	Rendimiento de grano	23
3.9.8.	Peso de 1000 granos	24
3.10.	Análisis estadístico	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1.	Análisis de variancia de las características evaluadas	25
4.2.	Análisis de las características evaluadas	26
4.2.1.	Días a la madurez fisiológica	26
4.2.2.	Altura de planta	27
4.2.3.	Diámetro de tallo	31
4.2.4.	Peso de grano por planta	31
4.2.5.	Número de glomérulos por planta	32
4.2.6.	Longitud de panoja	36
4.2.7.	Peso de 1000 granos	40
4.2.8.	Rendimiento de grano	40
4.3.	Análisis multivariado	45
4.3.1.	Matriz de correlaciones	45
4.3.2.	Análisis de Cluster	45
V.	CONCLUSIONES	48
VI.	RECOMENDACIONES	49
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
VIII.	ANEXO	54

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Contenido de nutrientes de la quinua.	9
Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de la quínoa	12
Tabla 3. Análisis físico y químico del suelo del trabajo experimental. Fundo la Peña, Distrito, Provincia y Región Lambayeque, 2019.	18
Tabla 4. Datos climatológicos registrados durante la conducción del trabajo experimental. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	20
Tabla 5. Constantes de humedad, porcentaje de humedad semanales de suelo durante la conducción del trabajo experimental, en los ambientes (R0, R1). Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	21
Tabla 6. Análisis de variancia de las características evaluadas en cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> willd)) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	25
Tabla 7. Días a la madurez fisiológica. Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	28
Tabla 8. Altura de planta (cm). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	28
Tabla 9. Diámetro de tallo (mm). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de Quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	33
Tabla 10. Peso de grano por planta (g). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de Quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	33

Tabla 11.	Número de glomérulos por planta. Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> willd)) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	38
Tabla 12.	Longitud de panoja (cm). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	38
Tabla 13.	Peso de 1000 granos (g). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	42
Tabla 14.	Rendimiento de grano (kg/ha). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.	42
Tabla 15	Matriz de Correlaciones entre las características evaluadas, de cuatro genotipos de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd). Lambayeque, 2019.	60
Tabla 16	Historial de conglomeración de cuatro genotipos de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd). Lambayeque, 2019.	60

INDICE DE FIGURAS

Página

- Figura 1** Datos de temperaturas máximas, mínimas y medias. Fundo "La Peña" Distrito, Provincia, Región Lambayeque. 2019.
- Figura 2** Porcentaje de humedad semanal en los dos ambientes de humedad. Fundo "La Peña", parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.
- Figura 3** Días a la madurez fisiologica de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019
- Figura 4** Días a la madurez fisiológica de 4 genotipos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019
- Figura 5** Altura de planta (m) de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019
- Figura 6** Altura de planta de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019
- Figura 7** Diámetro de tallo (mm) de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019
- Figura 8** Diámetro de tallo (mm) de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019
- Figura 9** Peso de grano por planta (g) de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019
- Figura 10** Peso de grano por planta (g) de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019.

- Figura 11** Número de glomerulos por planta de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.
- Figura 12** Número de glomérulos por planta de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019.
- Figura 13** Longitud de panoja (cm) de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019
- Figura 14** Longitud de panoja (cm) de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019
- Figura 15** Peso de 1000 granos (g) de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019
- Figura 16** Peso de 1000 granos (g) de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019
- Figura 17** Rendimiento de grano (kg/ha) de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019
- Figura 18** Rendimiento de grano (kg/ha) de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019
- Figura 19** Dendrograma

RESUMEN

El trabajo de investigación se ejecutó en el Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, con ubicación geográfica en la Costa Norte del Perú, entre las coordenadas 5° 28'36" y 7° 14'37" de latitud Sur y 79° 41'30" y 80° 37'23" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 18 m.s.n.m y a 11,4 Km. de la ciudad de Chiclayo; teniendo como objetivo: Evaluar el comportamiento de cuatro genotipos de quinua en condiciones de déficit hídrico y su efecto sobre el rendimiento.

Se consideró dos condiciones de humedad: R0 = Ambiente de deficiencia hídrica y R1 = Ambiente de Riego. Por la naturaleza del trabajo, se determinó las constantes de humedad: Capacidad de Campo = 14.50% y Punto de Marchitez Permanente = 4.30 %; así mismo se realizaron muestreos semanales para determinar el porcentaje de humedad con el propósito de controlar el contenido de humedad del suelo en ambos ambientes. Se utilizaron cuatro genotipos de quinua: Compuesta, Línea, Roja Pasankalla y Amarilla Marangani.

El trabajo se instaló en el mes de mayo del 2019, adecuándose al Diseño Experimental de Experimentos en Serie con Bloques Completos al Azar; durante su desarrollo se aplicaron en forma oportuna las prácticas agronómicas; se analizó las características físicas-químicas del suelo, que fueron las adecuadas para el desarrollo del cultivo, así mismo se registró las condiciones climáticas del lugar. Se evaluaron características morfológicas y de rendimiento, realizándose para cada una de ellas el análisis de varianza y aplicando la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad para la comparación de sus promedios, así mismo se estimó el efecto de la deficiencia hídrica en la expresión de las características evaluadas. Interpretándose los resultados se concluyó:

1- Los rendimientos de grano de los genotipos dentro del ambiente de riego (R0) fluctuaron entre 6055.55 kg/ha para el genotipo COMPUESTA y 3847.22 kg/ha para el genotipo LINEA. **2-** En el ambiente de deficiencia hídrica, el genotipo AMARILLA MARANGANI registró el mayor rendimiento de grano con 3944.44 kg/ha, similar estadísticamente con los genotipos COMPUESTA y ROJA PASANKALLA.

3- El rendimiento de grano se redujo por efecto de la deficiencia hídrica, en todos los genotipos. El genotipo menos afectado fue ROJA PASANKALLA que redujo su rendimiento en un 23.96% (1041.66 kg); mientras que los genotipos AMARILLA MARANGANI, COMPUESTA, y LINEA, sufrieron reducciones de 29.35, 42.43 y 56.31%.

4- La deficiencia hídrica afectó el rendimiento, reduciéndola en 37.039%. **5-** El efecto de la deficiencia hídrica produjo una reducción del peso de grano por planta en todos los genotipos; los genotipos AMARILLA MARANGANI y COMPUESTA fueron los más afectados, con reducciones de 29.68% y 32.06%. **6-** La longitud de panoja no se afectó por la deficiencia hídrica. **7-** La deficiencia hídrica redujo el número de glomérulos por planta en todos los genotipos evaluados. Los genotipos AMARILLA MARANGANI y LINEA fueron los más afectados reduciendo la formación de glomérulos en 6.96 y 4.46 unidades.

I. INTRODUCCIÓN

La quinua, originario de los Andes Peruanos y de otros países de Sudamérica, constituía una de las comidas básicas para los antiguos habitantes de los Andes, así como el maíz y la papa. El consumo de este alimento quinua se está convirtiendo cada vez más popular entre las personas interesadas en la mejora y el mantenimiento de su estado de salud mediante el cambio de los hábitos alimenticios, por ser un excelente ejemplo de "alimento funcional" (que contribuye a reducir el riesgo de varias enfermedades y/o ejerciendo promoción de la salud). La quinua, por sus características nutricionales superiores, es muy útil en las etapas de desarrollo y crecimiento de los niños; además es fácil de digerir, no contiene colesterol y se presta para la preparación de dietas completas y equilibradas. (GFS, 2013)

La quinua, es el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos, vitaminas y no contiene gluten. Los aminoácidos esenciales se encuentran en el núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que los tienen en el exosperma o cáscara, como el arroz o trigo. Por otro lado el cultivo tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos. Puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, y soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C. Es una planta eficiente en el uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm. (FAO, 2011)

Como resultado de una serie de medidas adoptadas por el Gobierno, incluso en 2012, previo a la nominación del “Año Internacional de la Quinua 2013” (AIQ), se inició en Perú una serie de acciones de promoción del cultivo de quinua y consumo, creándose a mediados del 2012 una Comisión Multisectorial, liderada por el MINAGRI. Dicha comisión inicia un ambicioso programa de actividades de promoción nacional e internacional, con el apoyo de todos sus integrantes, como resultado de estas acciones se aprecia un significativo incremento de la producción y la ampliación de las tierras dedicadas al cultivo de la quinua, en especial en la costa peruana, la misma que en años anteriores no había dedicado atención a éste cultivo. La quinua alcanzó cifras excepcionales en 2013 y un volumen sin precedentes en 2014, como respuesta a la

mayor demanda nacional e internacional de quinua, resultado del desarrollo de una serie de iniciativas desde el 2012 durante el 2013 y culminadas en el 2014, en el marco del Año Internacional de la Quinua 2013. Si bien la sierra, es la zona tradicionalmente productora de quinua, que muestra un buen crecimiento, en especial Puno, Ayacucho y Junín. Cabe resaltar que es en la costa, donde se ha producido un elevado desarrollo, muy en particular en la región Arequipa. A esto se añaden otros departamentos de la costa con importantes proyecciones de crecimiento, tales como, como Lambayeque, La Libertad, Tacna, Ancash entre otros. **(MINAGRI, 2015)**

La producción de quinua a nivel mundial, según estadísticas de la FAO, llegó a 148 720 t en el 2016, volumen menor en 45 mil t respecto lo que se produjo en el 2015. Perú se consolidó como primer productor mundial a partir de 1998 hacia adelante, salvo en los años 2001, 2012 y 2013 que la producción de Bolivia creció y fue mayor. En el 2016, Perú aportó con el 53,3% del volumen total producido, le siguieron los países de Bolivia y Ecuador los cuales produjeron 44% y 2,7% respectivamente.

(MINAGRI, 2017)

Puno es la principal región productora del país con 39.539 toneladas (36.092 hectáreas) representando el 44% del total. Le siguen Ayacucho con 15.833 toneladas (11.564 hectáreas) 17.6% del total, Apurímac 11.308 toneladas (5.080 hectáreas) 12.6%, Arequipa 8.451 toneladas (2.115 hectáreas) 9.4%. Además de Cusco 4.209 toneladas (2.632 hectáreas) 5.7%, Junín 3.470 toneladas (1.913 hectáreas) 3.9%, Huancavelica 2.235 toneladas (2.312 hectáreas) 2.5%, La Libertad 1.489 toneladas (1.155 hectáreas) 1.7%, Cajamarca 1.139 toneladas (906 hectáreas) 1.3%, otros 2.103 toneladas (1.511 hectáreas) 2.3% del total. En cuanto a las exportaciones del ‘grano de oro’ en el 2019 alcanzaron las 49.256 toneladas, representando una reducción de 4.3% frente a las 51.484 toneladas despachadas en 2018. Asimismo, los envíos al exterior representaron el 49.5% del total producido. Se destaca también, que se redujo el área cultivada en 0.6%, al pasar de 74.054 hectáreas en el 2018 a 73.616 hectáreas en el 2019. Información proporcionada por la Dirección General del Ministerio de Agricultura y Riego **(Minagri) (Agraria.pe, 2020)**

Lambayeque reúne las condiciones climáticas para la siembra de dicho grano andino, así mismo la quinua presenta características de rusticidad para desarrollarse bien en condiciones de deficiencia hídrica; ello origina nuestra inquietud para desarrollar el presente trabajo que tiene por objetivos:

Objetivo general

- Evaluar el comportamiento de cuatro genotipos de quinua en condiciones de déficit hídrico y su efecto sobre el rendimiento.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la deficiencia hídrica sobre el rendimiento de grano de cuatro genotipos de quinua.
- Estimar el efecto de la deficiencia hídrica sobre los componentes de rendimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen

La zona andina comprende uno de los ocho mayores centros de domesticación de plantas cultivadas del mundo, dando origen a uno de los sistemas agrícolas más sostenibles y con mayor diversidad genética del planeta. La quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd) es una planta andina que muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres en los alrededores del **lago Titicaca** de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí, Bolivia y Sicuani (Cusco). Existen pocas evidencias arqueológicas, lingüísticas, etnográficas e históricas sobre la quínoa. Sin embargo, hay evidencias claras de la distribución de sus parientes silvestres, botánicos y citogenéticos, lo que demostraría que su domesticación tomó mucho tiempo, hasta conseguir la planta domesticada y cultivada a partir de la silvestre. Es probable que este proceso se haya iniciado con la planta usada principalmente por sus hojas en la alimentación y, luego, por las semillas. Hoy, las especies y parientes silvestres se usan localmente como Chiwa, Jataco o Llipcha (verdura de hoja) en muchas comunidades del área andina. (Mujica, 2015).

Según **Vavilov**, la región Andina corresponde a uno de los grandes centros de origen de las especies cultivadas (Lescano, 1994), mencionado por la FAO, 2011, y dentro de ella se encuentran diferentes subcentros. Según Lescano, en el caso de la quínoa se identifican cuatro grandes grupos según las condiciones agroecológicas donde se desarrolla: valles interandinos, altiplano, salares y nivel del mar, los que presentan características botánicas, agronómicas y de adaptación diferentes climas. En el caso particular de Bolivia, al estudiar la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quínoa, Rojas (2003) mencionado por la FAO, (2011), ha determinado seis subcentros de diversidad, cuatro de ellos ubicados en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí y que albergan la mayor diversidad genética y dos en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí.

2.2. Parientes silvestres de la quinua

La diversidad y variabilidad en usos de la quinua y los parientes silvestres (*Chenopodium carnosolum*, *C. petiolare*, *C. pallidicaule*, *C. hircinum*, *C. quinoa* subsp. *melanospermum*, *C. ambrosoides* y *C. incisum*) son debidamente conocidas y utilizadas por los campesinos andinos, puesto que cada especie y ecotipo es utilizado en forma diferenciada en la alimentación, medicina, ritual y en la transformación. El uso de las especies de *Chenopodium* es como planta entera o parte de la misma. Podemos encontrar la diversidad de formas (ramificada o sencilla), tamaño (hasta 2 m), color de la panoja (blanca, amarilla, morena, negra), diversidad en precocidad (3-8 meses), tamaño de grano (hasta 3.5 mm), formas de inflorescencia, características agronómicas diferenciales como son estrías en el tallo, parámetros genéticos, componentes de rendimiento y otras, de la especie cultivada, así como la diversidad de los parientes silvestres y escapes de cultivo. Encontramos la mayor diversidad de la quinua en las aynokas (campos comunales de las comunidades campesinas, que nos servirá en el futuro para conservar y usar la quinua y sus parientes silvestres. (Mujica y Jacobsen, 2006)

2.3. Clasificación taxonomica

(Apaza, *et al*, 2013)

Reino: Vegetal
División: Fanerógamas
Clase: Dicotiledoneas
Sub clase: Angiospermas
Sección: Chenopodia
Orden: Centrospermales
Subsección: Cellulata
Familia: Chenopodiaceae
Especie: *Chenopodium quinoa* Willdenow
Género: *Chenopodium*

2.4. Descripción botánica

La quinua es una planta anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, que alcanza una altura de 0,2 a 3,0 m. Las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre estos. El tallo principal puede ser ramificado o no, depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de

las condiciones del medio en que se cultiven, es de sección circular en la zona cercana a la raíz, transformándose en angular a la altura de las ramas y hojas. Es más frecuente el hábito ramificado en las razas cultivadas en los valles interandinos del sur del Perú y Bolivia, en cambio el hábito simple se observa en pocas razas cultivadas en el altiplano y en una buena parte de las razas del centro y norte del Perú y Ecuador (**Gandarillas, 1968a; Tapia, 1990; Mujica, 1992, citados en FAO, 2011**).

Las hojas son de carácter polimórfico en una sola planta; las basales son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente alrededor de la panoja son lanceoladas. Su color va desde el verde hasta el rojo, pasando por el amarillo y el violeta, según la naturaleza y la importancia de los pigmentos. Son dentadas en el borde pudiendo tener hasta 43 dientes. 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, 1990; Dizes y Bonifacio, 1992; Rojas, 2003, citados en FAO, 2011**).

La inflorescencia es racimosa y se denomina panoja por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan los ejes secundarios y en algunos casos terciarios. **Fue Cárdenas (1944), citado en FAO (2011)**, quien agrupó por primera vez a la quinua por su forma de panoja, en amarantiforme, glomerulada e intermedia, y designó el nombre amarantiforme por el parecido que tiene con la inflorescencia del género *Amaranthus*. **Según Gandarillas (1968)** la forma de panoja está determinada genéticamente por un par de genes, siendo totalmente dominante la forma glomerulada sobre la amarantiforme, razón por la cual parece dudoso clasificar panojas intermedias.

La panoja terminal puede ser definida (totalmente diferenciada del resto de la planta) o ramificada, cuando no existe una diferenciación clara a causa de que el eje principal tiene ramas relativamente largas que le dan a la panoja una forma cónica peculiar; asimismo, la panoja puede ser suelta o compacta, lo que está determinado por la longitud de los ejes secundarios y pedicelos, siendo compactos cuando ambos son cortos (Gandarillas, 1968a, citado en FAO, 2011).

