

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“COMPORTAMIENTO DE ONCE VARIEDADES COMERCIALES
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) EN CONDICIONES DE
COSTA CENTRAL - LA MOLINA”**

Presentado por:

MARÍA CLAUDIA ADA CARBAJAL CÁCEDA

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“COMPORTAMIENTO DE ONCE VARIEDADES COMERCIALES
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) EN CONDICIONES DE
COSTA CENTRAL - LA MOLINA”**

Presentado por:

MARÍA CLAUDIA ADA CARBAJAL CÁCEDA

Tesis para optar por el Título de
INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada por el siguiente jurado:

.....
Ing. M.S. Andrés Casas Díaz
PRESIDENTE

.....
Dra. Luz Gómez pando
ASESORA

.....
Ing. Mg. Sc. Guillermo Rodríguez Soto
MIEMBRO

.....
Dr. Jorge Jiménez Dávalos
MIEMBRO

Lima – Perú
2019

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso,
Porque nada tendría sentido ni sería posible sin Él;

A Walter y Roxana, mis padres,
Por su apoyo a lo largo de mi carrera;

A mi segunda madre, mi abuelita Edna,
Porque es la persona que más sentido le da a mi vida;

A mis hermanos Jaime Alberto y Camila,
Para que esto les sirva de ejemplo y se atrevan y no desfallezcan al perseguir sus metas

Al amor de mi vida Rolando Carbonell Navarrete,
Porque juntos estamos logrando nuestros objetivos .

A Hildita,
Porque me cuidaste desde que nací y ahora podemos compartir mis logros.

INDICE

I. INTRODUCCION	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 ORIGEN DE LA QUINUA	3
2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	4
2.3 BOTÁNICA Y DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	4
2.4 FENOLOGÍA.....	6
2.4.1 Emergencia.....	6
2.4.2 Hojas cotiledonales	6
2.4.3 Dos hojas verdaderas.....	6
2.4.4 Cuatro hojas verdaderas	7
2.4.5 Seis hojas verdaderas	7
2.4.6 Ramificación	7
2.4.7 Inicio de panojamiento	8
2.4.8 Panojamiento.....	8
2.4.9 Inicio de floración	8
2.4.10 Plena floración	8
2.4.11 Grano lechoso.....	9
2.4.12 Grano pastoso.....	9
2.4.13 Madurez fisiológica.....	9
2.5 ADAPTACIÓN.....	10
2.6 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ECOLÓGICA	11
2.7 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO	13
2.7.1 Condiciones agroclimáticas para el cultivo.....	13
2.7.2 Fertilización.....	13
2.7.3 Densidad.....	14
2.7.4 Siembra	14
2.7.5 Raleo y Desahíje	14
2.7.6 Deshierbos.....	15
2.7.7 Rotación de cultivos	15
2.7.8 Control de Plagas y Enfermedades.....	16
2.7.9 Cosecha	17
2.8 UNIDADES DE CALOR EN QUINUA	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 MATERIALES	19

3.1.1 Ubicación de la zona experimental	19
3.1.2 Características climáticas de la zona.....	19
3.1.3 Materiales y equipos utilizados en el estudio.....	21
3.2 MÉTODOS	26
3.2.1 Manejo del cultivo.....	26
3.2.2 Cronograma de actividades	28
3.2.3 Diseño experimental.....	29
3.3 EVALUACIONES.....	31
3.3.1 Caracteres agronómicos	31
3.3.2 Variables Morfológicas.....	33
3.3.3 Caracteres de Calidad.....	37
3.3.4 Fenología del Cultivo.....	40
3.3.5 Determinación de las unidades de calor.....	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	42
4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1	42
4.1.1 Caracteres Agronómicos	43
4.1.2. Caracteres de calidad.....	44
4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2	48
4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3	52
4.3.1. Determinación de la duración de las fases fenológicas.....	52
4.3.2. Determinación de las unidades de calor (°D) requeridas para las Fase Fenológicas	63
V. CONCLUSIONES	69
VI. RECOMENDACIONES.....	71
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
VIII. ANEXOS.....	79

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Condiciones óptimas para el desarrollo de la quinua.....	13
Cuadro 2. Heliofonía, temperatura y humedad relativa en La Molina - Enero a Diciembre 2013 y de Enero a Junio 2014.....	20
Cuadro 3: Cronograma de labores agrícolas realizadas en la fase de campo.....	28
Cuadro 4: Croquis de la distribución de los tratamientos evaluados en el campo.....	30
Cuadro 5: Estados fenológicos de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	40
Cuadro N° 6: Cuadrados Medios de rendimiento de grano, contenido de proteína del grano y peso de mil granos de 11 variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de La Molina.....	42
Cuadro 7: Valores medios y Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del rendimiento (kg/ha) de 11 variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de costa central. La Molina, Junio 2013- Enero 2014.....	44
Cuadro 8: Valores medios y Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del porcentaje de proteínas de las once variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de costa central. La Molina Junio 2013- Enero 2014.....	45
Cuadro 9: Valores medios y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del porcentaje de saponina por cada una de las once variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de costa central. La Molina Junio 2013- Enero 2014.....	46
Cuadro 10: Valores medio y Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del peso de 1000 granos de 11 variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en condiciones de la costa central. La Molina, Junio 2013- Enero 2014.....	47

Cuadro 11. Porcentaje de severidad de mildiú (<i>Perenospora variabilis</i>) en variedades comerciales de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), en cinco diferentes estados de desarrollo fenológico en condiciones de la costa central. La Molina, Junio 2013- Enero 2014.....	49
Cuadro 12. Cuadrados Medios de días de crecimiento vegetativo, días de botón floral, días de piramidación, días a la floración, días a la antesis, días al estado de grano acuoso, días al estado de grano lechoso de once variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) a condiciones de costa central La Molina. Junio 2013- Enero 2014.....	55
Cuadro N 13. Valores medios y prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) de la duración promedio de días de las diferentes etapas de desarrollo fenológico de las once variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) a condiciones de costa central La Molina. Junio 2013- Enero 2014.....	56
Cuadro 14. Análisis de varianza de las unidades de calor ($^{\circ}\text{D}=\text{Grados Día}$) de las diferentes etapas de desarrollo fenológico de las once variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) a condiciones de costa central La Molina. Junio 2013- Enero 2014.....	67
Cuadro 15. Unidades de calor (grados día) y Tuckey de las diferentes etapas de desarrollo fenológico de las once variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) a condiciones de costa central La Molina.	68