Las flores son muy pequeñas y densas, lo cual hacen difícil la emasculación, se ubican en grupos formando glomérulos, son sésiles, de la misma coloración que los sépalos y pueden ser hermafroditas, pistiladas o androestériles. Los estambres, que son cinco, poseen filamentos cortos que sostienen anteras basifijas y se encuentran rodeando el ovario, cuyo estilo se caracteriza por tener 2 ó 3 estigmas plumosos.

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 (**Heisser y Nelson, 1974; Mujica, 1992; Lescano, 1994, citado en FAO, 2011**).

El fruto es un aquenio indehisciente que contiene un grano que puede alcanzar hasta 2,66 mm de diámetro de acuerdo a la variedad. Según Tapia (1990), citado en **FAO (2011)**, el perigonio cubre a la semilla y se desprende con facilidad al frotarlo. El episperma que envuelve al grano está compuesto por cuatro capas: la externa determina el color de la semilla, es de superficie rugosa, quebradiza, se desprende fácilmente con agua, y contiene a la saponina.

2.5. Grupos de variedades según las zonas de adaptación ecológica

(**FAO, 2020**), reporta la clasificación de las quinuas, según su adaptación ecológica en las principales zonas andinas de producción, en cinco tipos mayores:

a) Quinuas de valles secos (junín) y de valles húmedos (cajamarca)

En las quinuas de valle hay diferencias entre aquellas que se desarrollan en valles interandinos con riego, como ocurre en Urubamba (Perú) y Cochabamba (Bolivia), y entre aquellas que se cultivan en seco como en Huaraz, valle del Mantaro, Ayacucho y Abancay (Perú).

Las primeras alcanzan una altura de hasta tres metros. Además, existe la influencia de una mayor precipitación al norte del Perú, que se extiende en Ecuador y el sur de Colombia. En el área de Nariño (Colombia) y el norte de Ecuador existe un ecotipo de porte alto, muy ramificado, hojas de color verde claro y grano muy blanco y dulce que dio origen a la variedad Nariño, cultivada actualmente en el Perú.

b) Quinuas de Altiplano (blancas alrededor del Lago Titicaca y de colores en la zona agroecológica Suni)

Las quinuas del altiplano también se producen bajo condiciones variables: baja precipitación y condiciones climáticas de temperatura favorables como alrededor del lago Titicaca, en lagunas o quebradas cercanas a ríos de donde son originarias las variedades Kcancolla, Blanca de Juli y Tahuaco. Aquellas que se adaptan a las planicies altas, a 3 900 metros sobre el nivel del mar, son la Cheweca, Ccoitu, Wariponcho, Chullpi y Witulla, con panojas coloreadas y que soportan temperaturas más bajas.

c) Quinuas de los salares (al sur de Bolivia)

Las quinuas del grupo de los salares al sur de Bolivia soportan condiciones xerófitas extremas y su desarrollo inicial es posible porque aprovechan la humedad de los hoyos cavados al momento de la siembra.

d) Quinuas del nivel del mar (Chile)

Las quinuas de nivel del mar están más adaptadas a condiciones húmedas y con temperaturas más regulares; se ubican sobre todo en latitudes al sur de los 30° S (Concepción y Valdivia, Chile).

e) Quinuas de la zona agroecológica Yunga y de Ceja de Selva (Bolivia)

Finalmente existe un grupo muy reducido de quinuas que se han adaptado a las condiciones de la zona agroecológica Yunga de Bolivia, a alturas entre los 1 500 y 2 000 metros sobre el nivel del mar, con la característica de tener el tallo de color naranja al estado maduro, al igual que el perigonio. Su adaptación a climas subtropicales les permite adecuarse a niveles más altos de precipitación y calor. Existe una sola colección efectuada en Bolivia y las muestras de este grupo crecieron adecuadamente en K'ayra (Perú) a 3 300 metros sobre el nivel del mar, presentando un largo período vegetativo de más de 200 días.

2.6. Propiedades nutricionales

FAO (2020), reporta que la quinua ha sido reconocida por siglos como un importante cultivo alimenticio en los Andes de Sudamérica. La quinua representa un alimento nutricionalmente bien balanceado con múltiples propiedades funcionales relevantes para la reducción de factores de riesgo de enfermedades crónicas atribuible a su actividad anti-oxidante, antiinflamatoria, inmunomodulatoria y anti-carcinogénica, entre otras. El valor nutricional de la quinua ha sido básicamente reconocido por su proteína de alta calidad, particularmente rica en aminoácidos esenciales y por su contenido de carbohidratos, produciendo bajos índices de glicemia y en general una mejor calidad nutricional y funcional respecto a granos de cereales tales como maíz, avena, trigo y arroz. Según análisis de laboratorio e investigaciones realizadas por el Departamento de Agricultura y Servicio de Investigación Agrícola de Estados Unidos (USDA) en el 2013, el contenido de nutrientes de *Chenopodium quinoa* es el siguiente:

Tabla 01. Contenido de nutrientes de la quinua.

NUTRIENTE	UNIDAD	VALOR POR 100 G
Agua	G	13,28
Energía	Kcal	368
Energía	KJ	1539
Proteína	G	14,12
Lípidos Totales (grasa)	G	6,07
Cenizas	G	2,38
Carbohidratos por diferencia	G	64,16
Fibra total dietaria	G	7,00
Almidón	G	52,22
Calcio, Ca	mg	47,00
Fierro, Fe	mg	4,57

NUTRIENTE	UNIDAD	VALOR POR 100 G
Magnesio, Mg	Mg	197,00
Fósforo, P	Mg	457,00
Potasio, K	Mg	563,00
Sodio, Na	Mg	5,00
Zinc, Zn	Mg	3,10
Cobre, cu	Mg	0,59
Manganeso, Mn	Mg	2033,00
Selenio, Se	µg	8,50

(TRAXCO, 2016), menciona que la quinua es un «súper alimento» porque contiene muchas proteínas (mientras que el trigo y el maíz suelen tener respectivamente un 9% y un 12% de proteínas, **la quinua** alcanza el 23%, una cantidad similar a los productos cárnicos), pocos hidratos, fibra, aminoácidos y un alto contenido en omega 3 y omega 6; además, no tiene gluten, por lo que su consumo es apto para celíacos. Dada la poca producción actual y la creciente demanda en toda Europa, se está vendiendo al consumidor por un precio bastante alto (entre ocho y doce euros por kilo). Su caña también se aprovecha puesto que se utiliza para la alimentación animal.

2.7. Potencial comercial de quinua en el Perú

(Revista Agroexportaciones y medio ambiente, 2020), noticia que durante el primer cuatrimestre del 2020 las exportaciones de quinua de Ayacucho han crecido hasta 68 mil toneladas. Ayacucho, perteneciente a la Macroregión Centro, ha generado ingresos que ascienden a 3.3 millones de dólares durante los meses comprendidos de enero a abril del 2020 gracias a la quinua. Esta cantidad representa una diferencia del 47% con respecto al mismo periodo del año pasado donde se generó un total de 2.2 millones de dólares. Los principales compradores son la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá, en orden de mayor a menor. Estos sumados dan un total del 93% de participación del producto de Ayacucho, que incluye harina y hojuelas de quinua.

2.8. Variedades comerciales de quinua

Apaza, *et al* (2013), reportan las siguientes variedades comerciales

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| - INIA 431 – Altiplano | - Amarilla Marangani |
| - INIA 427 - Amarilla Sacaca | - Blanca de Juli |
| - INIA 420 - Negra Collana | - Quillahuaman INIA |
| - INIA 415 – Pasankalla | - Kankolla |
| - Illpa INIA | - Blanca de Junín |
| - Salcedo INIA Hualhuas | - Huancayo |

2.9. Variabilidad genética de la quinua

Tanto en quinua como en otras especies, el mantenimiento de una amplia variabilidad y diversidad genética tiene un alto impacto sobre el rendimiento y la estabilidad del comportamiento para determinar líneas promisorias con atributos de interés. Por ello, la preservación de la diversidad genética de quinua a través de estrategias de conservación *in situ* y *ex situ*, permite implementar programas de mejoramiento genético (Fuentes *et al.*, 2009a, mencionado en Allende Ciballero, 2017). Además, la amplia variabilidad genética ofrece la oportunidad de incorporar genes que no se encuentran en el germoplasma cultivado o que se hallan en frecuencias bajas. Los agricultores de los Andes mantienen mezclas de diversas variedades en cultivo como una sabia estrategia de defensa contra los patógenos y/o insectos que no podrán atacar con igual intensidad los diversos genotipos (Vía, 2015, mencionado en Allende Ciballero, 2017). Por tanto, el entendimiento de la diversidad genética de una especie cultivada permitirá manejarla, protegerla y utilizarla de manera óptima.

Dentro de las quinuas cultivadas existen gran variabilidad genética y fenotípica que puede ser reconocida fácilmente por la pigmentación de la planta, inflorescencia, grano, diversidad de precocidad, contenido de aminoácidos, ácidos grasos, saponina, betacianina en las hojas, tamaño de grano, resistencia a factores adversos como sequía, heladas, exceso de humedad, salinidad, enfermedades entre otros. Esta variabilidad le confiere a la especie una amplia adaptación a diferentes condiciones agroecológicas.

La sobrevivencia de los cultivos andinos ha sido posible por las comunidades campesinas que habitan la zona, quienes en base a sus tradiciones y conocimientos ancestrales sobre el manejo y utilización de estas especies, han logrado evitar su pérdida definitiva (FAO, 2011; mencionado en Vía y Rada Fernández, 2015). Sin embargo, la erosión genética y pérdida irreversible de genotipos es un problema crítico al cual nos enfrentamos debido a la difusión de variedades mejoradas, falta de apoyo gubernamental, así como por el agobio de la pobreza y migración característica del páramo altiplánico (Mujica *et al.*, 2001, mencionado en Vía y Rada Fernández, 2015)

2.10. Requerimientos agroclimáticos del cultivo

Información de Avance Proyecto (s/f) Dentro de los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de la Quínoa se encuentran los siguientes parámetros:

Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de la quínoa

Nombre científico	Chenopodium quinoa Willd
Aspectos generales	
Duración del ciclo vegetativo	120-180 días según ecotipo, variedad y zona agroecológica
Rendimiento con alta tecnología	4 ton/ha
Cultivares principales en VIII región	Se utilizan ecotipos locales, no identificados como variedades
Aspectos Climáticos	
Sensibilidad a heladas	Medianamente sensible
Etapa o parte más sensible a las heladas	Floración y llenado de grano
Temperatura crítica o de daño por heladas	(-4°C)
Temperatura base o mínima de crecimiento	5,8 °C (para germinación) pudiendo ser hasta 2°C pero demora más días en germinar.
Rango de temperatura óptima de crecimiento	15-25 °C
Límite máximo de temperatura de crecimiento	38°C
T° mínima, óptima y máxima de germinación	2°C; 6-15°C; 30°C

Nombre científico	Chenopodium quinoa Willd	
Suma térmica T°>6° entre siembra y cosecha	1700-1900	
Requerimientos de vernalización	No requiere	
Requerimiento de fotoperiodo	Quínoa es una planta con respuesta cuantitativa de día corto al fotoperiodo (Sívori, 1945, Fuller, 1949)	
Requerimiento hídrico	700-1500 mm en el Valle y a nivel del mar, Altiplano 400-800 mm	
Aspectos de suelo		
Profundidad de suelo	Subsuelo suelto	1 m
Acidez (pH)	Mín. tolerado	4,5
	Óptimo	6
	Máx. tolerado	9
Salinidad	Valor crítico de conductividad eléctrica	42,2 dS/m
Textura	Franco- franco arenoso, sin limitación	
Drenaje	Imperfecto Niv. Freát. A 110 cm	
Pedregosidad	No pedregoso <15% piedras	Sin limitación
	Pedregoso 15-35% piedras	Limitación leve
Pendiente	Suave 2-6%	Sin limitación
	Inclinada 6-10%	Limitación moderada

2.11. Descripción de los genotipos e en estudio

Apaza, et al (2013).

Amarilla Marangani

Variedad tradicional procedente de la provincia de Canchis – Sicuani, desarrollada a través de selección masal. Se obtuvo en el Cusco, provincia de Canchis – Sicuani. Adaptación óptima en los pisos de valles interandinos de las regiones de Cusco y Apurímac, hasta los 3650 msnm.

INIA 415 - Pasankalla

El obtentor es el Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA Illpa Puno (INIA), fue liberada en el 2006. Se obtuvo mediante el método de Selección panoja surco, a partir de la colecta ingresada al banco de germoplasma con el código PIQ031069 procedente de la localidad de Caritamaya, distrito de Ácora, provincia de Puno en 1978.

Se adapta a la zona agroecológica suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos entre los 2750 a 3750 msnm y en costa entre los 640 y 1314 msnm, temperatura máxima de 24 a 25°C en suelos de textura franco arenoso.

2.12. Deficiencia hídrica

(Grupoiñesta, s/f), señala que el estrés hídrico sucede cuando la demanda de agua es mayor que la cantidad disponible en un periodo determinado de tiempo. También puede darse cuando su uso se ve restringido por su baja calidad. El resultado es un deterioro de los recursos de agua en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, lagos contaminados) y de calidad (eutrofización, contaminación de la materia orgánica, intrusión salina). Esta escasez de agua puede estar provocada por dos tipos de agentes: cuando se debe a agentes físicos, la demanda del agua excede del suministro debido a una disponibilidad física limitada. La escasez por agentes económicos sucede cuando el suministro es bajo debido a malas prácticas en la gestión del agua, que puede ser a causa de la falta de financiación de recursos. Los cultivos son especialmente sensibles al estrés hídrico que sufra la región en la que se ubican. La cantidad de agua que contiene la planta es el resultado del balance interno entre el agua absorbida por las raíces y el agua que se pierde por transpiración. El estrés hídrico en plantas afecta a la mayor parte de sus funciones vitales, de modo que prácticamente no hay ningún proceso que no esté afectado por el mismo.

El agua es la molécula esencial para la vida; en las plantas constituye típicamente del 80 al 95% de la masa de los tejidos en crecimiento y desempeña varias funciones únicas. Es el solvente más abundante y mejor conocido y, como tal, permite el movimiento de moléculas dentro y entre las células. Debido a sus propiedades polares, tiene gran influencia en la estructura y la estabilidad de moléculas tales como proteínas, polisacáridos y otras (Kirkham, 2005, mencionado por Moreno, 2009). Igualmente, la expansión celular y la integridad físico-química de la pared dependen del agua. Una lista de los procesos que son

regulados por el volumen celular y la hidrodinámica incluyen, además de los mencionados, crecimiento y proliferación, exocitosis, endocitosis, cambios en la forma celular, señalización de hormonas, metabolismo, excitabilidad, migración celular, obtención de nutrientes, filtración de desechos, necrosis y apoptosis (Wehner et al., 2003; Zonia y Munnik, 2007, mencionado por Moreno, 2009). Teniendo en cuenta la gran importancia del agua en las plantas, se puede considerar que una cantidad limitada o excesiva de agua para éstas constituye un factor inductor de situaciones adversas o estresantes. **(Moreno, 2009)**

Las plantas han respondido al estrés hídrico desarrollando evolutivamente adaptaciones tanto a nivel morfológico como anatómico y celular, que les permiten vivir en condiciones de constante estrés hídrico (Nilsen y Orcutt, 1996, mencionado por Moreno, 2009). Las plantas que son capaces de adquirir más agua o que hacen un uso más eficiente de ésta podrán tener resistencia al estrés por sequía. De esta manera, algunas plantas poseen adaptaciones tales como el desarrollo del metabolismo C₄ y del metabolismo ácido de las crasuláceas o CAM, que les permiten explotar ambientes más áridos. Así, en las plantas C₄ hay una separación física entre el proceso de asimilación de CO₂, que se produce en células del mesófilo y la reducción de éste a carbohidratos que tiene lugar en otro tipo celular especializado (parenquima perivascular) donde se acumula el CO₂. En este metabolismo se genera una mayor concentración de CO₂ en las células especializadas que puede estar en equilibrio con la atmósfera externa. **(Moreno, 2009).**

Una de las principales respuestas al estrés hídrico es la modificación de la expresión génica, relacionada con la producción de enzimas clave en la vía de síntesis de osmolitos, proteínas con función protectora, enzimas antioxidantes, factores de transcripción y otras proteínas involucradas en las respuestas al estrés hídrico (Cruz de Carvalho, 2008; Saibo, N.J.M. 2009; Miller, G., et al, 2009; mencionados en Florido y Bao, 2014). Los osmolitos, principalmente compuestos orgánicos de masa molecular baja, permiten el ajuste osmótico y facilitan la toma de agua por la planta (Hussain, M. et al, 2008; Khan, M.S., et al, 2009; mencionados en Florido y Bao, 2014). Entre las proteínas más importantes por su efecto protector potencial están las proteínas abundantes en la

embriogénesis tardía (late embryogenesis abundant, LEA, por sus siglas del inglés) y las que funcionan como antioxidantes (Peleg, Z. et al, 2011; Amudha, J. et al, 2011, mencionados en Florido y Bao, 2014)

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, citado por Burin, 2016**).