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Fluctuación de la temperatura promedio mensual durante la campaña Junio 2013 – Nov 2013.....	21
Figura 2: Fluctuación de las temperaturas máxima y mínima mensual durante la campaña junio 2013 – enero 2014. La Molina.....	21
Figura 3: Quinuas Cosechadas.....	28
Figura 4: Tabla referencial de evaluación del mildiú de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) por porcentajes según el protocolo 10 de Teresa Ames y Danielsen Solveig.....	32
Figura 5: Quinoa Amarilla Sacacca en estado de maduración.....	33
Figura 6: Quinoa Pasankalla en estado de maduración.....	34
Figura 7: Negra Ccollana.....	34
Figura 8: Quillahuaman.....	35
Figura 9: Blanca de Juli.....	35
Figura 10: Hualhuas.....	36
Figura 11: Quinoa Amarilla Marangani en estado grano acuoso.....	36
Figura 12: Quinoa Altiplano en estado grano pastoso.....	37
Figura 13: Tamiz 10, 12, 14, Fondo.....	37
Figura 14: Espectrofotómetro Infratec.....	38
Figura 15: Afrosímetro.....	39
Figura 16: Evaluación de saponina.....	39
Figura 17: Evolución del porcentaje de severidad de mildiú (<i>Perenospora variabilis</i>) en variedades comerciales de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>), en cinco diferentes estados de desarrollo fenológico en condiciones de la costa central. La Molina, Junio 2013- Enero 2014.....	50
Figura 18: Incidencia al 10%.	51
Figura 19: Incidencia al 20%.....	51
Figura 20: Quinoa de Amarilla Maranganí, incidencia al 40%.....	51
Figura 21: Crecimiento Vegetativo.....	60
Figura 22: Desarrollo de la Inflorescencia.	60
Figura 23: Floración.	61

Figura 24: Antesis.	61
Figura 25: Grano Lechoso.	62
Figura 26: Maduración.	62
Figura 27: Maduración.	63

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), ha adquirido importancia no solo a nivel nacional sino internacional, debido, a su valor proteico. Su demanda determinó buenos precios a nivel de agricultor y estimulo la siembra en nuevas áreas de cultivo como la costa peruana. La presente investigación tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de genotipos de quinua en condiciones de costa central, y determinar las unidades de calor acumuladas para el crecimiento y desarrollo de las diferentes variedades evaluadas bajo condiciones de costa central. Esta investigación se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Innovación Agraria Sede La Molina, en la segunda campaña, de julio a diciembre 2013, en colaboración con el Programa de Investigación y Proyección de Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se utilizó el método DBCA, con cuatro repeticiones y once variedades de quinua Los caracteres evaluados fueron: rendimiento, mildiu, porcentaje de proteína y saponina, peso de mil granos, las fases fenológicas (días) y las unidades de calor (grados día) requeridas para alcanzar cada fase de desarrollo.

Las variedades que alcanzaron los mayores rendimientos fueron: Altiplano (5 t/ha), Quillahuaman (3.6 t/ha), Amarilla Sacacca (3.1 t/ha), Amarilla de Marangani (3 t/ha). En calidad destaca la Negra Ccollana por su buen contenido de proteína con 18.76 por ciento de proteína y la mayoría de las variedades evaluadas son dulces a excepción de las variedades Amarilla de Marangani, Amarilla Sacacca, Huancayo y Blanca de Juli que pertenecen al grupo de quinuas amargas. Las variedades provenientes del altiplano peruano fueron más susceptibles al mildiu (*Perenospora vaiabilis*) en las primeras etapas fenológicas y las provenientes del valle, tuvieron mayor incidencia en etapas finales,. La enfermedad varió de 1% a 70%

Las fases fenológicas de las once variedades de quinua tuvieron los siguientes rangos de duración en la campaña 2013-14: germinación de 7 a 10 días, crecimiento vegetativo de 17 a 25 días, piramidación floral de 45 a 50 días, floración de 80 a 84 días, antesis de 90 a 99 días, grano acuoso de 95 a 111 días, grano lechoso de 100 a 124 días, grano pastoso de 102.8 a 128 días, maduración de 130 a 150 días. El tiempo térmico expresado en grados dias acumulados en las diferentes fases fenológicas de las 11 variedades de quinua en la campaña 2013-2014 fueron: germinación: 69.05 °D crecimiento vegetativo (227.57 °D), piramidación floral (344.73 °D), floración (105.899 °D), antesis (78.97 °D), grano acuoso (96.22 °D), grano lechoso (97.14 °D), grano pastoso (242.86 °D), maduración (193.729 °D).

I. INTRODUCCION

La quinua también llamada “El tesoro de los Incas”, después de la conquista española, fue por muchos años relegada por nuestra sociedad y poco a poco quedando en el olvido, sin embargo en la década de los 80 se inició un proceso de revaloración de los cultivos nativos del Perú; culminando para el caso de la quinua en el año 2013, donde se celebró el “Año Internacional de la Quinua” y en el Perú; también, fue el año de la “Inversión Para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria”. Debido a las nuevas tendencias en salud a nivel mundial, la quinua es una nueva alternativa con un alto nivel promocional y haciendo que los investigadores centren sus miradas en este cultivo pudiendo así realizarse muchas más investigaciones que darán resultados que permitirán cultivarlo, industrializarlo y emplearlo en forma más adecuada para el bien de la humanidad.

La quinua es un alimento altamente nutritivo, que se cultiva desde hace varios miles de años en América del Sur, con una calidad proteica excepcional y un contenido de aceites, vitaminas y minerales de importancia. Otros aspectos positivos de quinua son las fibras dietéticas identificadas y la ausencia de gluten.

La quinua; en estos últimos cinco años, es uno de los principales cultivos en la Región Andina de Perú y Bolivia, incrementado, adicionalmente, su importancia en los Estados Unidos, Europa y Asia. La quinua ha sido seleccionada por la FAO como uno de los cultivos destinados a ofrecer la seguridad alimentaria en el próximo siglo. En los países de África y Asia es un alimento altamente nutritivo para zonas con climas áridos.

Los principales usos de la quinua son como granos perlados, como hojuelas, harinas y bebidas. Una de las limitantes en su industrialización es la presencia de saponinas que confieren un sabor amargo al fruto, pero que puede ser eliminado muy fácilmente con un buen lavado con agua. Existe posibilidad de emplear las saponinas como un jabón orgánico, repelente para insectos y otros usos.

En la actualidad, de todas las variedades existentes, 20 son las más empleadas y han sido obtenidas a través de selección masal y cruza entre diferentes genotipos. Estas variedades tienen mejores potenciales de rendimientos, menor altura, mayor precocidad entre otras

cualidades agronómicas; fueron desarrolladas para el Altiplano y los valles interandino. Actualmente debido a la expansión del cultivo se requiere conocer el potencial de las variedades en condiciones de la costa, considerada como una nueva región para este cultivo que tradicionalmente se sembró en la Región Andina del Perú.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Contribuir al desarrollo sostenible del cultivo de quinua en la Costa Peruana.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.- Identificar en forma preliminar variedades con potencial de producción y calidad en condiciones de la costa central.
- 2.- Identificar los factores limitantes de origen biótico y abiótico de la Campaña Agrícola
- 3.- Determinar la duración de las fases fenológicas y las unidades de calor o unidades térmicas acumuladas para el crecimiento y desarrollo de los diferentes genotipos de quinua evaluados bajo condiciones de costa central.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN DE LA QUINUA

El género *Chenopodium* incluye formas silvestres, invasivas y domesticadas cosmopolitas.