2.12. Antecedentes

(**Garrido, 2013**). El rendimiento de quinua es fuertemente afectado por la sequía terminal, su efecto cambia con el genotipo y el ambiente, destacándose la importancia de seleccionar genotipos de mayor rendimiento bajo condiciones de estrés hídrico considerando GxE. En ausencia de estrés los genotipos de quinua evaluados mostraron las mayores diferencias de rendimiento, no obstante, en condiciones de estrés el rendimiento tendió a homogeneizarse, por lo que, al parecer, los genotipos probados no poseen caracteres particulares que les permitan destacarse ante condición de estrés hídrico severo.

Burin Díaz (2016), en su trabajo sobre rendimiento de cuatro variedades de quinua bajo tres laminas de riego por goteo, concluye que: - Para láminas de riego el mayor rendimiento caracteriza a L1: 420 mm, con una media de 1,539 kg/ha de grano-quinua, mostrando incrementos porcentuales del 4.5% respecto de L2:336 mm y de 30.9% de L3: 252 mm.; - Para variedades de quinua, el mayor rendimiento caracteriza a ALTIPLANO, con 2,532 kg/ha de quinua-grano, con diferencias porcentuales de 73.6% respecto de SALCEDO, de 107.3% respecto de KANCOLLA y de 579.6% respecto de PASANKALLA, que presenta el menor rendimiento con 372 kg/ha quinua-grano. - En general, las variables del crecimiento, el área foliar y la materia seca de quinua presentan diferencias estadísticas para láminas de riego y para variedades. Los mayores valores se presentan en L1:420 mm y en las variedades ALTIPLANO y SALCEDO. La calidad del grano muestra que el porcentaje de proteínas en grano para L1:452 mm es 12.5%, para L2:336 mm de 12.2% y para L3: 252 mm de 11.6%. Para variedades, PASANKALLA presenta 10.9%, ALTIPLANO 13.5%, SALCEDO 12.7% y KANCOLLA 11.8%.

Mamani Yujra, R.S. 2007. En su trabajo de tesis concluye que:

- La producción de biomasa seca a la cosecha con estrés continuo presentó una producción menor de biomasa. En cambio un estrés en etapas tempranas tuvo una mayor producción de biomasa, comparado con el tratamiento con riego completo. En biomasa fresca durante el ciclo, si tomamos una curva de referencia (T8) con riego completo, el estrés hídrico aplicado causa una inhibición o retardación en la producción de biomasa fresca y con el riego de recuperación la planta nuevamente aumenta la producción de biomasa, lo que es una indicación de la plasticidad fenotípica de la quinua. - En la producción de granos grandes en porcentaje, los tratamientos más afectados por el estrés hídrico fueron la etapa de grano lechoso y un estrés continuo con 65% y 31% respectivamente. - Los mejores rendimientos de granos se obtuvieron en los tratamientos donde se presentó el déficit hídrico en las fases iniciales de desarrollo y cuando el cultivo tuvo agua permanente sin diferencias. Por lo tanto, un déficit hídrico al inicio del cultivo es muy beneficioso para el rendimiento y por el contrario con estrés continuo el rendimiento sólo alcanza al 20% de los rendimientos obtenidos por el T1

III. MATERIALES y METODOS

3.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

La investigación se realizó entre los meses de mayo y octubre del 2019 en el Fundo “La Peña”, Distrito, Provincia y Región Lambayeque, ubicado geográficamente en el norte de la costa peruana, aproximadamente entre las coordenadas geográficas 5 28’36” y 7 14’37” de latitud Sur y 79 41’30” y 80 37’23” de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, específicamente, en el noroeste y este de la región Lambayeque; a una altura de 18 m.s.n. y a 11,4 Km. de la ciudad de Chiclayo.

3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-QUÍMICAS DEL SUELO

La planta requiere de suelos francos, franco-arenosos, franco-arcilloso, con pendientes moderadas, y deben tener contenidos altos de materia orgánica porque es exigente en nitrógeno. En suelos arenosos las plantas emergen mas rápido de lo normal, pero el desarrollo de la arquitectura de la planta es débil. En suelos arcillosos el agua se anegara, pues la planta es muy susceptible a la humedad excesiva, en suelos con bajos niveles de materia orgánica su desarrollo será también muy débil propensa al ataque de plagas y enfermedades. (Calla, 2012).

El pH que requiere la planta es alrededor del neutro, sin embargo puede prosperar muy bien en suelos alcalinos de hasta 9, y también en suelos ácidos de hasta 4.5., esto dependerá de la variedad de quinua; pero el pH optimo varia de 6.5-8.0. (Calla, 2012).

Las características de suelo son presentadas en la tabla 03. Se observa que los materiales se desarrollaron en un suelo de textura Franco Arenoso, con un pH medianamente alcalino, ligeramente salino, baja cantidad de materia orgánica, bajo contenido de fósforo, y contenido medio de potasio. Estas características de suelo se consideran adecuadas para el cultivo de quinua.

Tabla 3. Análisis físico y químico del suelo del trabajo experimental. Fundo la Peña, Distrito, Provincia y Región Lambayeque, 2019.

	Clase Textural	pH	C.E dS/cm	M.O. (%)	P ppm	K Ppm
“La Peña”, Lambayeque	FrAo	7.51	4.12	0.92	6.20	201

Fuente: Laboratorio Facultad de Agronomía, UNPRG

3.3. DATOS METEOROLÓGICOS

(Calla, 2012), afirma que la presencia de bajas temperaturas afectaran especialmente en las etapas de germinación pues se requiere un mínimo de menos 4 °C, también en la etapa de floración causando baja producción de polen en consecuencia esterilidad de la planta; pero en la etapa de ramificación la planta no tendrá mayores problemas a descensos de temperaturas hasta de menos 4 °C. Por otra parte la presencia de altas temperaturas (veranillos) pueden afectar los procesos fisiológicos de la planta, generando que la planta acelere el proceso de producción de grano para asegurar su sobre vivencia, es decir a temprana edad fenológica se puede observar el panojamiento y la floración para su posterior llenado precoz; otro desorden también es el aborto de flores. La temperatura optima media varia en un rango de 5 – 15 C y una oscilación térmica de 5-7 C.

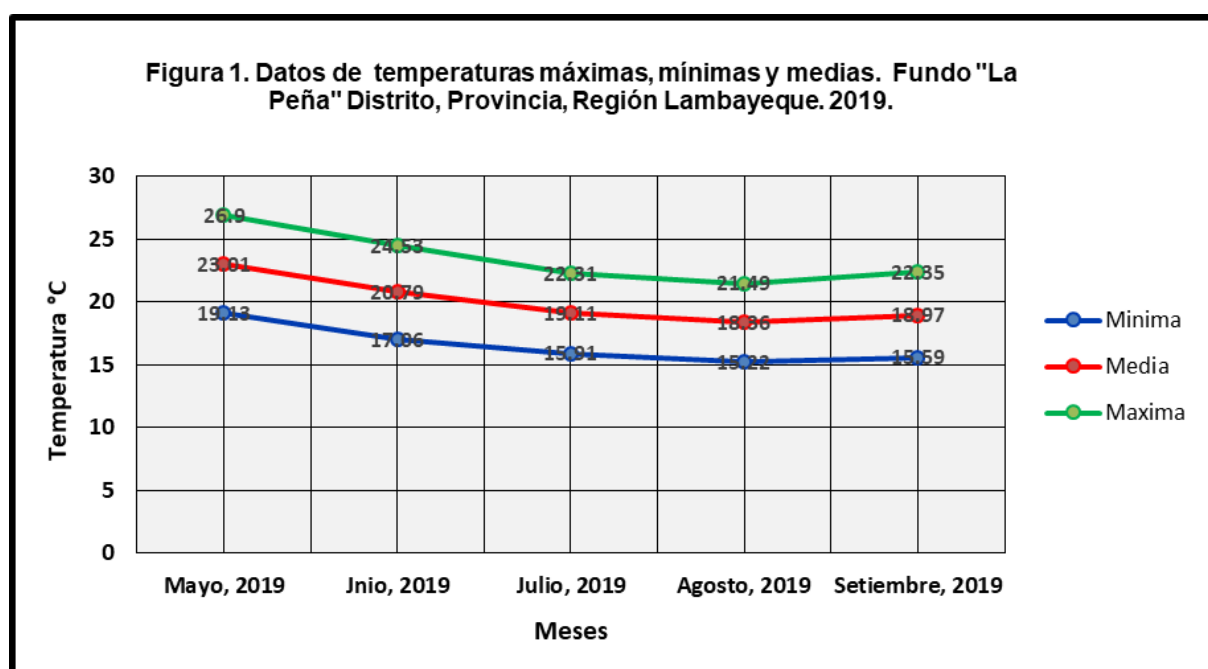
Existe un gran número de variedades para cada clima, con las que **el cultivo de quinoa** se puede sacar adelante en climas muy diferentes: desérticos, calurosos y secos, calurosos con mucha humedad relativa, fríos y secos, templados y lluviosos... La temperatura media óptima para el cultivo de quinoa está entre 15° y 20° centígrados, pero soporta temperaturas extremas de entre -8° y +38° centígrados. (TRAXCO, 2016).

Por otro lado el distrito de Lambayeque presenta una estación muy marcada, el verano con poca presencia de lluvias, donde la temperatura se eleva hasta alcanzar los 34° C. el resto el año presenta un clima otoñal, con permanente viento y temperaturas que oscilan entre los 17° y 25° C. En general el Departamento presenta un clima benigno, con bajo porcentaje de humedad y con una media anual de 23° C.

Las condiciones climáticas presentadas durante el desarrollo de este trabajo se presentan en la **Tabla 4** y **Figura 01**. Las temperaturas máximas registradas fluctuaron de 26.90 a 21.49 °C entre los meses de mayo y agosto; y las temperaturas mínimas entre 19.13 y 15.22 °C correspondientes a los meses señalados. La humedad relativa registró su mayor valor en el mes de agosto, con 83.87%. Las condiciones climáticas registradas, se consideran adecuadas para el crecimiento y desarrollo de quinua.

Tabla 4. Datos climatológicos registrados durante la conducción del trabajo experimental. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

Mes/año	Temperatura (°C)			Humedad Relativa
	Máxima	Mínima	Media	(mm)
Mayo, 2019	26.90	19.13	23.01	81.05
Junio, 2019	24.53	17.06	20.79	80.63
Julio, 2019	22.31	15.91	19.11	82.92
Agosto, 2019	21.49	15.22	18.36	83.87
Setiembre, 2019	22.35	15.59	18.97	81.32

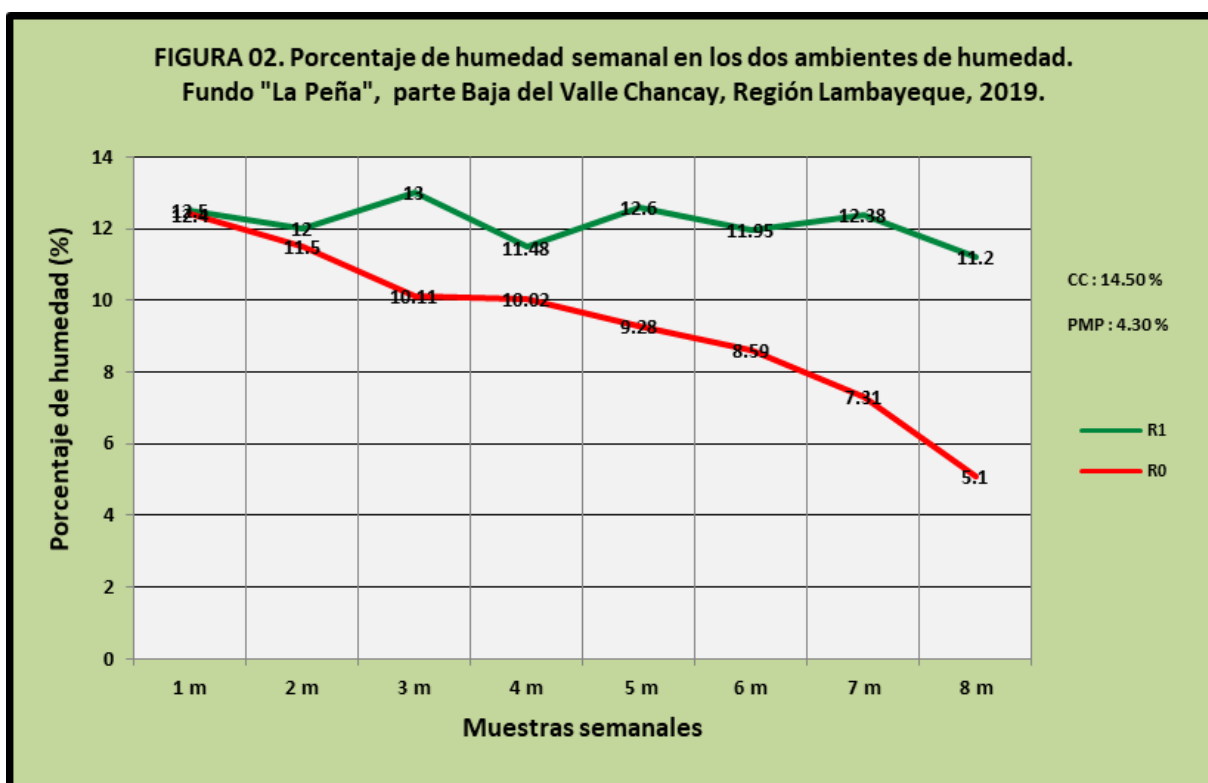


3.4. DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES Y PORCENTAJES DE HUMEDAD.

Considerando las características y naturaleza del trabajo se tomó muestras de suelo a una profundidad de 0 - 30 cm en el área experimental, para determinar las constantes de humedad: capacidad de campo (CC = 14.50%), y el punto de marchitez permanente (PMP = 4.30%), que nos permitió controlar la humedad del suelo para cada uno de los ambientes de humedad en estudio. Fue necesario realizar también las estimaciones de los porcentajes de humedad del suelo experimental, que se realizaron con una frecuencia semanal, a partir de los 40 dds hasta los 96 dds. Estos valores son representados en la Figura 02, apreciándose que el contenido de humedad en el suelo, fue disminuyendo gradualmente al momento en que se impuso los tratamientos, en el ambiente de deficiencia hídrica (R0); sin embargo, la humedad en el ambiente de riego se mantiene entre cercano a la CC hasta la madurez fisiológica (Tabla 5). Estos resultados indican que los niveles de humedad funcionaron para el propósito de este estudio.

Tabla 5... Constantes de humedad, porcentaje de humedad semanales de suelo durante la conducción del trabajo experimental, en los ambientes (R0, R1). Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

	CONSTANTES DE HUMEDAD							
	Capacidad de campo (CC)				Punto de marchitez permanente (PMP)			
	14.50 %				4.30 %			
	PORCENTAJES DE HUMEDAD (MUESTREOS SEMANALES)							
AMBIENTE	1ªMuestra	2ªMuestra	3ªMuestra	4ªMuestra	5ªMuestra	6ªMuestra	7ªMuestra	8ªMuestra
Fechas	25/06/19	02/07/19	09/07/19	16/07/19	23/07/19	30/07/19	06/08/19	13/08/19
R1 (Riego)	12.50	12.00	13.00	11.48	12.60	11.95	12.38	11.20
R0 (Déficit hídrico)	12.40	11.50	10.11	10.02	9.28	8.59	7.31	5.10



3.5. TRATAMIENTOS DE HUMEDAD

Se consideró dos tratamientos de humedad

R0 = Tratamiento en la que los materiales genéticos se condujeron bajo deficiencia hídrica a partir de los 40 días después de la siembra.

R1 = Tratamiento, en la que los materiales genéticos se manejaron bajo condiciones controladas de humedad durante todas sus etapas.

3.6. MATERIAL GENÉTICO

Se evaluaron cuatro genotipos de quinua

- Roja Pasankalla
- Amarilla marangani
- Línea
- Compuesta

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental, utilizado y el que mejor se adecúa para este trabajo, es el denominado Experimento en Serie con Bloques Completos al Azar. Los ambientes de humedad fueron conducidos en forma separada, constituyendo cada uno un experimento, con tres repeticiones; el material genético se ubicó en forma aleatoria dentro de cada repetición.

3.8. INSTALACIÓN Y MANEJO DEL EXPERIMENTO

El trabajo se instaló en el mes de julio del 2019; realizándose la preparación con rastra cruzada, luego se niveló y se trazó el terreno de acuerdo al Diseño Experimental adecuado para nuestro trabajo. Previo a la siembra, la semilla fue tratada con Orthene y Vitavax para evitar el ataque de gusano de tierra y de microorganismos del suelo. La siembra se realizó el 15 de mayo del 2019, a chorro continuo con un distanciamiento entre surcos de 0.60 m. El número de hileras por unidad experimental fue de cuatro, con una longitud de 5.00 m. El control de malezas se realizó en forma manual durante los primeros 40 días para evitar la competencia. La presencia de plagas insectos fue controlada oportunamente, así mismo se aplicó producto químico Cuprovit para el control del mildiu que es una enfermedad común en la quinua. Los riegos se dieron de acuerdo a la naturaleza del trabajo, teniendo en cuenta los ambientes de humedad. Se aplicó como fertilizantes a los 10 días después de la siembra, como fuente nitrogenada, urea; como fuente fosfatada el Fosfato Diamónico y de potasio el Sulfato de Potasio.

3.9. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

3.9.1. Días a la madurez fisiológica

Se consideró los días cuando las plantas manifiestan senescencia y las panojas presentan una coloración amarillo verdosa.

3.9.2. Altura de planta

Se evaluó en ocho plantas representativas de cada unidad experimental, en cada ambiente, midiéndose desde la base del tallo hasta la parte terminal de la planta.

3.9.3. Numero de glomérulos por planta

Esta característica se determinó, en una muestra de ocho plantas por unidad experimental.

3.9.4. Diámetro de tallo

Se registró en una muestra de cinco plantas por parcela experimental, a las cuales se les midió el diámetro con un vernier.

3.9.5. Longitud de panoja

Se evaluó en una muestra de ocho plantas por unidad experimental, midiendo desde la base de la panoja hasta la parte terminal de la misma.

3.9.6. Peso de grano por planta

Se obtuvo de una muestra de cinco plantas por cada parcela experimental, pesando el grano producido por cada una de ellas, obteniendo un promedio.

3.9.7. Rendimiento de grano

Se registró pesando la producción de grano por parcela, llevando al 14% de humedad. Se expresó en kg/ha.

3.9.8. Peso de 1000 granos

Se determinó pesando dos muestras de 1000 granos por unidad experimental, para luego obtener un promedio.

3.10. ANALISIS ESTADISTICO

Todas las características fueron analizadas siguiendo dos procedimientos:

- a.) Para el análisis de varianza del tratamiento R0 y R1 se aplicará el modelo de bloques al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = es la observación de la i-ésimo variedad en el j-ésimo bloque

μ = es la media general del experimento

α_i = es el efecto asociado de la i-ésimo variedad

β_j = es el efecto asociado al j-ésimo bloque

ε_{ij} = variación aleatoria asociada a la parcela de la i-ésima variedad en j-ésimo bloque

- b.) Para el análisis de la interacción de los genotipos por los tratamientos de humedad, se utilizará el modelo correspondiente al diseño experimental considerado, referente a un análisis combinado de R0 + R1 (Martínez, 1988).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = es el valor de la característica en estudio observado en el tratamiento de humedad i en el bloque j y con el genotipo k

μ = es la media general

α_i = es el efecto del tratamiento de humedad i

β_{ij} = es el efecto del bloque j dentro del tratamiento de humedad i

γ_k = es el efecto del genotipo k

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = es el efecto de la interacción del genotipo k por el tratamiento de humedad i

ε_{ijk} = es el efecto aleatorio asociado a la parcela del variedad k en el bloque j y en tratamiento de humedad i

Para la comparación de medias de los tratamientos de humedad y las variedades, se aplicó prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANALISIS DE VARIANCIA DE LAS CARACTERISTICAS EVALUADAS

El análisis de variancia determinó para la Fuente de variación Humedad, con excepción de diámetro de tallo y longitud de panoja, significación y alta significación estadística en la mayor parte de características, lo que implica rechazar la hipótesis nula, osea las medias poblacionales difirieron estadísticamente. En cuanto a la Fuente de variación Genotipo se observó que todas las variables respuesta presentaron significación y alta significación estadística, lo que quiere decir que las medias poblacionales de los genotipos difirieron estadísticamente, rechazandose la hipótesis nula. Respecto a la interacción Genotipo x Humedad las características no presentaron significación estadística, lo que indicaría que no se afectaron seriamente por las condiciones limitantes de humedad. Los coeficientes de variabilidad se encuentran dentro del rango aceptable para este tipo de trabajo, indicando los mismos el buen recojo y manejo de la información de las características evaluadas.

Tabla 6. Análisis de variancia de las características evaluadas en cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* willd)) en condiciones de deficit hidrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

Característica		CUADRADOS MEDIOS				C.V. (%)
		Humedad	Genotipo	Gen x Hum	Error	
	GL	1	3	3	12	
Días a madurez fisiologica		273.38 **	97.60 **	17.15 *	4.42	1.99
Altura de planta (m)		158.26 *	2921.77 **	22.86 n.s	31.15	4.34
Diámetro de tallo (mm)		5.39 n.s	47.50 **	1.62 n.s	2.19	13.94
Longitud de panoja (cm)		0.80 n.s	87.01 **	18.00 n.s	10.55	8.20
N° de glomérulos/planta		73.50 *	678.77 **	11.61 n.s	14.91	13.95
Peso de grano / planta (g)		1238.33 **	1047.89 **	75.57 n.s	132.36	23.72
Rendimiento grano (kg/ha)		20627585.63 **	5463829.93 **	657889.34 n.s	380087.74	15.29
Peso de 1000 semillas (g)		2.34 **	0.20 n.s	0.03 n.s	0.10	6.76

* y ** = Significación y alta significación estadística al 0.05 y 0.01 de probabilidad n.s. = No significación estadística

4.2. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

4.2.1. Días a la madurez fisiologica

Los valores promedio ($R0 + R1 / 2$) difirieron estadísticamente, siendo el genotipo COMPUESTA la que se comportó como la más tardía, necesitando de 109.17 días, mostrando similitud estadística con AMARILLA MARANGANI, pero diferente a los genotipos LINEA y ROJA PASANKALLA, que se comportaron como las más precoces. (Tabla 7).

Dentro del ambiente de Riego los genotipos difirieron en sus promedios, mostrandose como el más tardío el genotipo COMPUESTA que necesitó de 115 días para alcanzar la madurez fisiológica, superior sobre los genotipos restantes. El mismo comportamiento manifestaron los genotipos dentro del ambiente de Déficit Hídrico, donde el genotipo ROJA PASANKALLA se mostro como el más precoz, necesitando de 97.33 días. (Tabla 7, Figura 3).

Los efectos causado por el déficit hídrico sobre el comportamiento de los genotipos, fue evidente en los días que necesitó el genotipo COMPUESTA, reduciendose en 11.67 días para alcanzar la madurez fisiológica. Los genotipos AMARILLA MARANGANI, LINEA y ROJA PASANKALLA, mostraron un comportamiento similar en los dos ambientes.

Comparando los valores promedios obtenido en los ambientes, difirieron estadísticamente, determinandose que se necesitó de una mayor cantidad de días (109) en la condición de riego, que se redujeron por efecto de la deficiencia hídrica hasta en 102.25 días. (Tabla 7, Figura 4).

Trabajos similares al nuestro, han detectado el efecto causado por el deficit hídrico sobre esta caractrerística. En el trabajo realizado por Perez (2017), en Cutervo encontró que la variedad MANTARO, redujo en 16.10% las necesidades diarias para alcanzar la madurez fisiológica, por efecto de lluvias de temporal, pero también detecrminó que el efecto de la deficiencia hídrica causado por la baja intensidad de las lluvias de temporal no fue severo en la mayoría de variedades que evaluaron.

4.2.2. Altura de planta

Los valores promedio ($R0 + R1 / 2$) obtenidos por los genotipos de quinua, difirieron estadísticamente; los genotipos COMPUESTA y ROJA PASANKALLA registraron el mayor tamaño de planta con 148.25 y 146.48 cm, sin diferir estadísticamente, pero superiores a los genotipos AAMARILLA MARANGANI y LINEA.

Tanto en el ambiente de Riego (R1) como en el de Deficiencia hídrica (R0) los genotipos mostraron diferencias estadísticas; los Genotipos COMPUESTA y ROJA PASANKALLA destacan por su mayor altura, mostrándose superiores estadísticamente a los genotipos AMARILLA MARANGANI y LINEA. (**Tabla 8, Figura 5**).

Los efectos causados por el déficit hídrico en los genotipos ROJA PASANKALLA y AMARILLA MARANGANI redujeron su tamaño en 8.80 y 7.52 centímetros.

El valor promedio obtenido en la condición de Riego (R1) equivalente a 131.31 cm comparado con el obtenido en Deficiencia Hídrica (R0), difirieron estadísticamente. Con estos resultados se evidencia que esta característica no se afectó, ocurriendo una reducción de solo el 3.90%. (**Tabla 8, Figura 6**).

Pérez (2016) detecta en su trabajo con lluvias de temporal, una ligera disminución de la altura de planta causado por la deficiencia hídrica en la variedades de quinua **Mantaro, Amarilla Sacaca y Blanca de Junín**, equivalentes a 6.3, 6.87 y 5.13 %; valores y efectos similares al determinado en nuestro trabajo.

La reducción de la altura de plantas, se produce como un efecto causado sobre la division y alargamiento celular, que se refleja en un menor tamaño de los entrenudos de las plantas.

Tabla 7. Días a la madurez fisiológica. Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

GENOTIPO	PROMEDIO (R0 + R1 / 2)	PROMEDIO RIEGO (R1)	PROMEDIO DÉF. HÍDRICO (R0)	R1 – R0
COMPUESTA	109.17 A	115.00 A	103.33 A B	11.67
AMARILLA MARANGANI	108.33 A	110.33 B	106.33 A	4.00
LINEA	104.67 B	107.33 C	102.00 A B	5.33
ROJA PASANKALLA	100.33 C	103.33 D	97.33 B	6.00
DMS	3.60	2.94	7.86	
	COMPARACION DE AMBIENTES			
	AMBIENTES	PROMEDIOS	SIG ($\alpha = 0.05$)	
	R1	109.00	A	
	R0	102.25	B	
	DMS	1.86		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 8. Altura de planta (cm). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

VARIEDADES	PROMEDIO (R0 + R1 / 2)	PROMEDIO RIEGO (R1)	PROMEDIO DÉF. HÍDRICO (R0)	R1 – R0
COMPUESTA	148.25 A	148.29 A	148.21 A	0.08
ROJA PASANKALLA	146.48 A	150.88 A	142.08 A	8.80
AMARILLA MARANGANI	116.15 B	119.90 B	112.38 B	7.52
LINEA	104.10 C	106.17 B	102.04 B	4.13
DMS	9.56	15.06	16.45	
	COMPARACION DE AMBIENTES			
	AMBIENTES	PROMEDIOS	SIG ($\alpha = 0.05$)	
	R1	131.31	A	
	R0	126.18	B	
	DMS	4.96		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

FIGURA 3. Días a la madurez fisiológica de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de déficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2018.

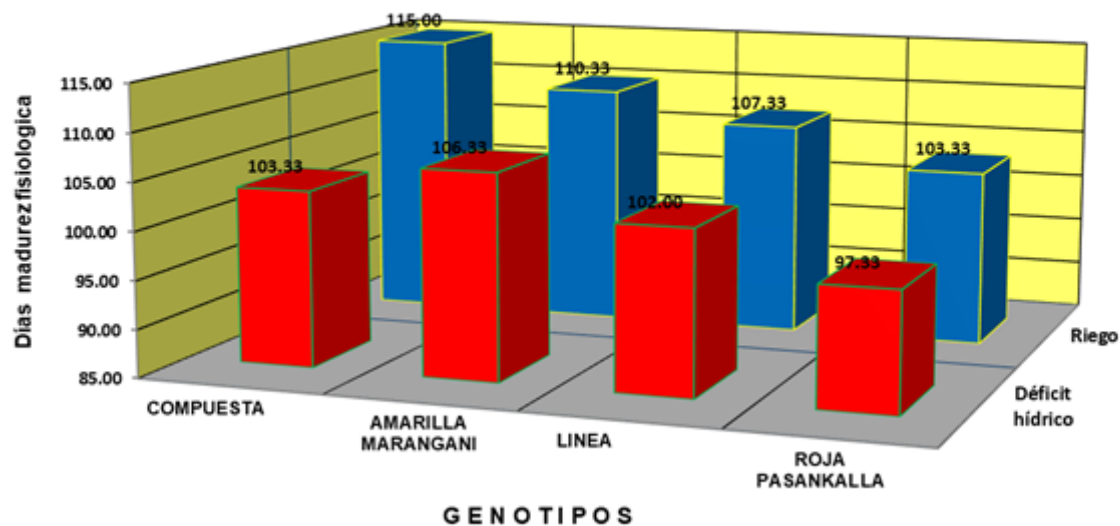


FIGURA 4. Días a la madurez fisiológica de 4 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019

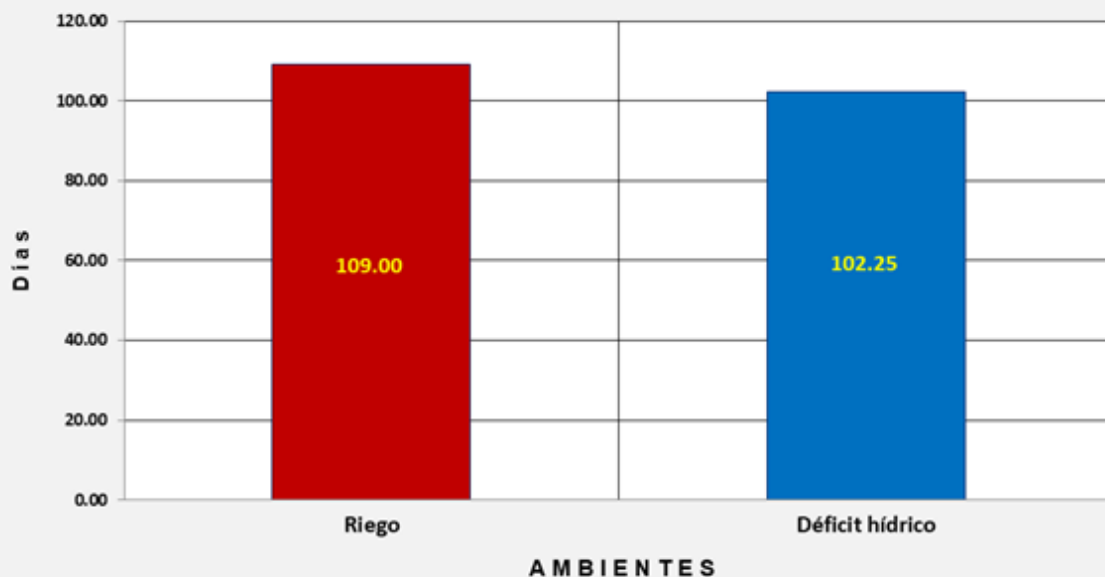


FIGURA 5. Altura de planta (m) de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de déficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

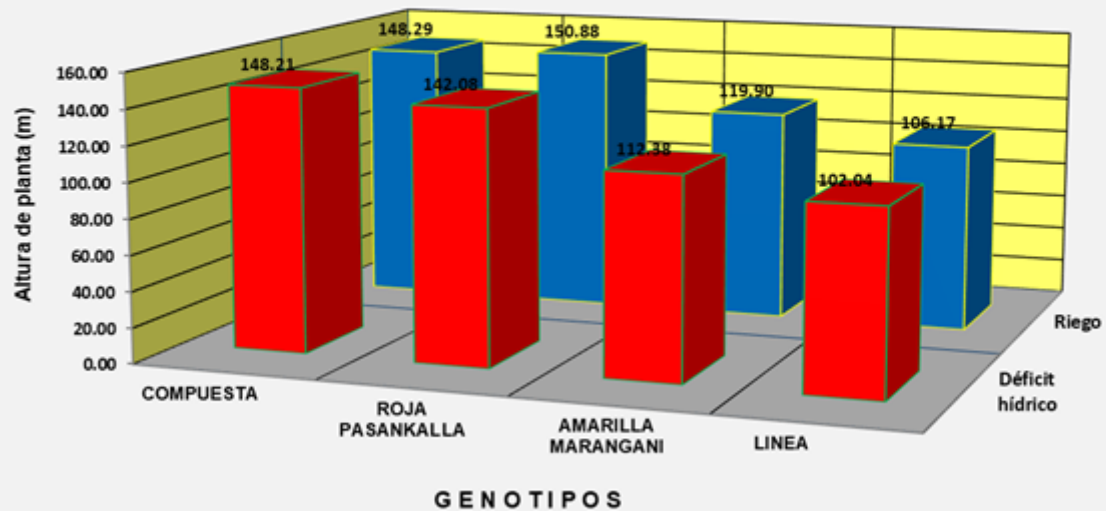
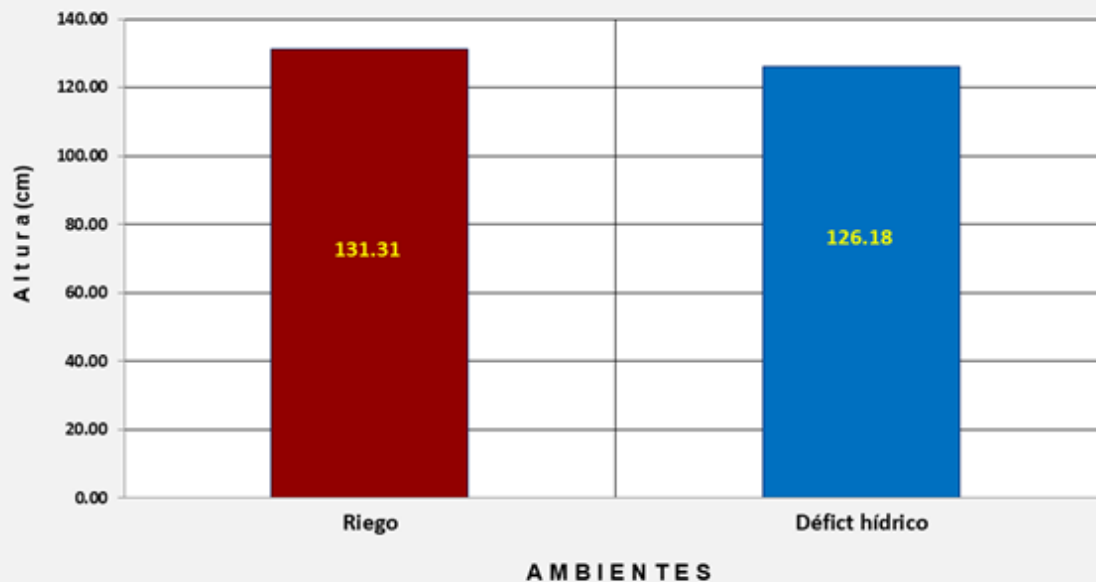


FIGURA 6. Altura de planta de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019



4.2.3. Diámetro de tallo

El genotipo AMARILLO MARANGANI registró el mayor diámetro de tallo promedio ($R0 + R1 / 2$) con 14.40 mm, diferente estadísticamente a los genotipos restantes; siendo el genotipo ROJA PASANKALLA el que registró el menor diámetro de tallo, con 7.58 mm. (Tabla 9).