La quinua fue domesticada en la cuenca del lago Titicaca. (FAO *et. al.*, 2012)

Los restos más antiguos de granos de quinua corresponden a un descubrimiento en Ayacucho de 6500 años de antigüedad (4500 a.C.) pero este hallazgo no está debidamente comprobado.

Las más antiguas y fiables pertenecen al noreste de Argentina con 2000 años de antigüedad. (Silva, 2000)

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen, según Buskasov se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú (Cárdenas, 1999). Esto fue corroborado por Gandarillas (1979b), quien indica que su área de dispersión geográfica es bastante amplia, no sólo por su importancia social y económica, sino porque allí se encuentra la mayor diversidad de ecotipos tanto cultivados técnicamente como en estado silvestre. (FAO *et. al.*, 2012)

Heisser y Nelson (1974) indican hallazgos arqueológicos en Perú y Argentina alrededor del inicio de la era cristiana, mientras que Bollaerd y Latcham, citados por Cárdenas (1999), también hallaron semillas de quinua en las tumbas indígenas de Tarapacá, Calama, Tiltel y Quillagua, demostrando este hecho que su cultivo es de tiempo muy remoto. Según Jacobsen y Risi (2001) la quinua es uno de los cultivos más antiguos de la región Andina, con aproximadamente 7000 años de cultivo, en cuya domesticación y conservación han participado grandes culturas como la Tiahuanacota y la Incaica. (FAO *et. al.*, 2012)

Risi (1986) señala que la crisis económica de los países andinos, en la década de los 80, estableció modelos de desarrollo económico diferentes a los tradicionales, que contemplaron el desarrollo de sistemas de exportación no tradicionales, teniendo en cuenta la apertura de nuevos mercados en los países de Europa y en los Estados Unidos, sobre todo de productos alimenticios como la quinua. El bienestar alcanzado por los países desarrollados ha hecho que su mercado de consumo de alimentos se expandiera hacia la búsqueda de alimentos nuevos, muchas veces ligados a cultivos ancestrales. Esta situación ha hecho que la quinua pasara de un cultivo de auto subsistencia a un producto con potencial de exportación. (FAO *et. al.*, 2012)

2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Caryophyllales
- Familia: Amaranthaceae
- Subfamilia: Chenopodioideae
- Género: *Chenopodium*
- Especie: *Chenopodium quinoa* Willdenow (APG, 2009)

2.3 BOTÁNICA Y DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La quinua es una especie anual, herbácea arbustiva de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias. La raíz es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo empieza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes, la raíz sirve de sostén a la planta, permitiendo mantener el peso de la panoja, se vuelven leñosas. (Mujica, et. al., 1997)

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3m de longitud, su grosor disminuye de la base al ápice, presenta diferentes coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentra el cultivo. (Mujica, et. al., 1997)

Las hojas son pecioladas, polimórficas en la misma planta. Las formas son romboidales, triangulares y lanceoladas. Presentan diferentes números de dientes y con colores que van de verde amarillo al verde oscuro, rojo verdoso y púrpura verdoso., las hojas tiernas hasta la fase de ramificación se consumen como hortaliza de hoja (Tapia 1997).

Según Gandarillas (1967) 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, 1967).

Las plantas por el tipo de polinización son predominantemente autógamas, variando el porcentaje de polinización cruzada con los cultivares. (Mujica, et. al., 1997)

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 (Mujica, et. al., 2001). El porcentaje de cada tipo de flor varía según los genotipos, habiendo casos en los que presentan solo flores pistiladas. 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 y la dehiscencia del polen ocurre desde el amanecer hasta el anochecer. Generalmente se encuentra 50 glomérulos en una inflorescencia y cada glomérulo está conformado por 18 a 20 granos aproximadamente. Las flores son pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro como en todas las quenopodiáceas, son flores incompletas porque carecen de pétalos. En los glomérulos la floración se inicia en la parte apical y sigue hasta la base. En cada parte del glomérulo se abren primero las flores hermafroditas y después las femeninas. Cada flor está abierta de 5 a 13 días. A partir de la apertura de la primera flor, las demás flores se abren dentro de 15 días. Así la fase total de floración de una panoja se demora 3 a 4 semanas. La máxima intensidad de la floración en días de sol se presenta entre las 10.00 a.m. hasta 14.00 p.m., cuando 25 % a 40 % de flores están abiertas y cuando hay una fuerte radiación solar. Una floración de mínima intensidad se da en horas de lluvia. El pistilo es receptivo durante 2 horas (León, 2003)

El fruto es una aquenio cubierto por el perigonio, del que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco (Gandarillas, 1967). El aquenio deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla (Mujica, 1988).

El color del fruto está asociado con el color del perigonio y de la planta, donde resulta que puede ser verde, púrpura o rojo. En estado maduro el perigonio tiene forma estrellada, por la quilla que presentan los cinco sépalos. La semilla está envuelta por el episperma en forma de una membrana delgada. El embrión está formado por los cotiledones y la radícula, y

constituye la mayor parte de la semilla que envuelve al perisperma como un anillo (Gandarillas, 1967).

2.4 FENOLOGÍA

El seguimiento del estado fenológico de los cultivos es una tarea muy importante para el agricultor, no solo porque sirve de base para la programación de las futuras labores culturales, tales como el riego, aplicación de insecticidas, aporques, etc., sino también porque permite evaluar el crecimiento y sobre todo tener una idea sobre los posibles rendimientos de sus cultivos. Pues, el estado del cultivo es el mejor indicador del resultado de las interacciones de los diferentes factores de producción, entre los cuales destacan las condiciones ambientales ocurridas desde el inicio del cultivo. Según Mujica (2006) y otros investigadores que se mencionan estas serían las fases fenológicas:

2.4.1 Emergencia

Estado en el cual se da la emergencia de los cotiledones, se pueden observar pequeñas plántulas cerca al ras del suelo. En esta fase es común el ataque de aves debido a la exposición de la semilla y la succulencia del talluelo. La emergencia dura entre 5 a 6 días después de la siembra y primer riego.

2.4.2 Hojas cotiledonales

Aparecen luego de la emergencia, éstas son angostas y lanceoladas en sentido opuesto. Algunas variedades ya presentan alguna pigmentación característica, mayormente entre roja y púrpura. En esta fase las plántulas aún siguen siendo propensas al ataque de aves debido a la succulencia de sus hojas. Duración aproximada entre 7 a 10 días después de la siembra.