Dentro del ambiente de Riego (R1) los genotipos difirieron estadísticamente, similar comportamiento ocurrió dentro del ambiente de Deficiencia Hídrica (R0); en ambos ambientes el genotipo AMARILLA MARANGANI destaca por su mayor diámetro de tallo, mostrándose superior al genotipo ROJA PASANKALLA que registró el menor diámetro, con valores de 7.29 mm en Riego y 7.88 mm en Deficit Hídrico respectivamente. (Tabla 9, Figura 7).

El efecto causado por la deficiencia hídrica no se manifestó en una reducción del diámetro del tallo; en algunos casos, como en los genotipos AMARILLA MARANGANI y LINEA se produjo un incremento de diámetro de tallo. Esto podría explicarse debido a que al reducirse la elongación internodal que se reflejaría en un menor tamaño de la planta, se compensaría con un desarrollo mayor del diámetro en condiciones de estrés hídrico por deficiencia.

El diámetro de tallo no se afectó, reduciendo tamaño; lo cual se dejó evidenciar cuando comparamos los valores obtenidos en ambos ambientes, que no difirieron estadísticamente. (Tabla 9, Figura 8).

4.2.4. Peso de grano por planta

Los valores promedio ($R0 + R1 / 2$) para esta característica difirieron estadísticamente; el genotipo AMARILLA MARANGANI registró el mayor peso de grano por planta con 67.42 gramos, superando estadísticamente a los genotipos restantes, entre los cuales el genotipo ROJA PASANKALLA registró el menor peso con 36.96 gramos. (Tabla 10).

El comportamiento dentro del ambiente de riego (R1) el genotipo AMARILLA MARANGANI registró el mayor rendimiento de grano por planta con 79.17 gramos, mostrándose estadísticamente superior a los genotipos LINEA,

COMPUESTA y ROJA PASANKALLA, que presentaron rendimiento por planta equivalentes a 46.54, 43.11 y 39.96 gramos por planta. Dentro del ambiente de deficiencia hídrica, el comportamiento de los genotipos fue similar estadísticamente; sin embargo podemos apreciar que AMARILLA MARANGANI, muestra indicios de un comportamiento superior en estas condiciones. (Tabla 10, Figura 9).

El efecto de la deficiencia hídrica se reflejó en una reducción del rendimiento de grano por planta en todos los genotipos; los genotipos AMARILLA MARANGANI y COMPUESTA fueron los más afectados, con reducciones de su capacidad productiva en 23.50 y 16.46 gramos, equivalente al 29.68% y 32.06%.

La reducción del rendimiento de grano por planta causado por la deficiencia hídrica, se evidencia cuando se comparó los promedios obtenidos en el ambiente de Riego (55.69 gramos) y el ambiente de Déficit Hídrico (41.32 gramos), que difirieron estadísticamente. La reducción fue de 25.80%. (Tabla 10, Figura 10).

4.2.5. Número de glomérulos por planta

El genotipo AMARILLA MARANGANI registró el mayor promedio ($R0 + R1 / 2$) número de glomérulos por planta, mostrándose superior estadísticamente sobre el resto de genotipos evaluados. El genotipo ROJA PASANKALLA registró el menor número de glomérulos con 27.77. (Tabla 11).

El comportamiento dentro del ambiente de riego (R0) fueron variable, los promedios obtenidos por los genotipos difirieron estadísticamente, siendo AMARILLA MARANGANI la que se impone con 40.27 glomérulos, sobre los genotipos restantes, donde el genotipo ROJA PASANKALLA registra la menor formación de glomérulos con 30.00. En el ambiente de Déficit Hídrico los promedios difirieron estadísticamente; el genotipo ROJA PASANKALLA, nuevamente expresa su menor capacidad para formar menor cantidad de glomérulos, lo cual evidencia un carácter genético varietal. (Tabla 11, Figura 11)

Tabla 9. Diámetro de tallo (mm). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

VARIETADES	PROMEDIO (R1 + R0 / 2)	PROMEDIO RIEGO (R1)	PROMEDIO DÉF. HÍDRICO (R0)	R1 - R0
AMARILLA MARANGANI	14.40 A	13.21 A	15.58 A	- 2.37
LINEA	10.25 B	9.79 B	10.71 A B	-0.92
COMPUESTA	10.25 B	10.29 B	10.21 A B	0.08
ROJA PASANKALLA	7.58 C	7.29 C	7.88 B	-0.59
DMS	2.54	1.66	5.67	
	COMPARACION DE AMBIENTES			
	AMBIENTES	PROMEDIOS	SIG ($\alpha = 0.05$)	
	R1	11.09	A	
	R0	10.15	A	
	DMS	1.32		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 10. Peso de grano por planta (g). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

VARIETADES	PROMEDIO (R0 + R1 / 2)	PROMEDIO RIEGO (R1)	PROMEDIO DÉF. HÍDRICO (R0)	R1 - R0
AMARILLA MARANGANI	67.42 A	79.17 A	55.67 A	23.50
LINEA	46.54 B	51.13 B	41.96 A	9.17
COMPUESTA	43.11 B	51.34 B	34.88 A	16.46
ROJA PASANKALLA	36.96 B	41.13 B	32.79 A	8.34
DMS	19.72	21.89	40.43	
	COMPARACION DE AMBIENTES			
	AMBIENTES	PROMEDIOS	SIG ($\alpha = 0.05$)	
	R1	55.69	A	
	R0	41.32	B	
	DMS	10.23		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

FIGURA 7. Diámetro de tallo de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de déficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

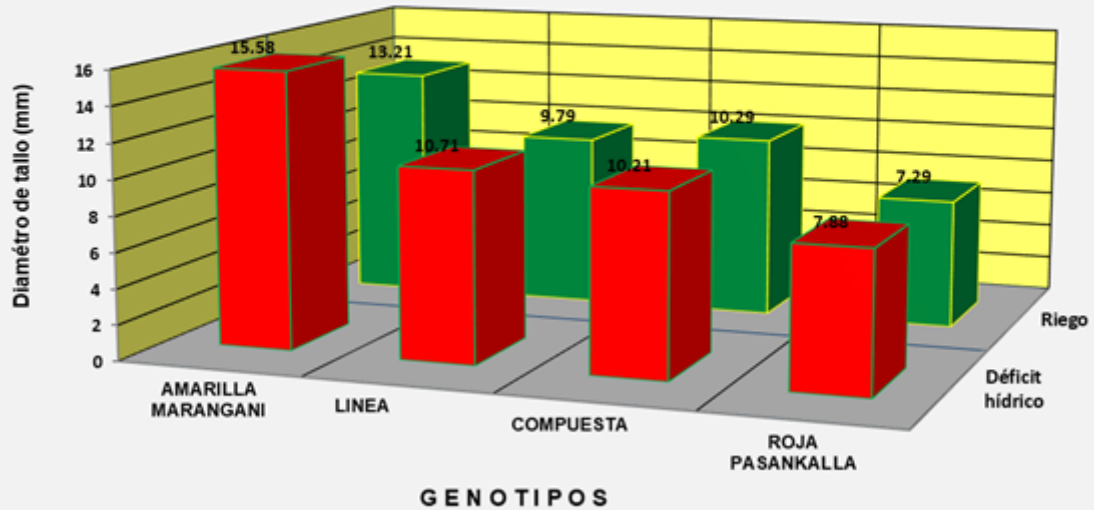


FIGURA 8. Diámetro de tallo de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019

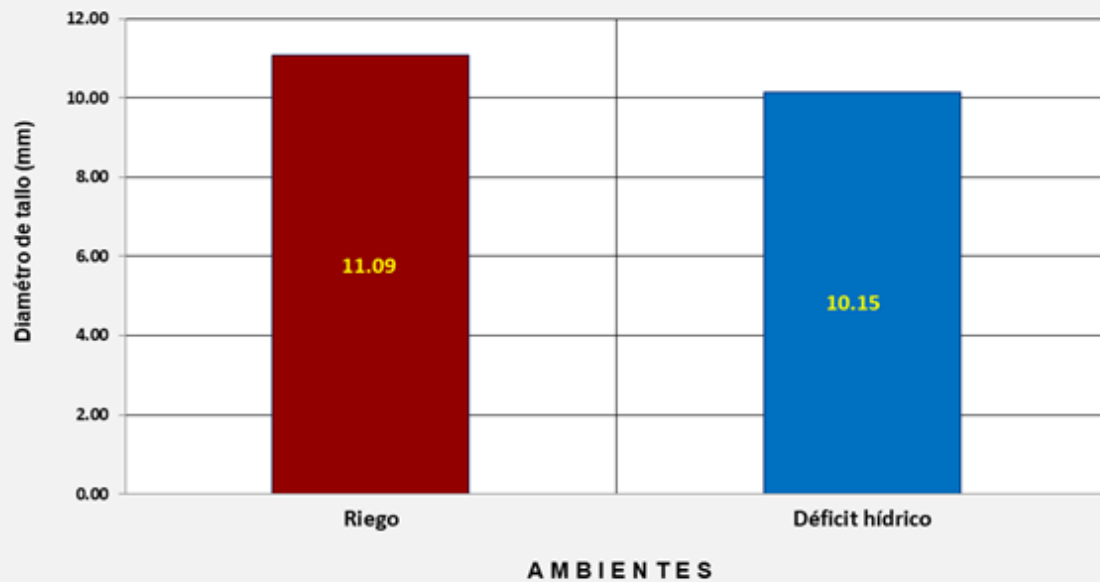


FIGURA 9. Peso de granos por planta de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de deficit hidrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

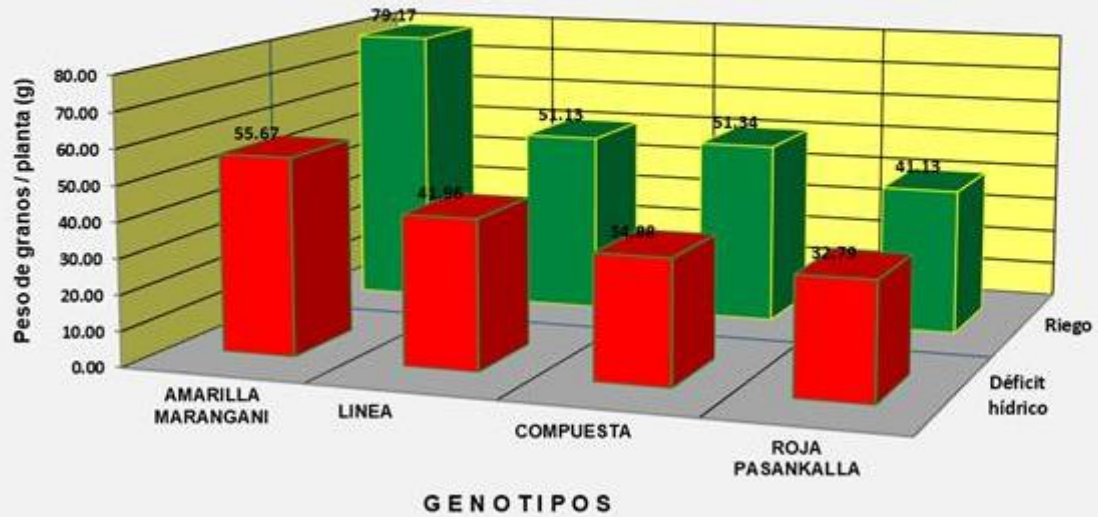
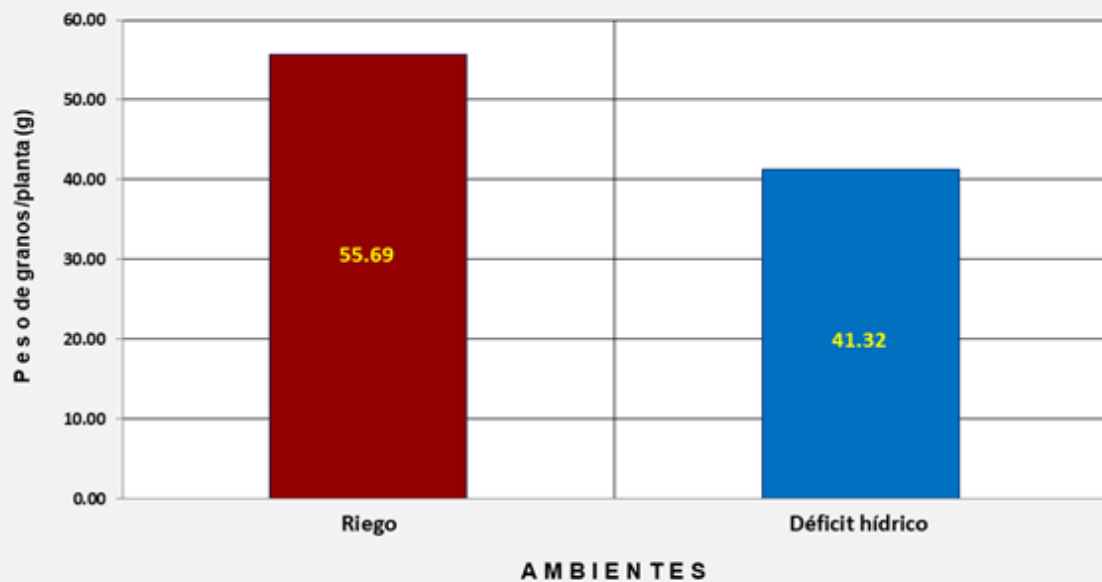


FIGURA 10. Peso de granos por planta de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019



El efecto de la deficiencia hídrica se reflejó en una reducción del número de glomérulos en todos los genotipos evaluados; los genotipos AMARILLA MARANGANI y LINEA fueron los más afectados reduciendo la formación de glomérulos en 6.96 y 4.46 unidades.

En términos generales, la deficiencia hídrica redujo en 11.87% el número de glomérulos; lo cual se evidencia cuando comparamos los valores promedio obtenidos en ambos ambientes (29.42 y 25.92 glomérulos), los cuales difirieron estadísticamente.

Los resultados obtenidos por Pérez (2017), en su trabajo para determinar los efectos de las condiciones de secano en Cutervo, los cuales no se hicieron evidentes porque la mayor parte de variedades que evaluó no sufrieron reducciones significativas en el número de glomérulos, pero si determinó reducciones en las variedades **Negra Collana, Salcedo INIA y Roja Pasankalla**, equivalentes a 15.81% y 16.46%, resultados similares a los obtenidos en nuestro trabajo.

Los valores promedio tanto para la condición de Riego como de Secano, fueron iguales estadísticamente, siendo estos valores equivalentes a 36.88 y 35.80 glomerulos (**Tabla 11, Figura 12**).

4.2.6. Longitud de panoja

La prueba de Tukey detectó diferencias estadísticas entre los valores promedio ($R0 + R1 / 2$) de longitud de panoja obtenido por los genotipos. El genotipo ROJA PASANKALLA registró la menor longitud de panoja con 31.49. (Tabla 12).

El comportamiento de los genotipos en el ambiente de riego (R0) fue estadísticamente diferente; los genotipos AMARILLA MARANGANI y COMPUESTA mostraron las mayores longitudes de panoja con 43.75 y 44.04 cm, similares estadísticamente con el genotipo LINEA, pero superiores al genotipo ROJA PASANKALLA que expresó la menor longitud de panoja con 32.46 cm. En el ambiente de deficiencia hídrica, los valores promedio obtenidos por los genotipos no difirieron estadísticamente. (Tabla 12, Figura 13).