2.4.3 Dos hojas verdaderas

Aparecen luego de las dos hojas cotiledonales, estando aún presente éstas. Tienen forma romboidal, con nervaduras claramente distinguibles y se encuentran en botón foliar el siguiente par de hojas, ocurre entre los 15-20 días luego de la siembra. Etapa propensa al ataque de gusanos cortadores de plantas tiernas (*Copitarsia*, *Feltia*) “Ticuchis”

Contienen además gránulos en su superficie dándoles la apariencia de estar cubiertas de arenilla- Estos gránulos contienen 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).

2.4.4 Cuatro hojas verdaderas

Aparecen luego de la completa extensión de las dos hojas verdaderas, pudiéndose apreciar los botones foliares de las siguientes hojas del ápice de la plántula el inicio de formación de botón en las axilas del primer par de hojas; ocurre de los 25-30 días después de la siembra, en esta fase la planta tiene buena resistencia a la sequía y al frío, debido a que tiene un buen desarrollo radicular y muestra movimientos násticos nocturnos cuando hace frío. Debido a la presencia de hojas tiernas, se inicia el ataque de insectos masticadores de hojas (Epitrix y Diabrotica).

2.4.5 Seis hojas verdaderas

Aquí se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, amarillentas y flácidas y ya no se observan las hojas cotiledonales debido a que se caen. En esta etapa es evidente la presencia de hojas axilares, la cual inicia en la base de la planta y se dirige hacia el ápice de la misma, esta fase ocurre los 35-45 días después de la siembra, en el cual se nota con mayor claridad la protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando se presentan bajas temperaturas, sequía y sobre todo al anochecer.

2.4.6 Ramificación

Se nota 8 hojas verdaderas extendidas y las hojas axilares extendidas hasta la tercera fila de hojas en el tallo, también se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días después de la siembra.

En esta fase se efectúa el aporque para las quinuas de valle, así mismo es la etapa de mayor resistencia al frío y se nota con mucha nitidez la presencia de oxalato de calcio en las hojas dando una apariencia cristalina e incluso de colores que caracterizan a los distintos

genotipos; debido a la gran cantidad de hojas, es en esta etapa en la que las hojas son utilizadas como verduras.

2.4.7 Inicio de panojamiento

La inflorescencia va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas con bastantes cristales de oxalato de calcio, los cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes. Esta fase ocurre entre los 55 a 60 días después de la siembra, así mismo se puede ver amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que dejaron de ser fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo así como engrosamiento. Es en esta fase en que se da el primer ataque de *Eurysacca melanocampta* “Kona - Kona”.

2.4.8 Panojamiento

La inflorescencia sale con mucha nitidez por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos de la base de la panoja, esta fase ocurre de los 65 a 70 días después de la siembra. Se puede consumir la panoja tierna como verdura. Cárdenas (1944) 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*.

2.4.9 Inicio de floración

Etapa en la cual las flores hermafroditas apicales de los glomérulos se encuentran abiertos, mostrando los estambres separados de color amarillo, ocurre entre los 75-80 días después de la siembra, esta fase es bastante sensible a las heladas y sequías. Ocurre amarillamiento y defoliación de las hojas inferiores sobre todo aquellas de menor eficiencia fotosintética.

2.4.10 Plena floración

Se da el nombre cuando el 50% de las flores de la inflorescencia principal están abiertas, por lo general ocurre entre los 90-100 días después de la siembra, esta fase es muy sensible a las

heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C , esta fase debe observarse al medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, por ser heliófilas.

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).

Adicionalmente, la planta elimina mayor cantidad de hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente y existe abundancia de polen en los estambres que tienen una coloración amarilla.

2.4.11 **Grano lechoso**

Fase en la cual los frutos al ser presionados con las uñas, explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de los 100-130 días después de la siembra. En esta fase es perjudicial el déficit de agua para la producción.

2.4.12 **Grano pastoso**

Fase en la cual los frutos al ser presionados con la uña presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130-160 días después de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de *Eurysacca melanocampta* “Kona- Kona” causa daños considerables, así como el déficit de humedad afecta fuertemente a la producción.

2.4.13 **Madurez fisiológica**

Fase en la que la planta completa su madurez, y se reconoce cuando el grano al ser presionado por las uñas, presentan resistencia a la penetración, ocurre de los 160-180 días después de la siembra, en esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 por ciento; el lapso comprendido desde la floración hasta la fisiológica, viene a constituir el periodo de llenado de grano.

Bonifacio *et. al.* (2007) citado por Quillatupa (2009) diferenciaron entre las fases de floración y grano lechoso una fase claramente distinguible y la denominaron fase del grano acuoso.

2.5 ADAPTACIÓN

La quinua es una planta rústica, crece a grandes altitudes, donde las condiciones ambientales son extremas y los suelos son poco fértiles, con una gran capacidad de adaptación a climas más benignos como los de la costa peruana. La quinua posee una gran variabilidad y plasticidad genética que le permite adaptarse a diferentes zonas agroecológicas. (Solveig, 2000)

Considerando las diferentes áreas del cultivo en América del Sur, la precipitación varía mucho. Así en los Andes ecuatorianos es de 600 a 880 mm, en el Valle de Mantaro de 400 a 500 mm y en la zona del Lago Titicaca de 500 a 800 mm. Sin embargo, conforme uno se desplaza hacia el sur del Altiplano boliviano y el norte chileno, la precipitación va disminuyendo hasta niveles de 50 a 100 mm, condiciones en las que también se produce quinua y el Altiplano Sur de Bolivia es considerado la principal área geográfica donde se produce el cultivo y se atiende un buen porcentaje de la demanda internacional del producto. Por otro lado, entre la octava y novena región de Chile también se produce quinua, con precipitaciones superiores a los 2000 mm y en condiciones de nivel de mar. (FAO, 2011)

La temperatura óptima de germinación de semillas es de 35°C, y la mayor eficiencia fotosintética ocurre a 40 °C. La temperatura mínima de crecimiento ha sido estimada en 8°C y sufre daño por enfriamiento con temperaturas menores a 4°C (NRC, 1984), según otros autores es una planta que puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88% y soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C (FAO *et. al*, 2011)

Presenta una amplia variabilidad genética, el pool genético es extraordinariamente estratégico para desarrollar variedades superiores (precocidad, color y tamaño de grano, resistencia a factores bióticos y abióticos, rendimientos de granos y subproducto) (FAO *et. al*, 2011)

Según Rea (1979), citado por Espíndola (1986) la tolerancia al frío depende de la etapa de desarrollo en que la helada ocurre y de la protección natural de las serranías. Existen reportes que indican que la quinua sobrevive a -7,8°C en etapas iniciales en condiciones de Montecillo, México, que se encuentra a 2245 metros sobre el nivel del mar; asimismo tolera suelos de diferente textura y pH, e incluso creciendo en suelos muy ácidos y fuertemente alcalinos (Mujica, 1988).