Tabla 11. Número de glomérulos por planta. Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd)) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

VARIEDADES	PROMEDIO (R0 + R0 / 2)	PROMEDIO RIEGO (R1)	PROMEDIO DÉF. HÍDRICO (R0)	R1 – R0
AMARILLA MARANGANI	40.27 A	43.75 A	36.79 A	6.96
COMPUESTA	28.38 B	28.75 B	28.00 A	0.75
LINEA	27.77 B	30.00 B	25.54 A	4.46
ROJA PASANKALLA	14.25 C	15.17 C	13.33 B	1.84
DMS	6.61	10.02	11.73	
	COMPARACION DE AMBIENTES			
	AMBIENTES	PROMEDIOS	SIG ($\alpha = 0.05$)	
	R1	29.42	A	
	R0	25.92	B	
	DMS	3.43		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 12. Longitud de panoja (cm). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

VARIEDADES	PROMEDIO (R0 + R1 / 2)	PROMEDIO RIEGO (R1)	PROMEDIO DÉF. HÍDRICO (R0)	R1 – R0
AMARILLA MARANGANI	42.38 A	43.75 A	41.00 A	2.75
COMPUESTA	42.15 A	44.04 A	40.25 A	3.79
LINEA	39.77 A	38.96 A B	40.58 A	- 1.62
ROJA PASANKALLA	34.19 B	32.46 B	35.92 A	- 3.46
DMS	5.56	9.86	8.43	
	COMPARACION DE AMBIENTES			
	AMBIENTES	PROMEDIOS	SIG ($\alpha = 0.05$)	
	R1	39.80	A	
	R0	39.44	A	
	DMS	2.88		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

FIGURA 11. Número de glomérulos por planta, de cuatro genotipos de Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de déficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

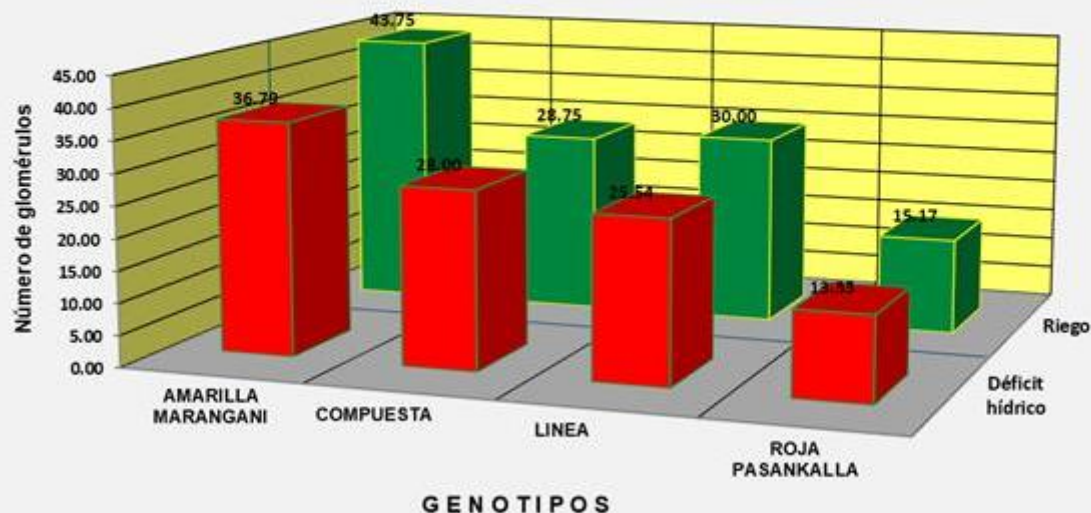


FIGURA 12. Número de glomérulos por planta, de 4 genotipos de Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019

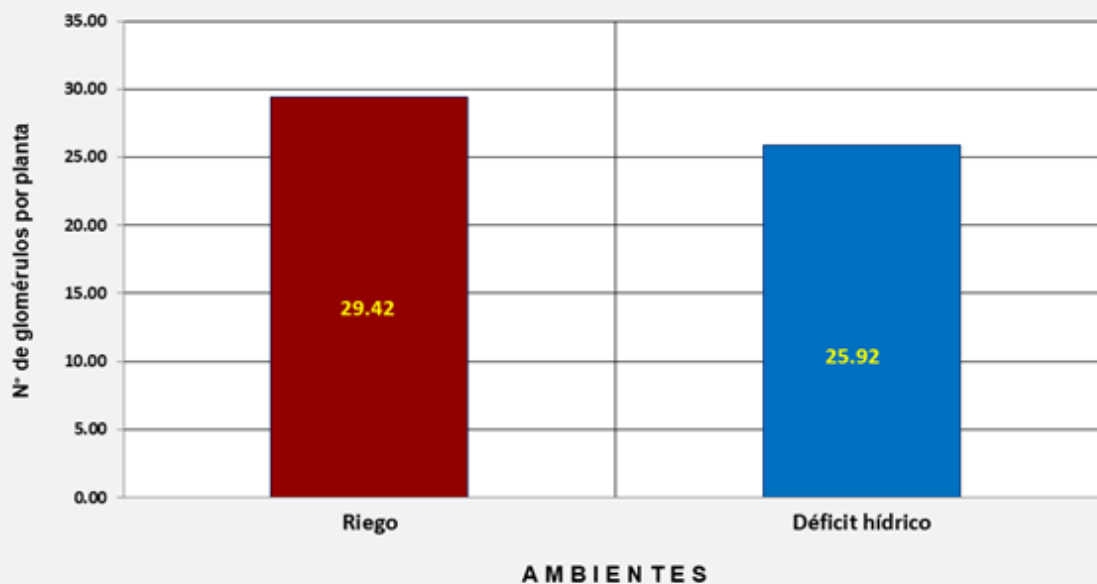


FIGURA 13. Longitud de panoja de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

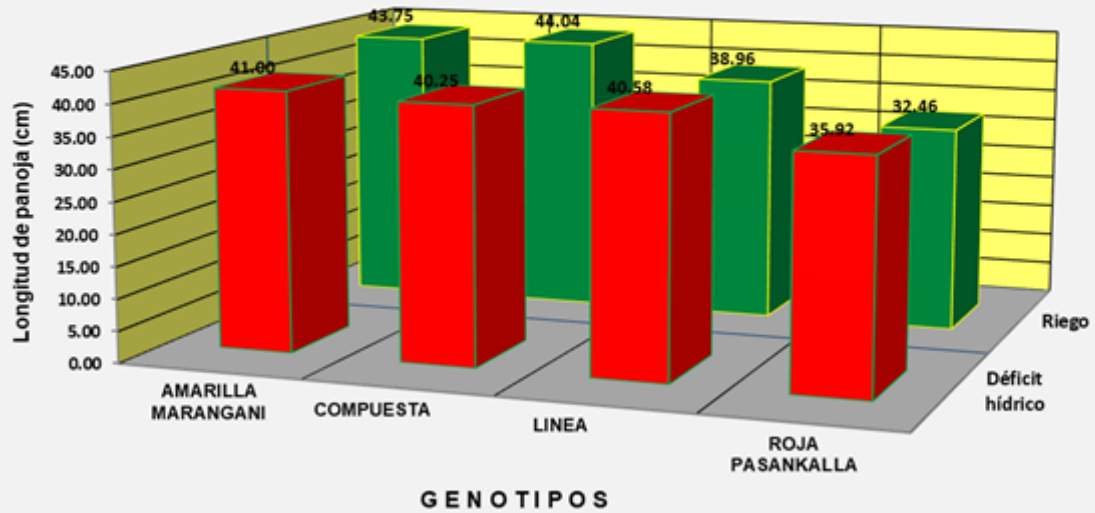
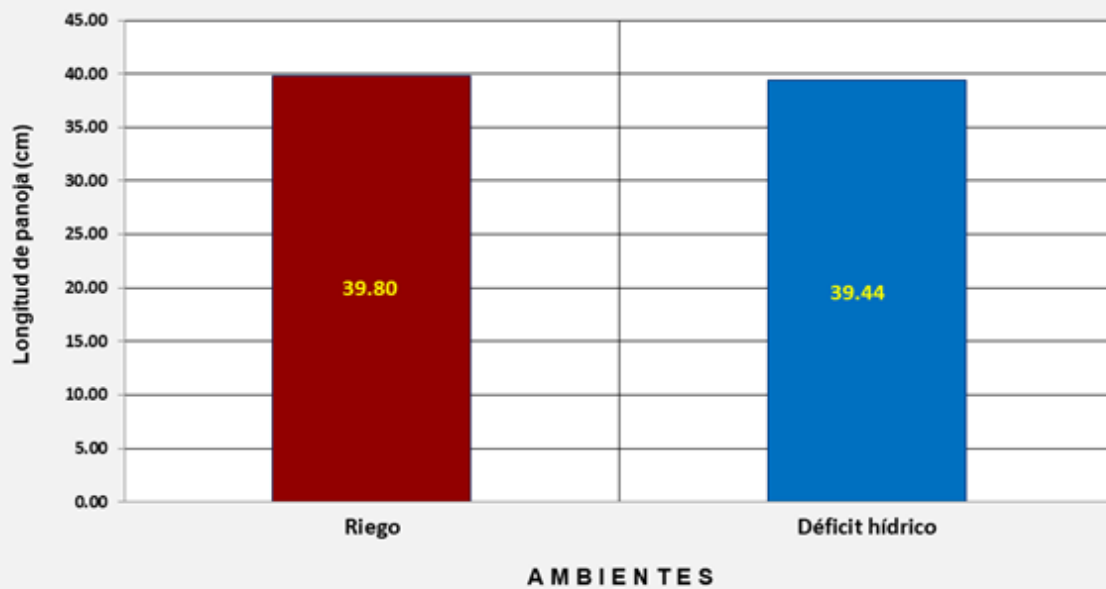


FIGURA 14. Longitud de panoja de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019.



El comportamiento de los genotipos en uno y otro ambiente no varió significativamente; no se tuvo una evidencia clara del efecto de la deficiencia hídrica, que en muchos casos se refleja en una reducción de la expresión del carácter. Podemos considerar al carácter longitud de panoja tolerante a los efectos de la deficiencia hídrica.

Los resultados indicados, se aclara con los valores obtenidos en el ambiente de Deficit Hídrico (39.80 cm) y Riego (39.44 cm), que mostraron similitud estadística; con los cuales se estima un efecto de reducción en dicha característica de solo el 0.90%. (Tabla 12, Figura 14).

4.2.7. Peso de 1000 granos

Los valores promedio ($R0 + R1 / 2$) obtenido por los genotipos, mostraron similitud estadística.

Tanto, dentro del ambiente de riego (R1) como en el ambiente de deficiencia hídrica (R0), los valores promedios obtenidos por los genotipos, mostraron similitud estadística. (Tabla 13, Figura 15).

El efecto causado por la deficiencia hídrica, se manifestó en una reducción del peso de grano en todos los genotipos evaluados; las reducciones fueron de 0.43, 0.63, 0.67 y 0.77 gramos para los genotipos AMARILLA MARANGANI, ROJA PASANKALLA, LINEA y COMPUESTA, respectivamente.

Los valores promedios para cada ambiente equivalentes a 5.06 gramos (R1) y 4.43 gramos (R0), difirieron estadísticamente. El efecto causado por el déficit hídrico sobre esta característica fue de una reducción del peso de 1000 granos igual al 12.45%. (Tabla 13, Figura 16).

4.2.8. Rendimiento de grano

La prueba de Tukey determinó diferencias estadísticas entre los valores promedio ($R0 + R1 / 2$) obtenido por los genotipos; los genotipos COMPUESTA, AMARILLA MARANGANI, ROJA PASANKALLA mostraron los mayores rendimientos de grano con 4770.83, 4763.89 y 3826.39

kg/ha, superiores al genotipo LINEA que mostró menor capacidad productiva obteniendo un rendimiento de 2763.89 kg/ha. (Tabla 14).

El comportamiento de los genotipos dentro del ambiente de riego (R0), al comparar sus promedios, fue similar estadísticamente, cuyos valores fluctuaron entre 6055.55 y 3847.22 kg/ha, correspondiente estos valores a los genotipos COMPUESTA y LINEA. Lo contrario sucedió en el ambiente de deficiencia hídrica, donde los valores promedio obtenido por los genotipos difirieron estadísticamente; siendo el genotipo AMARILLA MARANGANI el que registró el mayor rendimiento de grano con 3944.44 kg/ha, mostrando similitud estadística con los genotipos COMPUESTA y ROJA PASANKALLA, pero superior al genotipo LINEA, que registro el menor rendimiento con 1680.55 kg/ha. (Tabla 14, Figura 17).

Los rendimientos de grano se redujeron por efecto de la deficiencia hídrica, en todos los genotipos. El genotipo menos afectado fue ROJA PASANKALLA que redujo su rendimiento en un 23.96% (1041.66 kg); mientras que los genotipos AMARILLA MARANGANI COMPUESTA, y LINEA, sufrieron reducciones de 29.35, 42.43 y 56.31%. Cabe señalar, que si bien ROJA PASANKALLA sufrió menor reducción en su rendimiento de grano, sin embargo muestra menor capacidad productiva que AMARILLA MARANGANI y COMPUESTA.

Nuestros resultados de rendimiento de grano superan a los obtenido por Pérez (2017) en su trabajo de quinua realizado en Cutervo, que en condiciones de Riego (R1) para las Variedades Amarilla Marangani, Salcedo INIA, Amarilla Sacaca y Blanca de Juli registró rendimientos de grano de 3331.74, 2440.71, 2299.98 y 2831.90 kg/ha; ,mientras que en condiciones de secano, los rendimientos de grano para las variedades Amarilla Sacaca, Salcedo INIA y Amarilla Marangani fueron de de 2373.01, 2254.60 y 2149.84 kg/ha.

En términos generales el valor promedio obtenido en Riego (R1) de 4958.33 kg/ha difirió estadísticamente del valor obtenido en deficiencia hídrica (R0), equivalente a 3104.17 kg/ha. En función a estos valores se determinó que el rendimiento de grano sufrió una reducción por efecto del déficit hídrico de 37.039%. (Tabla 14, Figura 18).

Pérez (2017) registra reducción del rendimiento de grano por efecto de la deficiencia hídrica equivalente a 17.63% en el rendimiento de grano; mucho menor al registrado en nuestro trabajo; seguramente porque la deficiencia hídrica que estuvo supeditado a la intensidad de las lluvias de temporal, pueden haberse distribuido durante todo el ciclo biológico de las plantas.

Tabla 13. Peso de 1000 granos (g). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

VARIETADES	PROMEDIO (R0 + R1 / 2)	PROMEDIO RIEGO (R1)	PROMEDIO DÉF. HÍDRICO (R0)	R1 – R0
AMARILLA MARANGANI	5.02 A	5.23 A	4.80 A	0.43
ROJA PASANKALLA	4.68 A	5.00 A	4.37 A	0.63
LINEA	4.67 A	5.00 A	4.33 A	0.67
COMPUESTA	4.62 A	5.00 A	4.23 A	0.77
DMS	0.55	0.51	1.17	
COMPARACION DE AMBIENTES				
	AMBIENTES	PROMEDIOS	SIG ($\alpha = 0.05$)	
	R1	5.06	A	
	R0	4.43	B	
	DMS	0.28		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 14. Rendimiento de grano (kg/ha). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de déficit hídrico. Fundo “La Peña”, parte baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

GENOTIPOS	PROMEDIO (R0 + R1 / 2)	PROMEDIO RIEGO (R1)	PROMEDIO DÉF. HÍDRICO (R0)	R1- R0
COMPUESTA	4770.83 A	6055.55 A	3486.11 A	2569.44
AMARILLA MARANGANI	4763.89 A	5583.33 A	3944.44 A	1638.89
ROJA PASANKALLA	3826.39 A	4347.22 A	3305.56 A	1041.66
LINEA	2763.89 B	3847.22 A	1680.55 B	2166.67
DMS	1056.76	2268.40	962.98	
COMPARACION DE AMBIENTES				
	AMBIENTES	PROMEDIOS	SIG ($\alpha = 0.05$)	
	R1	4958.33	A	
	R0	3104.17	B	
	DMS	548.38		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

FIGURA 15. Peso de 1000 granos de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

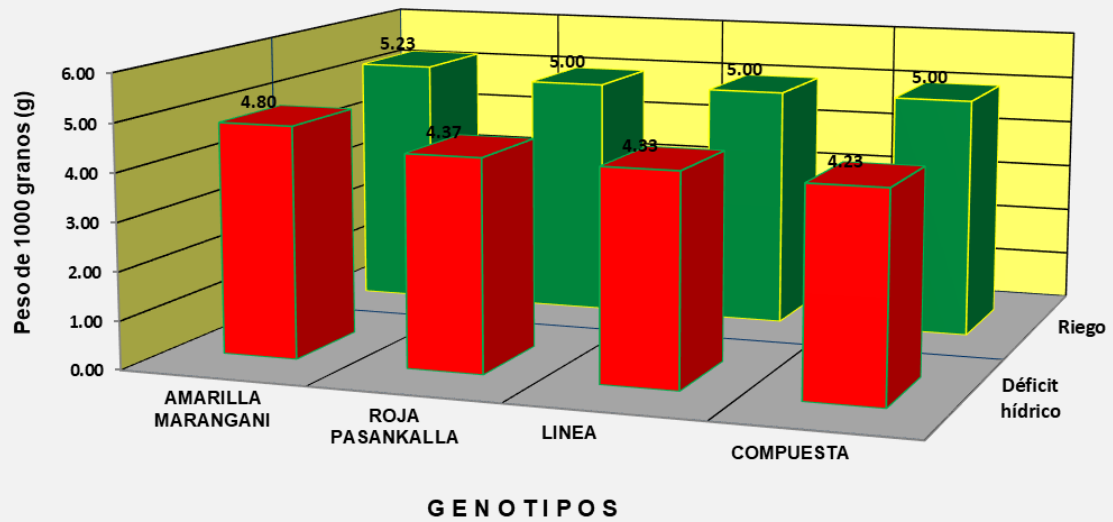


FIGURA 16. Peso de 1000 granos de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019

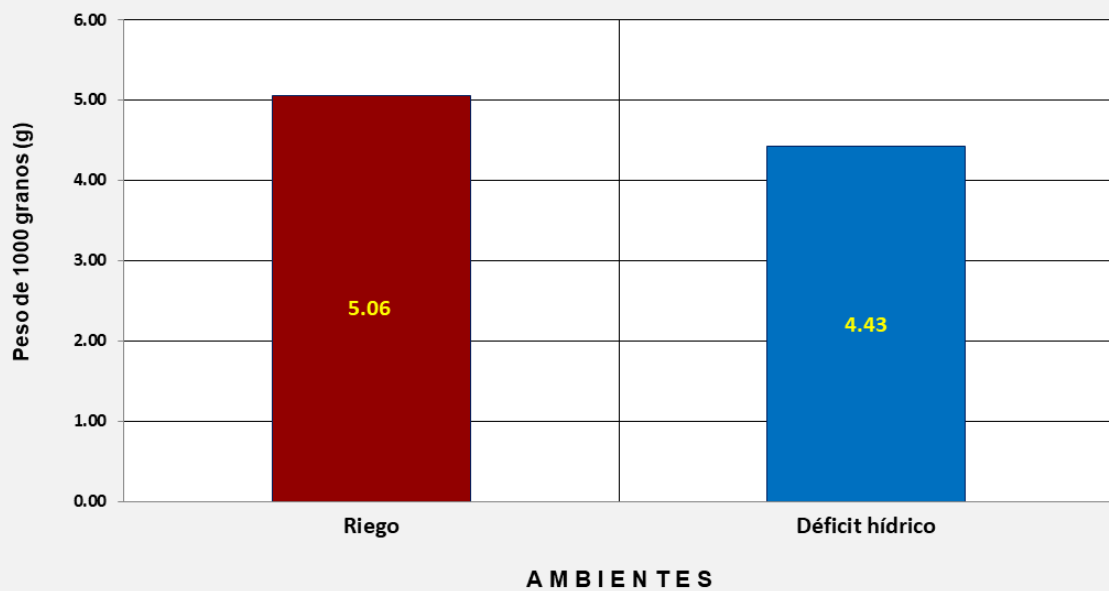


FIGURA 17. Rendimiento de grano de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficit hídrico. Fundo "La Peña" parte Baja del Valle Chancay, Región Lambayeque, 2019.

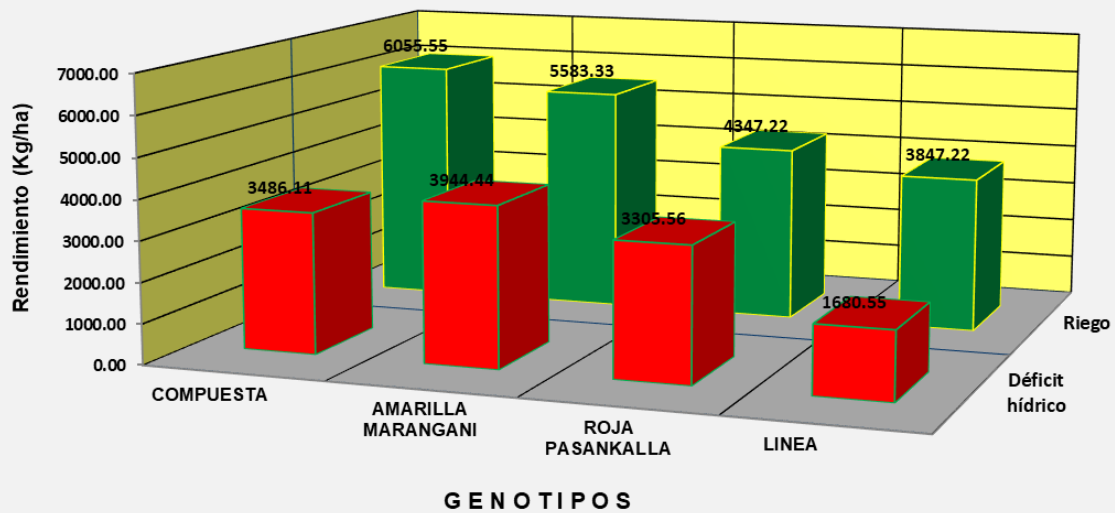
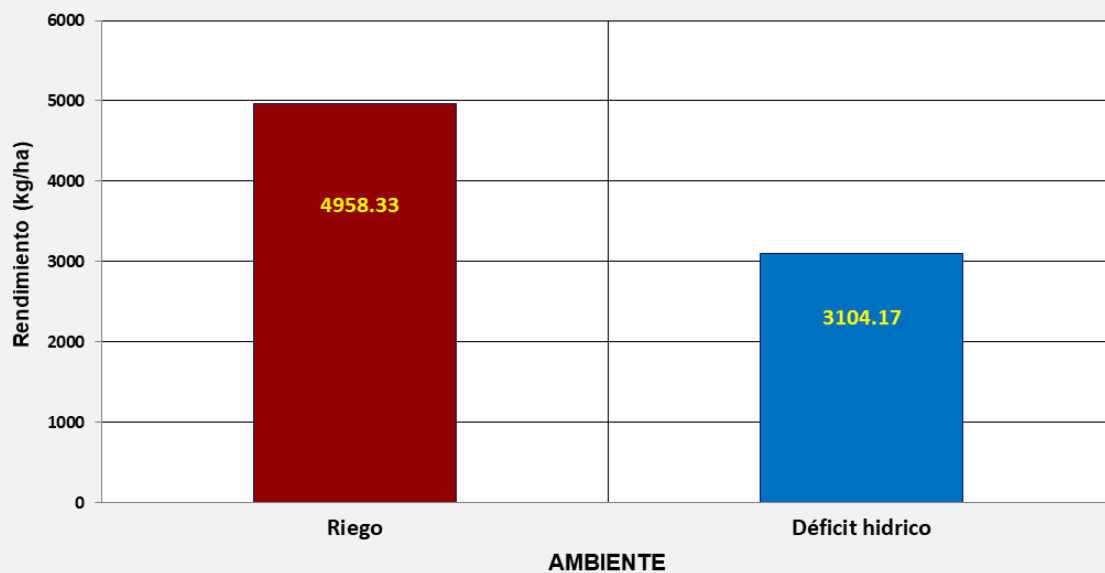


FIGURA 18. Rendimiento de grano de 4 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de deficiencia hídrica. Fundo "La Peña", Lambayeque, 2019



4.3. ANÁLISIS MULTIVARIADO

4.3.1. Matriz de correlaciones

La correlación entre las características evaluadas se presenta en la Tabla 15. Puede observarse que el rendimiento de grano presenta una correlación mediana con la altura de planta ($r = 0.519$) y diámetro de tallo ($r = 0.445$); sin embargo existe una correlación altamente significativa fuerte directa entre Peso de grano por planta con Número de glomérulos por panoja ($r = 0.923$), Diámetro de tallo ($r = 0.979$) y Peso de 1000 granos ($r = 0.924$); así mismo la Longitud de mazorca tuvo una asociación fuerte directa con el Número de glomérulos por panoja ($r = 0.900$) y Diámetro de tallo ($r = 0.806$). Por otro lado el Peso de 1000 granos se asoció significativamente con el Diámetro de tallo ($r = 0.836$). Destaca también la correlación entre el Número de glomérulos con el Diámetro de tallo y Peso de 1000 granos.

4.3.2. Análisis de Cluster

El historial de conglomeración mejor explicado a través del análisis de clúster, nos permite detectar, en nuestro caso, genotipos con mayor similitud en función a las características evaluadas. Los resultados muestran en la Figura 19, que los genotipos se agruparon en tres grupos; un grupo formado por los genotipos COMPUESTA y AMARILLA MARANGANI que se encuentran más próximos, lo cual puede explicarse por el hecho de haber destacado por sus mayores rendimientos de grano, otro grupo aislado formado por el genotipo ROJA PASANKALLA que obtuvo un rendimiento de grano intermedio, y el otro grupo formado por el genotipo LINEA que registró el menor rendimiento de grano. Una particularidad de este análisis de clúster, es que agrupó a los genotipos según el rendimiento de grano, que es la característica integradora de todas las características componentes morfológicas y fisiológicas de las plantas cultivadas.

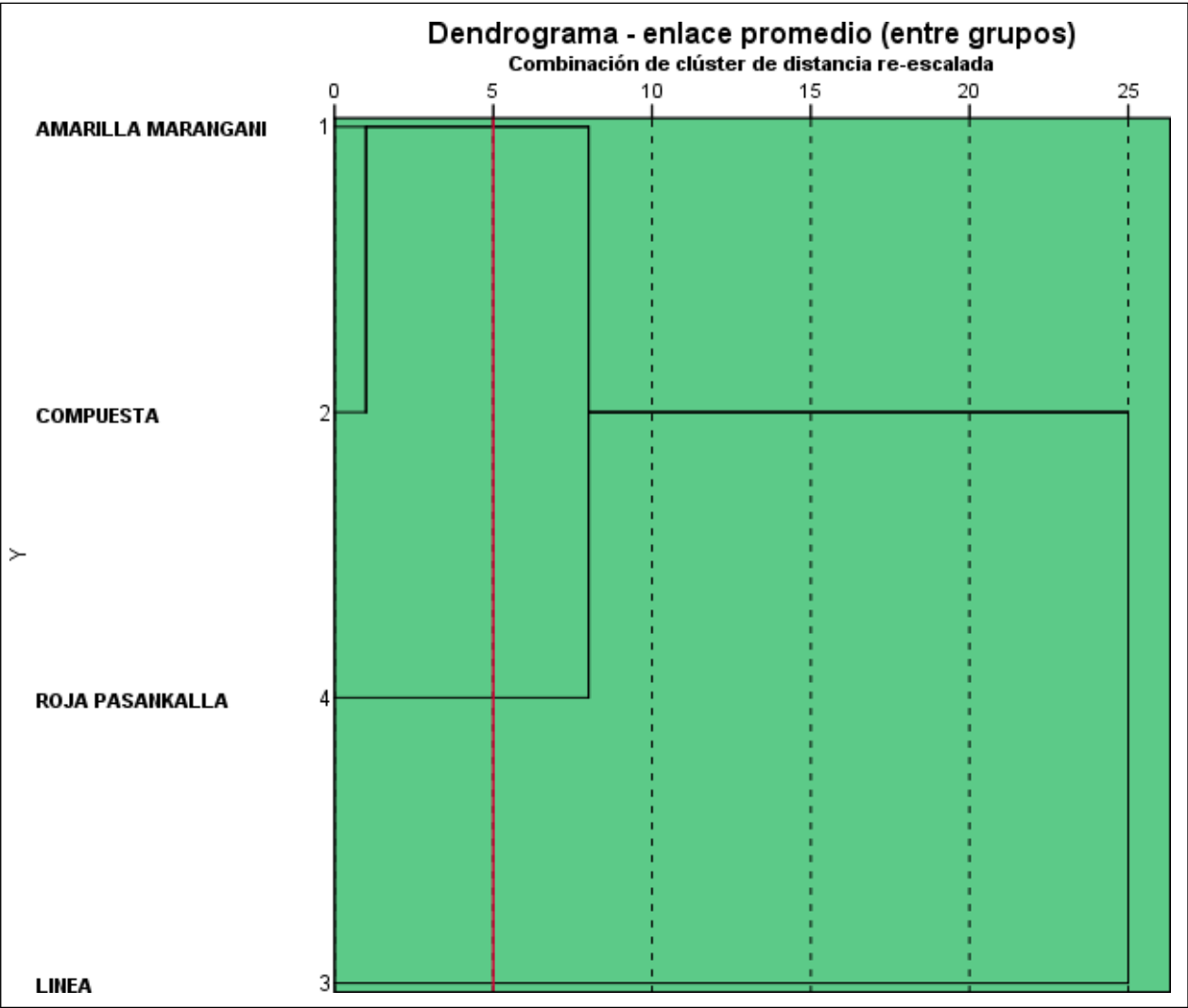
TABLA 15. Matriz de Correlaciones entre las características evaluadas, de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Lambayeque, 2019.

Matriz de correlaciones ^a									
		Rdto. Grano	Md. Fisiol.	Altura Plta.	Peso grano/pla	Long. Panoja	N° glomeru.	Diam. Tallo	Peso 1000 granos
Correlación	Rdto. Grano	1,000	-,143	,519	,389	,441	,406	,445	,413
	Md. Fisiol.	-,143	1,000	,536	-,582	-,951	-,841	-,719	-,228
	Altura Plta.	,519	,536	1,000	-,571	-,339	-,547	-,534	-,421
	Peso grano/plta.	,389	-,582	-,571	1,000	,668	,923	,979	,924
	Long. Panoja	,441	-,951	-,339	,668	1,000	,900	,806	,358
	N° glomeru.	,406	-,841	-,547	,923	,900	1,000	,980	,712
	Diam. Tallo	,445	-,719	-,534	,979	,806	,980	1,000	,836
	Peso 1000 granos	,413	-,228	-,421	,924	,358	,712	,836	1,000
a. Esta matriz no es cierta positiva.									

TABLA 16. Historial de conglomeración de cuatro genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Lambayeque, 2019.

Historial de conglomeración						
Etapa	Clúster combinado		Coeficientes	Primera aparición del clúster de etapa		Etapa siguiente
	Clúster 1	Clúster 2		Clúster 1	Clúster 2	
1	1	2	1828,912	0	0	2
2	1	4	896982,224	1	0	3
3	1	3	3057211,799	2	0	0

Figura 19. Dendrograma



V. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y las condiciones en la que se ejecutó el presente trabajo, se concluye:

- 1- Los rendimientos de grano de los genotipos dentro del ambiente de riego (R0) fluctuaron entre 6055.55 para el genotipo COMPUESTA y 3847.22 kg/ha para el genotipo LINEA.
- 2- En el ambiente de deficiencia hídrica, el genotipo AMARILLA MARANGANI registró el mayor rendimiento de grano con 3944.44 kg/ha, similar estadísticamente con los genotipos COMPUESTA y ROJA PASANKALLA que obtuvieron
- 3- El rendimiento de grano se redujo por efecto de la deficiencia hídrica, en todos los genotipos. El genotipo menos afectado fue ROJA PASANKALLA que redujo su rendimiento en un 23.96% (1041.66 kg); mientras que los genotipos AMARILLA MARANGANI COMPUESTA, y LINEA, sufrieron reducciones de 29.35, 42.43 y 56.31%.
- 4- La deficiencia hídrica afectó el rendimiento, reduciéndola en 37.039%.
- 5- El efecto de la deficiencia hídrica produjo una reducción del peso de grano por planta en todos los genotipos; los genotipos AMARILLA MARANGANI y COMPUESTA fueron los más afectados, con reducciones de 29.68% y 32.06%.
- 6- La longitud de panoja no se afectó por la deficiencia hídrica.
- 7- La deficiencia hídrica redujo el número de glomérulos por planta en todos los genotipos evaluados. Los genotipos AMARILLA MARANGANI y LINEA fueron los más afectados reduciendo la formación de glomérulos en 6.96 y 4.46 unidades.