Por lo anterior la quinua, es uno de los pocos cultivos que se desarrolla sin muchos inconvenientes en las condiciones extremas de clima y suelos. La gran adaptación a las variaciones climáticas y su eficiente uso de agua convierten a la quinua en una excelente

alternativa de cultivo frente al cambio climático que está alterando el calendario agrícola y provocando temperaturas cada vez más extremas.

2.6 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ECOLÓGICA

La quinua puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, considerándose las orillas del Lago Titicaca como la zona de mayor diversidad y variación genética (Mujica, 1992).

Se ha considerado que la quinua es una especie adaptada a climas fríos y tolerantes a la sequía, sin embargo las numerosas variedades nativas y seleccionadas no tienen el mismo comportamiento fenológico en los diferentes ecosistemas andinos, factor que no ha sido suficientemente estudiado y no ha permitido potenciar la producción de este cultivo. Se revisa la propuesta de zonificación de la quinua (Tapia, 1982) que diferencia cinco grupos de quinua especialmente por su adaptación a diferentes condiciones agroecológicas:

- Quinuas de los Valles Interandinos

Pertenecientes a zonas mesotérmicas, con alturas que alcanzan hasta los 2.50m, tallo ramificado, periodo vegetativo sobre los 220 días, tipo de panoja amarantiforme muy laxa, resistencia/tolerancia a enfermedades como mildiú (*Peronosporavariabilis*) y contenido de saponina que la hacen semidulce. Presentes en este grupo se encuentran las variedades Blanca de Junín, Rosada de Junín, Amarilla de Marangani, Dulce de deQuitopampa (Colombia), Dulce de Laso (Ecuador) y Nariño (variedad seleccionada de material de Colombia).

- Quinuas del Altiplano

Ubicadas al norte del Lago Titicaca que comparten Perú y Bolivia, con alturas que van entre 1.0 a 1.80m, tallo no ramificado con panoja terminal, resistencia/tolerancia variable al mildiú, adaptación a altitudes sobre los 3800msnm, presenta variedades precoces de 130-140 días y variedades tardías de 210 días, con alto contenido de saponina. Ejemplo de variedades en este grupo están Blanca de Juli, Kanccolla, Cheweca, INIA Salcedo, Altiplano INIA, etc.

- Quinuas de los Salares

Quinuas pertenecientes al Altiplano sur de Bolivia con altura de 1.0 a 1.50m, tallo simple, de acuerdo a la cantidad de saponina hay quinuas de tipo amargos y dulces, con frutos de bordes afilados y de buen tamaño, se adaptan a suelos de pH alto (7.5-8.0) y climas muy secos (300mm de precipitación), soportando condiciones xerófitas extremas y su desarrollo inicial es posible porque aprovechan la humedad de los hoyos cavados al momento de la siembra. El cultivo de quinua en esta área sigue un sistema de producción muy especial: después de la cosecha el suelo queda en descanso durante cuatro a ocho años; en los últimos tiempos este período se ha acortado, produciendo efectos negativos por el agotamiento de la fertilidad de los suelos. Entre estas se encuentran las variedades Real y Sajama (dulce).

- Quinuas del nivel del Mar

Pertenecientes al centro y sur de Chile, en la provincia Concepción a 36 °L.S., presentan granos de color transparente predominantemente tipo Chullpi. Son plantas más o menos robustas, entre 1.0 a 1.4m de altura, son muy parecidas a *Chenopodium nuttalliae* (Huahzontle) con adaptabilidad a fotoperiodos más largos. Los ecotipos sobresalientes son Quechuco de Cautin y Picharán de Maule, dentro de las variedades se encuentran Baer, Regalona B, etc.

- Quinuas Subtropicales o de las Yungas

Ubicada en la vertiente oriental de los Andes en Bolivia entre los 1500 y 2000 m.s.n.m., algo ramificadas con altura de más de 2.20m, las plantas jóvenes son de color verde intenso y las adultas de color naranja intenso, de semillas pequeñas color naranja.

2.7 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

2.7.1 Condiciones agroclimáticas para el cultivo

Cuadro 1: Condiciones óptimas para el desarrollo de la quinua.

Componente	Características	Observaciones
Suelo	<ul style="list-style-type: none">- Textura franca, buen drenaje.- Contenido alto de materia orgánica y medio de nutrientes.- Pendientes moderadas.	<ul style="list-style-type: none">- Susceptible al exceso de humedad en los primeros estadios.- Exigente en nitrógeno y calcio, moderada en fósforo y poca en potasio.
pH	<ul style="list-style-type: none">- pH de suelo alrededor de la neutralidad.	<ul style="list-style-type: none">- Hay genotipos adaptados para cada situación extrema de salinidad o alcalinidad.
Clima	<ul style="list-style-type: none">- Amplia adaptabilidad.	<ul style="list-style-type: none">- Genotipos adaptados para cada condición climática.
Agua	<ul style="list-style-type: none">- Es suficiente $\frac{3}{4}$ de la capacidad de campo.- 250-500 mm anuales en promedio.- Humedad relativa: 40-100%	<ul style="list-style-type: none">- En caso de utilizar riegos, deben ser ligeros y periódicos.- En sierra y valles interandinos, el riego es suplementario a las lluvias.- Susceptible al mildiú en condiciones de alta humedad relativa.
Temperatura	<ul style="list-style-type: none">- 15-20°C	<ul style="list-style-type: none">- Soporta hasta -8°C.
Radiación	<ul style="list-style-type: none">- Elevada	<ul style="list-style-type: none">- Condiciones radiativas del altiplano de Perú y Bolivia son muy favorables.
Fotoperiodo	<ul style="list-style-type: none">- 12 horas diarias (HS)- 14 horas diarias (HN)	<ul style="list-style-type: none">- Existen genotipos de días largos, cortos e indiferentes al fotoperiodo.
Altitud	<ul style="list-style-type: none">- 0-4000 msnm	<ul style="list-style-type: none">- Mayor potencial productivo a nivel del mar (6000 Kg/ha).

FUENTE: Mujica *et al.*, 2001

2.7.2 Fertilización

El manejo de la quinua durante décadas y aun actualmente en ciertas comunidades se realiza en forma tradicional con rendimientos muchas veces sólo para satisfacer las necesidades alimenticias de las familias. .

Los agricultores con siembras tradicionales en el altiplano normalmente no aplican fertilización, y el cultivo de la quinua sobrevive con los residuos de materia orgánica o de la fertilización del cultivo anterior, que usualmente es papa (Aguilar y Jacobsen, 2003). Sin embargo, la quinua tiene una buena respuesta a la fertilización nitrogenada y fosforada, en una cantidad de 80 Kg/ha de N y P (Mujica, 1977; citado por Aguilar y Jacobsen, 2003).

En la sierra, de acuerdo a Mujica *et al.* (2001), la fuente de nitrógeno se aplica fraccionada en dos partes, la mitad a la siembra y la otra después del primero deshierbo y junto al aporte; mientras que en la costa se recomienda fraccionar en tres partes, una tercera a la siembra, otra tercera al deshierbo y la última parte en la floración. De este modo se permite un mejor aprovechamiento del nitrógeno, evitando las pérdidas por lixiviación y volatilización por altas temperaturas. El fósforo y el potasio se aplican el 100% a la siembra.

2.7.3 Densidad

Para la siembra directa de quinua, Mujica *et al.* (2001) recomiendan utilizar 10 Kg/ha de semilla en surcos distanciados de 0.40 a 0.80m, dependiendo de la variedad a usar. No se recomienda la siembra al voleo, que además está siendo desestimado en los últimos años por los problemas agronómicos que presenta, como dificultad de las labores culturales, empleo de mayor cantidad de semillas y poca uniformidad en la germinación.

2.7.4 Siembra

La fecha de siembra es uno de los puntos más importantes que determinan el éxito de la producción de la quinua. Una siembra temprana es un requisito importante para variedades tardías con un alto potencial de rendimiento, pero es posible solamente en las orillas del lago Titicaca si es que las lluvias vienen más temprano de lo usual o si el área es irrigada. En general, la siembra de quinua requiere de lluvias en setiembre y octubre. Si la siembra es retrasada hasta noviembre por la falta de lluvias, es posible obtener una buena cosecha en variedades precoces como Sajama (Mujica *et al.*, 2001; citado por Aguilar y Jacobsen, 2003).

2.7.5 Raleo y Desahije

Se van eliminando las plantas hasta ajustar el número promedio por área para obtener una distancia de plantas de 8-10 cm, con 11-13 plantas por metro (Mujica, 1977; citado por

Aguilar y Jacobsen, 2003). Esta práctica asegura el rendimiento y características de calidad en la quinua.

2.7.6 **Deshierbos**

En una producción comercial de quinua, las malas hierbas pueden inhibir el crecimiento de la quinua en sus primeros estados fenológicos (Aguilar y Jacobsen, 2003).

En algunas comunidades, los agricultores no consideran a las malas hierbas como un problema sino como una fuente de forraje, siendo así se vuelven importantes especialmente durante los meses de escasez de forraje (diciembre a febrero). Pero, aunque el deshierbo se haga de forma continua, la competencia maleza/cultivo por nutrientes minerales y agua existe.

Mujica *et al.* (2001), para condiciones de costa, sugieren que se realice una eliminación previa de malezas por su carácter invasor, regando el terreno 15-20 días antes de la siembra para facilitar la germinación de las semillas de malezas, y una vez emergidas hacer un paso de rastra para eliminarlas. En general, se recomienda efectuar dos deshierbas durante el periodo vegetativo de la quinua, uno cuando las plántulas tengan un tamaño de 15 cm o 30 días después de la emergencia, y el segundo antes de la floración o 90 días después de la siembra.

2.7.7 **Rotación de cultivos**

La rotación sugerida por Mujica *et al.* (2001) para el altiplano es papa-quinua-habas-cebada o avena-forrajes; mientras que en la costa se propone papa-quinua-maíz o trigo-hortalizas-alfalfa. Sin embargo, la secuencia de rotación de cultivos se ha modificado especialmente en las zonas donde no hay riego. Se han introducido habas como último cultivo en la secuencia de rotación para ayudar a restaurar la fertilidad (Aguilar y Jacobsen, 2003). Esta práctica se ha extendido hasta las zonas fisiográficas más frías, con el fin de utilizar mejor el nitrógeno obtenido de este cultivo.

La secuencia de cultivos tradicionalmente abarca un periodo de tiempo predeterminado (8-10 años). La secuencia del mismo cultivo, a veces con modificaciones, se puede repetir en periodos posteriores. Dentro de un ciclo de cultivo, los diferentes cultivos se siembran cada año durante 3 o 4 años, seguido de 6 o 7 años de barbecho, de acuerdo a las necesidades de la comunidad. La quinua es el segundo cultivo en el ciclo, siguiendo a la papa. El periodo

de barbecho ayuda a recuperar la fertilidad, especialmente cuando la tierra es utilizada para el pastoreo de animales, que dejan estiércol, y que permite el desarrollo de especies como el trébol (Aguilar y Jacobsen, 2003). También sirve como un periodo de cuarentena, que reduce la infección del suelo por hongos, nematodos e insectos por el crecimiento de la flora y fauna natural.

Aguilar y Jacobsen (2003) mencionan la diversidad de cultivos que hay en el mismo campo durante el mismo periodo de crecimiento de la quinua, lo que consiste en sembrar como mínimo dos especies, por ejemplo, quinua/habas, quinua/cebada, quinua/oca, quinua/ maíz o quinua/cañiwa. Esta práctica, que es muy común, apunta a asegurar la cosecha de dos cultivos en una buena campaña, o al menos la cosecha de cañiwa en una mala campaña. Por tanto, el objetivo es obtener una alta productividad y seguridad mejorada de la cosecha en el predio. En tanto, la siembra de variedades nativas de quinua, que son una mezcla de genotipos, es una práctica apropiada para reducir los riesgos del medio ambiente, de este modo la población de quinua es beneficiada por una selección natural, que de alguna manera viene ocurriendo en cada campaña por siglos. Cada cosecha de quinua trae consigo semillas de genotipos con tolerancia a factores abióticos (heladas, sequías, granizadas, inundaciones) y bióticos (plagas y enfermedades). Por ello es que la mezcla de variedades, sea de forma natural o dirigida, ayudan a compensar los efectos negativos de un medio ambiente impredecible.

2.7.8 Control de Plagas y Enfermedades

El mildiú es el patógeno más severo en la quinua, y es conocido por causar reducciones en el rendimiento de 33-58% aun en las variedades resistentes (Danielsen *et al.*, 2000; citado por Bhargava *et al.*, 2008). Por otro lado, las plagas de insectos causan daños de 8 a 40% (Ortiz y Zanabria, 1979; citado por Bhargava *et al.*, 2006).

Las aves también atacan la quinua, principalmente en la etapa de inflorescencia (Bhargava *et al.*, 2008). Pero ese es un daño menor, pues ciertas variedades de quinua cuentan con una defensa química en forma de saponinas que le confieren una relativa protección contra aves e insectos (Risi y Galwey, 1984; citado por Bhargava *et al.*, 2008).

2.7.9 Cosecha

En la madurez, las plantas cambian de color, de verde a amarillo, anaranjado, rojo o morado, de acuerdo con la variedad. El periodo de cosecha es importante, porque una madurez tardía puede ocasionar la pérdida del cultivo por granizada, cuales ocurren frecuentemente durante la etapa de maduración, o por una helada (Aguilar y Jacobsen, 2003).