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar investigando sobre el comportamiento de la quinua en condiciones de déficit hídrico, pero con mayor número de material genético, para detectar materiales que se adapte a tales condiciones, considerando que nuestra zona tiene limitaciones de recurso hídrico.
2. promover, a través de trabajos de investigación la siembra de este cereal de alto valor nutritivo, en la costa norte, uno, como alternativa al cultivo de arroz y otro para incentivar su consumo en la población, por sus buenas propiedades alimenticias.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Agraria.pe. (Mayo de 2020). *Producción nacional de granos andinos creció 4.5% en el 2019*. Obtenido de Agencia Agraria de Noticias: [https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-granos-andinos-crecio-4-5-en-el-2019-21452#:~:text=\(Agraria.pe\)%20En%20el,toneladas%20producidas%20el%20a%C3%B1o%20previo](https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-granos-andinos-crecio-4-5-en-el-2019-21452#:~:text=(Agraria.pe)%20En%20el,toneladas%20producidas%20el%20a%C3%B1o%20previo)
2. Allende Ciballero, M. J. (2017). “Caracterización morfológica y molecular de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* willd) para estimar la variabilidad genética. Tesis de Maestría en Mejoramiento Genético. Universidad Nacional Agraria La Molina: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/unalm/2935/f30-a44-t.pdf?sequence=1&isallowed=y>
3. Apaza, V.; Cáceres, G; Estrada, R.; Pinedo, R. (Noviembre de 2013). *CATÁLOGO DE VARIEDADES COMERCIALES DE QUINUA EN EL PERU*. Obtenido de FAO - INIA: <http://www.fao.org/3/a-as890s.pdf>
4. Burin, D. Y (2016). Rendimiento de cuatro variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo tres láminas de riego por goteo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agronomo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1999/F06-B8-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. CALLA, J. (2012). *Manual técnico "Manejo del Cultivo de Quinua"*. Obtenido de AGROBANCO: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-c-quinua.pdf>
6. FAO. (2020). *Biodiversidad de la Quinua*. Obtenido de Plataforma de información de la Quinua - Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/in-action/quinoa->

7. FAO. (Julio de 2011). *LA QUINUA: CULTIVO MILENARIO PARA CONTRIBUIR A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA MUNDIAL*. Obtenido de Oficina Regional para America Latina y el Caribe: <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
Florido, B.M. y Bao, F.L. (julio-septiembre de 2014). Revision bibliografica, tolerancia a estrés por déficit hídrico en tomate. Obtenido de Cultivos Tropicales, 2014, vol. 35, no. 3, pp. 70-88 : <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232155008.pdf>
8. Garrido, M. (2013). Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo. Obtenido de Idesia vol.31 no.2 Arica jun. 2013: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292013000200010
9. GFS. (Agosto de 2013). *Importancia de la Quinoa en nuestro Perú*. Obtenido de Global Food Safety.: <http://www.gfs.com.pe/noticias/importancia-quinoa.html>.
10. Grupoinesta. (s/f). *¿Qué es el estrés hídrico?* Obtenido de <https://www.grupoinesta.com/que-es-el-estres-hidrico/>
11. INFORMACIÓN DE AVANCE PROYECTO (s/f) <https://www.ciren.cl/wp-content/uploads/2017/12/Qu%C3%ADnoa.pdf>
12. Mamani Yujra, R.S. 2007. Partición de biomasa y evapotranspiración del cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), sometidas a estrés hídrico en diferentes etapas de crecimiento. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andres, La Paz – Bolivia. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers18-02/010043268.pdf

13. MINAGRI. (Diciembre de 2017). *Análisis Económico de la Producción Nacional de Quinua*. Obtenido de Dirección General de Políticas Agrarias: http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/quinua_dic17.pdf
14. MINAGRI. (2015). *Quinua Peruana, situación actual y perspectivas en el mercado Nacional e Internacional al 2015*. Obtenido de DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS AGRARIAS, Estudio Técnico N°1-2015: <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/QUINUA%20AL%202015A.pdf>
15. Moreno, L. P. (02 de Julio de 2009). *Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión*. Obtenido de Agronomía Colombiana 27(2), 179-191, 2009: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n2/v27n2a06.pdf>
16. Mujica, A. (2015). El Origen de la Quinoa y la Historia y su Domesticación. En: Tierra Adentro, Edición Especial. Quinoa: Un superalimento para Chile y el mundo mundo. Noviembre – Diciembre 2015. INIA – Chile. https://issuu.com/tierraadentro_iniachile/docs/tierra_adentro_quinoa, https://agritrop.cirad.fr/578608/1/Bazile-2015_TAD_Dinamica%20Expansion%20Mundial%20Quinoa.pdf
17. Mujica, A & Jacobsen, S. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. En: Botánica Económica de los Andes Centrales Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 449-457. <https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2027.pdf>
18. Pérez, M.E. 2017. Comportamiento de 09 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* L.) bajo condiciones de secano, en el Centro Poblado de Yatun, Cutervo, Región Cajamarca. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agronomo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

19. Revista Agroexportaciones y medio ambiente. (27 de Junio de 2020). *Ayacucho: Exportación de quinua creció en 47% durante el 2020*. Obtenido de <https://myperuglobal.com/ayacucho-exportacion-de-quinua-crecio-en-47-durante-el-2020/>
20. Vía y Rada Fernández, R.N. 2015. Determinación de la Diversidad Genética de 172 Acciones de la Colección Nacional de *Chenopodium Quinoa* Willd. “Quinoa” Mediante Marcadores Microsatélites. Tesis Para Optar el Título Profesional De: Licenciada en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú
21. TRAXCO. (23 de Noviembre de 2016). *Cultivo de Quinoa*. Obtenido de Producción Agrícola: <https://www.traxco.es/blog/produccion-agricola/cultivo-de-quinoa>

VIII. ANEXO

ANALISIS DE VARIANCIA COMBINADO (R0 + R1)

Rendimiento de Grano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	42366870.05	11	3851533.64	10.13	0.0002
NIVEL	20627585.63	1	20627585.63	54.27	<0.0001
NIVEL>REPETICIÓN	3374126.60	4	843531.65	2.22	0.1281
VARIEDAD	16391489.79	3	5463829.93	14.38	0.0003
NIVEL*VARIEDAD	1973668.03	3	657889.34	1.73	0.2138
Error	4561052.94	12	380087.74		
Total	46927922.99	23			
C.V. (%)	15.29				

Madurez de fisiológica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	652.63	11	59.33	13.43	<0.0001
NIVEL	273.38	1	273.38	61.90	<0.0001
NIVEL>REPETICIÓN	35.00	4	8.75	1.98	0.1616
VARIEDAD	292.79	3	97.60	22.10	<0.0001
NIVEL*VARIEDAD	51.46	3	17.15	3.88	0.0376
Error	53.00	12	4.42		
Total	705.63	23			
C.V. (%)	1.99				

Altura de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9455.60	11	859.60	27.59	<0.0001
NIVEL	158.26	1	158.26	5.08	0.0437
NIVEL>REPETICIÓN	463.45	4	115.86	3.72	0.0342
VARIEDAD	8765.31	3	2921.77	93.79	<0.0001
NIVEL*VARIEDAD	68.57	3	22.86	0.73	0.5517
Error	373.84	12	31.15		
Total	9829.44	23			
C.V. (%)	4.34				

Peso de grano por planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5984.80	11	544.07	4.11	0.0111
NIVEL	1238.33	1	1238.33	9.36	0.0099
NIVEL>REPETICIÓN	1376.11	4	344.03	2.60	0.0896
VARIEDAD	3143.66	3	1047.89	7.92	0.0035
NIVEL*VARIEDAD	226.70	3	75.57	0.57	0.6448
Error	1588.36	12	132.36		
Total	7573.16	23			
DMS	23.72				

Longitud de panoja

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	371.18	11	33.74	3.20	0.0286
NIVEL	0.80	1	0.80	0.08	0.7880
NIVEL>REPETICIÓN	55.34	4	13.83	1.31	0.3205
VARIEDAD	261.03	3	87.01	8.25	0.0030
NIVEL*VARIEDAD	54.01	3	18.00	1.71	0.2185
Error	126.56	12	10.55		
Total	497.73	23			
C.V. (%)	8.20				

Número de glomerulos por planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2260.63	11	205.51	13.79	<0.0001
NIVEL	73.50	1	73.50	4.93	0.0464
NIVEL>REPETICIÓN	115.99	4	29.00	1.95	0.1674
VARIEDAD	2036.31	3	678.77	45.54	<0.0001
NIVEL*VARIEDAD	34.83	3	11.61	0.78	0.5281
Error	178.86	12	14.91		
Total	2439.49	23			
C.V. (%)	13.95				

Diametro de tallo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	171.25	11	15.57	7.10	0.0010
NIVEL	5.39	1	5.39	2.46	0.1427
NIVEL>REPETICIÓN	18.49	4	4.62	2.11	0.1424
VARIEDAD	142.51	3	47.50	21.68	<0.0001
NIVEL*VARIEDAD	4.85	3	1.62	0.74	0.5495
Error	26.30	12	2.19		
Total	197.55	23			
C.V. (%)	13.94				

Peso de 1000 granos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.27	11	0.39	3.77	0.0155
NIVEL	2.34	1	2.34	22.80	0.0005
NIVEL>REPETICIÓN	1.23	4	0.31	3.00	0.0625
VARIEDAD	0.60	3	0.20	1.95	0.1755
NIVEL*VARIEDAD	0.09	3	0.03	0.29	0.8352
Error	1.23	12	0.10		
Total	5.50	23			
C.V. (%)	6.76				

ANALISIS DE VARIANCIA - RIEGO

Rendimiento de grano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10090262.36	5	2018052.47	3.13	0.0985
REPETICIÓN	482639.86	2	241319.93	0.37	0.7025
VARIEDAD	9607622.50	3	3202540.83	4.97	0.0457
Error	3864584.03	6	644097.34		
Total	13954846.39	11			
C.V. (%)	16.19				

Días a la madurez fisiologica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	237.50	5	47.50	43.85	0.0001
REPETICIÓN	19.50	2	9.75	9.00	0.0156
VARIEDAD	218.00	3	72.67	67.08	0.0001
Error	6.50	6	1.08		
Total	244.00	11			
C.V. (%)	0.95				

Altura de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4379.96	5	875.99	30.84	0.0003
REPETICIÓN	80.28	2	40.14	1.41	0.3141
VARIEDAD	4299.68	3	1433.23	50.46	0.0001
Error	170.42	6	28.40		
Total	4550.38	11			
C.V. (%)	4.06				

Peso de granos por planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2532.01	5	506.40	8.44	0.0109
REPETICIÓN	123.24	2	61.62	1.03	0.4136
VARIEDAD	2408.77	3	802.92	13.38	0.0046
Error	360.19	6	60.03		
Total	2892.20	11			
C.V. (%)	13.91				

Longitud de panoja

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	286.33	5	57.27	4.70	0.0431
REPETICIÓN	21.72	2	10.86	0.89	0.4583
VARIEDAD	264.61	3	88.20	7.24	0.0203
Error	73.12	6	12.19		
Total	359.45	11			
C.V. (%)	8.77				

Número de glomérulos por planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1281.08	5	256.22	20.36	0.0011
REPETICIÓN	53.21	2	26.60	2.11	0.2019
VARIEDAD	1227.88	3	409.29	32.52	0.0004
Error	75.52	6	12.59		
Total	1356.60	11			
C.V. (%)	12.06				

Diámetro de tallo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	56.72	5	11.34	32.63	0.0003
REPETICIÓN	3.71	2	1.85	5.33	0.0467
VARIEDAD	53.02	3	17.67	50.83	0.0001
Error	2.09	6	0.35		
Total	58.81	11			
C.V. (%)	5.81				

Peso de 1000 granos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.13	5	0.03	0.83	0.5740
REPETICIÓN	0.01	2	0.01	0.18	0.8400
VARIEDAD	0.12	3	0.04	1.26	0.3701
Error	0.20	6	0.03		
Total	0.33	11			
C.V. (%)	3.56				

ANALISIS DE VARIANCIA - SEQUIA

Rendimiento de grano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11649022.06	5	2329804.41	20.07	0.0011
REPETICIÓN	2891486.74	2	1445743.37	12.45	0.0073
VARIEDAD	8757535.32	3	2919178.44	25.15	0.0009
Error	696468.91	6	116078.15		
Total	12345490.97	11			
C.V. (%)	10.98				

Días a la madurez fisiológica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	141.75	5	28.35	3.66	0.0728
REPETICIÓN	15.50	2	7.75	1.00	0.4219
VARIEDAD	126.25	3	42.08	5.43	0.0381
Error	46.50	6	7.75		
Total	188.25	11			

Altura de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4917.38	5	983.48	29.01	0.0004
REPETICIÓN	383.17	2	191.59	5.65	0.0417
VARIEDAD	4534.20	3	1511.40	44.58	0.0002
Error	203.42	6	33.90		
Total	5120.80	11			
C.V. (%)	4.61				

Peso de grano por planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2214.46	5	442.89	2.16	0.1874
REPETICIÓN	1252.87	2	626.43	3.06	0.1213
VARIEDAD	961.59	3	320.53	1.57	0.2925
Error	1228.17	6	204.69		
Total	3442.63	11			
C.V. (%)	34.62				

Longitud de panoja

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	84.05	5	16.81	1.89	0.2307
REPETICIÓN	33.62	2	16.81	1.89	0.2313
VARIEDAD	50.43	3	16.81	1.89	0.2327
Error	53.43	6	8.91		
Total	137.48	11			
C.V. (%)	7.57				

Número de glomérulos por planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	906.04	5	181.21	10.52	0.0062
REPETICIÓN	62.78	2	31.39	1.82	0.2407
VARIEDAD	843.26	3	281.09	16.32	0.0027
Error	103.34	6	17.22		
Total	1009.39	11			
C.V. (%)	16.01				

Diametro de tallo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	109.14	5	21.83	5.41	0.0316
REPETICIÓN	14.79	2	7.39	1.83	0.2392
VARIEDAD	94.35	3	31.45	7.79	0.0171
Error	24.21	6	4.04		
Total	133.35	11			
C.V. (%)	18.11				

Peso de 1000 granos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.79	5	0.36	2.07	0.2013
REPETICIÓN	1.22	2	0.61	3.53	0.0970
VARIEDAD	0.57	3	0.19	1.09	0.4220
Error	1.04	6	0.17		
Total	2.83	11			
C.V. (%)	9.38				

PANEL FOTOGRAFICO

TESIS: "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE CUATRO GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)) EN CONDICIONES DE DEFICIT HIDRICO, FUNDO LA PEÑA PARTE BAJA DEL VALLE CHANCAY, REGIÓN LAMBAYEQUE."

BACH. MARGARITA MEJÍA VÁSQUEZ





Foto 001.- Patrocinador de Tesis en Área Experimental

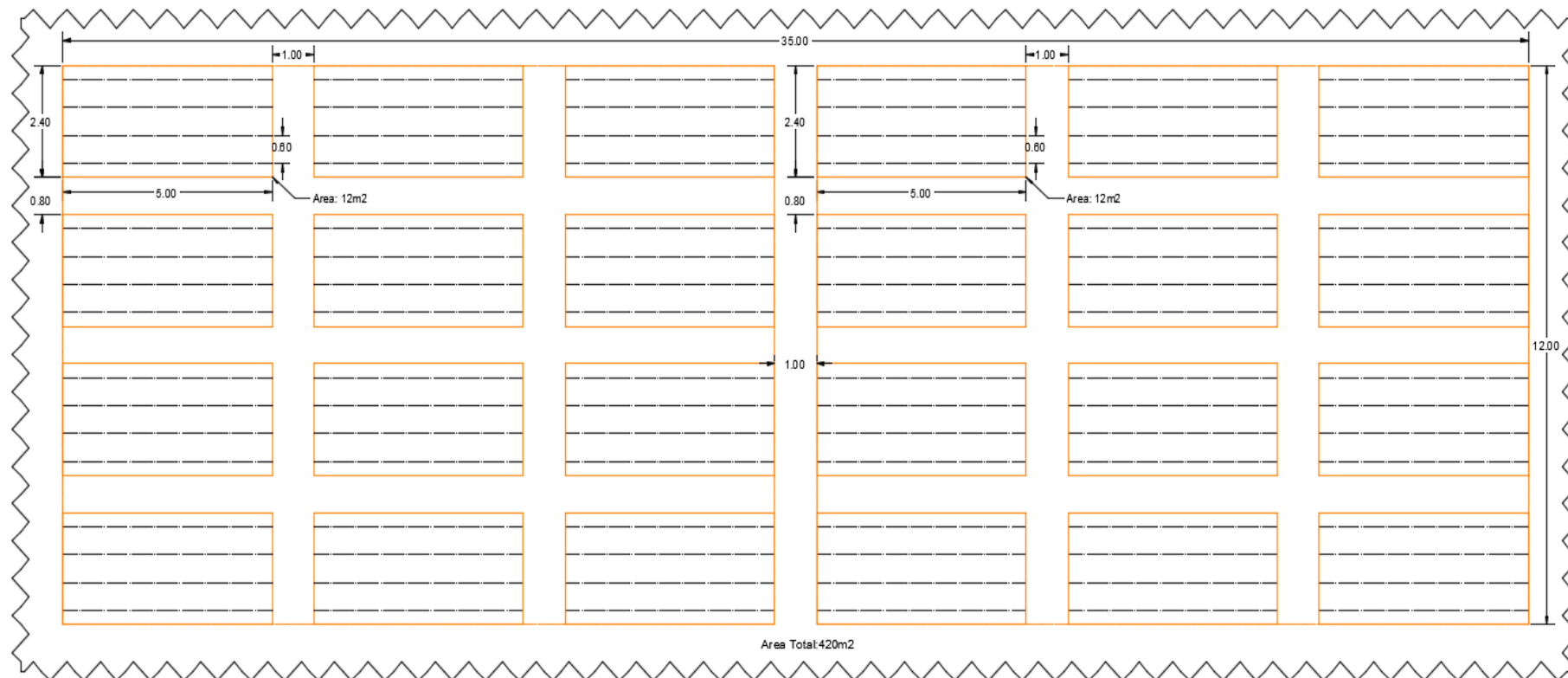


Foto 002.- Área Experimental



Foto 003.- Siembra de Quinua



Foto 004.- Riego para germinación de Quinua



Foto 005.- Quinoa después del Riego y con 4 días de sembrado



Foto 006.- Deshierbo de Quinoa con palana



Foto 007.- Aporque de Quinua con palana



Foto 008.- genotipo amarilla Marangani.



Foto 009.- genotipo Compuesta.



Foto 010.- genotipo Línea.



Foto 011.- genotipo Roja Pasankalla