La cosecha consta de tres fases: siega, trilla y almacenamiento.

- Siega

Las plantas son segadas cuando empiezan a secarse, las hojas se han caído, las flores tiene el color correcto, y las semillas han alcanzado la madurez fisiológica. En campos grandes, se puede utilizar una trilladora estacionaria o cosechadora. El proceso mecánico es delicado, con el riesgo de dejar caer las semillas, especialmente si están sobre-maduras. Siendo ese el caso, es mejor realizar la siega en horas de la madrugada, cuando las plantas aún mantienen la humedad del rocío.

- Trilla

Normalmente la quinua es trillada 15 días después de la siega, cuando el perigonio se desprende con facilidad (Tapia, 1997; citado por Aguilar y Jacobsen, 2003). La trilla puede ser manualmente, frotando las panojas con pedazos de madera, o mecánicamente, usando trilladoras estacionarias, que cuando el área cosechada excede las 2 hectáreas o por falta de mano de obra, pueden ser rentadas, como sucede en algunas comunidades.

- Almacenamiento

Las semillas trilladas son expuestas al sol inmediatamente, pues la más mínima humedad puede decolorar el grano en menos de 8 horas, y se reduce su valor comercial (Aguilar y Jacobsen, 2003).

Una vez que las semillas están secas, son limpiadas para retirar el perigonio, hojas y semillas pequeñas y rotas. Finalmente, son colectadas y almacenadas en sacos de plástico o yute, o en silos, bajo condiciones secas y ventiladas.

2.8 UNIDADES DE CALOR EN QUINUA

Salazar (1992), determinó las siguientes fases fenológicas de 20 genotipos de quinua, en un estudio realizado en Ancash: germinación, dos pares de hojas verdaderas, panojamiento, floración y maduración. Además determinó las unidades de calor acumulados en grados – día los cuales fueron: 57.93; 147.69; 487,70; 629,19 y 1068,60 respectivamente. Utilizó la siguiente fórmula para calcular las unidades de calor diarias.

$$U.C = \{(T^{\circ} \text{ max.} + T^{\circ} \text{ min.})/ 2\} - T^{\circ} 0$$

T° max: Temperatura máxima, T° min: temperatura mínima, T° 0: temperatura base *

Salinas *et. al.*, (2007), citado por Quillatupa (2009) determinaron que las etapas fenológicas acumularon las siguientes cantidades de unidades de calor: siembra a emergencia 72,5 G.D., de siembra a primer par de hojas verdaderas 139,5 G.D., de siembra a segundo par de hojas verdaderas 243,0 G.D; de siembra a tercer par de hojas verdaderas 344,5 G.D; de siembra a inicio de panoja 441,5 G.D; de siembra a inicio de floración 534,0 G.D; de siembra a floración plena 596,5 G.D.; de siembra a grano pastoso 1161.5 G.D.; de siembra a madurez fisiológica 1243,5 G.D.

Por otro lado, Quillatupa (2009), determinó las unidades de calor para cada fase fenológica de 16 genotipos de quinua, bajo condiciones de costa central, en La Molina – Lima. Recabó el registro diario de temperaturas medias por horas (T°m) de la Estación Meteorológica Automática, ubicada en la Estación Alexander Von Humboldt en la UNALM. Usó 7° C como temperatura base (Tb), por ser la temperatura mínima promedio del centro de origen de la quinua (Altiplano Peruano – boliviano) esto lo menciona como una comunicación personal de Mario Tapia. Los cálculos los hizo en planillas de Excel, de acuerdo a lo planteado por Snyder *et al* (1999) quienes calculan °D (grados día) en base a °H (grados hora).

$$^{\circ}D = (\sum^{\circ}H)/24 \text{ siendo } ^{\circ}H = T^{\circ}m - T_b$$

Después correlacionó las unidades de calor con las fases fenológicas previamente determinadas. Las unidades de calor acumuladas requeridas para culminar cada fase fueron: germinación 44,32; desarrollo vegetativo 316,29; ramificación 269,32 (requerimiento para empezar la fase); desarrollo del botón floral 443,36; desarrollo de la inflorescencia 623,50; floración 864,21; anthesis 1220, 28; grano acuoso 1219, 14; grano lechoso 1441,14 y grano pastoso 1804,29.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Ubicación de la zona experimental

La fase de campo se realizó en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en el departamento de Lima, distrito La Molina. Ubicado a Latitud Sur: 12°04'36", Longitud Oeste: 76°56'43", a una altura de 241msnm.

Para la fase de laboratorio, se utilizó las instalaciones del PIPS en Cereales y Granos Nativos de la UNALM, en el Laboratorio de Calidad, en la ciudad de Lima

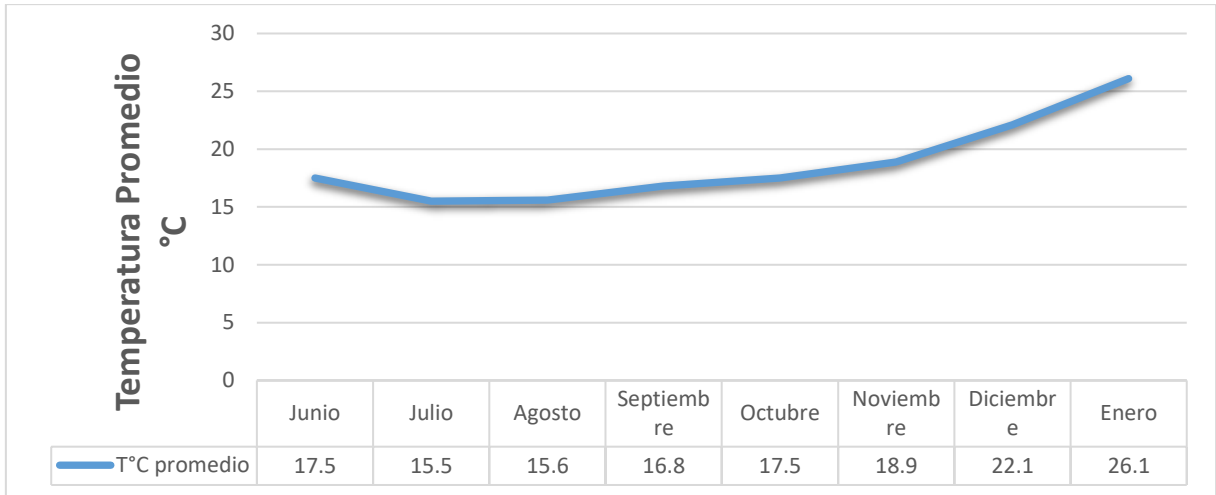
3.1.2 Características climáticas de la zona

La zona de la costa central, específicamente La Molina-Lima, se caracteriza por tener un clima cálido, siendo clasificada como un desierto subtropical árido caluroso. Se recabaron las temperaturas promedio de cada hora a lo largo de todo el ciclo del cultivo. Dichas temperaturas fueron obtenidas de la estación meteorológica automática de precisión marca DAVIS, la cual determina las temperaturas máximas, mínimas, y promedio de cada hora, además de otras variables climáticas. Este equipo se encuentra en la Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt de la UNALM. En el Cuadro 2 se presentan los datos climatológicos de la campaña de cultivo, donde se destaca la hora luz, temperatura y humedad relativa. En la gráfica 1 se presenta la fluctuación de la temperatura promedio y en la figura 2 las fluctuaciones de todos los datos climáticos colectados durante toda la campaña del cultivo.

Cuadro N° 2. Heliofonía, temperatura y humedad relativa en La Molina - Enero a Diciembre 2013 y de Enero a Junio 2014.

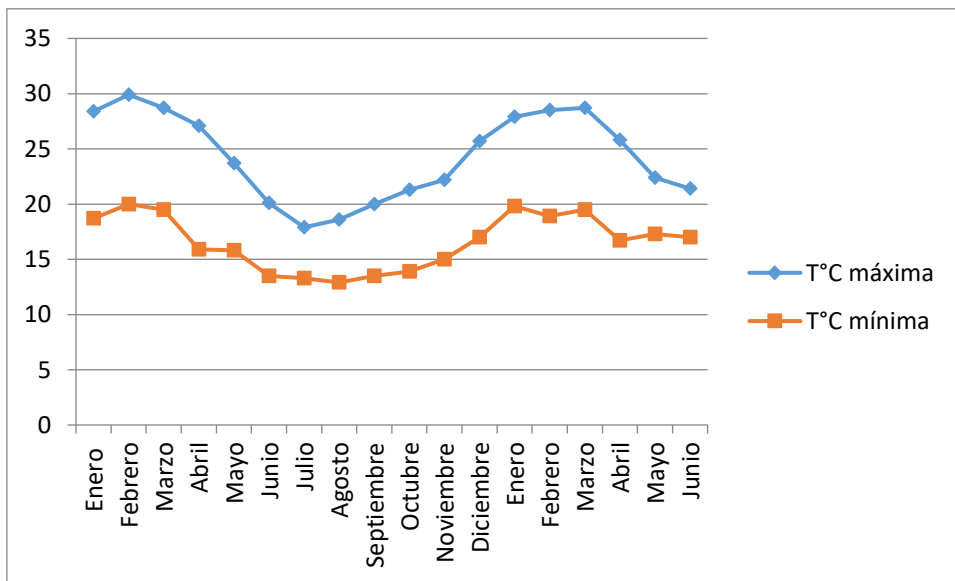
	Heliofanía	T°C promedio	T°C máxima	T°C mínima	H.R prom.(%)	H.R máx. (%)	H.R min. (%)
AÑO 2013							
Enero	239.2	24.2	28.4	18.7	75	93	63
Febrero	178.3	25.5	29.9	20	71	93	56
Marzo	163.2	24.7	28.7	19.5	74	94	59
Abril	267.1	22.6	27.1	15.9	75	97	59
Mayo	152.1	20.2	23.7	15.8	83	94	73
Junio	83.4	17.5	20.1	13.5	88	97	77
Julio	59.1	15.5	17.9	13.3	90	97	81
Agosto	74.7	15.6	18.6	12.9	90	97	83
Septiembre	119.2	16.8	20	13.5	86	97	75
Octubre	142.2	17.5	21.3	13.9	87	95	77
Noviembre	141.8	18.9	22.2	15	82	93	71
Diciembre	180.32	22.1	25.7	17	76	93	64
Año 2014							
Enero	127.1	26.1	27.9	19.8	76	95	64
Febrero	169.8	24.6	28.5	18.9	73	96	59
Marzo	164.9	24.6	28.7	19.5	73	94	59
Abril	235	21.7	25.8	16.7	79	97	64
Mayo	54.1	19.8	22.4	17.3	85	94	76
Junio	33.2	19	21.4	17	85	93	77

Fuente: Departamento de Meteorología Alexander Von Humboldt 2013-2014



Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Fluctuación de la temperatura promedio mensual durante la campaña Junio 2013 – Nov 2013.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Fluctuación de las temperaturas máxima y mínima mensual durante la campaña junio 2013 – enero 2014. La Molina.

3.1.3 Materiales y equipos utilizados en el estudio

Los materiales y equipos utilizados para la presente investigación fueron:

a. Material Genético:

Se utilizaron doce variedades comerciales del INIA procedentes de las diferentes estaciones experimentales a nivel nacional. Todas las variedades presentaron características morfológicas diferentes, como se puede apreciar en el Anexo 1.

Las variedades proceden del Altiplano (5 variedades) y de los Valles Interandinos (6 variedades).

INIA 431 – Altiplano:

Lugar y año de liberación: Región Puno, 2013; método de mejoramiento: cruza recíproca de la variedad Illpa INIA x Salcedo INIA. Es la primera variedad de quinua liberada en el Año Internacional de la Quinoa, logrando un rendimiento comercial de 2.8 t/ha, superando en más de doscientos por ciento al promedio de producción obtenido en la región Puno (1.5 t/ha). Variedad precoz, resistente a sequía y tolerante al mildiú.

INIA 427 – Amarilla Sacaca:

Lugar y año de liberación: Región Cusco, 2011; método de mejoramiento: selección panoja surco del material colectado de la comunidad de Sacaca, distrito de Pisac, provincia de Calca en el año 1994. Codificada en el banco de germoplasma como SP-AM-PISAC00000175C. Seleccionada en Cusco con buena adaptación a la región Cusco y Apurímac, en los valles interandinos comprendido entre los 2750 y los 3650m de altitud. El rango de altura varía de 160 a 200 cm y su ciclo de vida de 160 a 180 días. Las semillas tienen el episperma de color amarillo anaranjado con un diámetro de 1.6 a 2.2mm y amargas. Su rendimiento es hasta 2.3 t/ha. Resenta tolerancia al Mildiú y la plaga Konakona (*Eurisacamelanocampta*) por la forma de supanoja.

INIA 420 – Negra Collana:

Lugar y año de liberación: Región Puno, 2008; método de mejoramiento: Compuesto de 13 accesiones, comúnmente conocidos como “Quytujiwras”, a partir de las accesiones que fueron recolectadas en 1978, de las localidades de Caritamaya, distrito de Ácora, provincia de Puno. Es un compuesto de 13 accesiones de 12 localidades, comúnmente conocidas como “Quytujiwras”. Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 msnm y temperatura de 4° a 15°C.

La altura de planta varía de 94 a 110cm, el ciclo de vida de 136 a 140 días. Las semillas tienen el pericarpio de color plomo y el episperma de color negro. Se informa de un rendimiento promedio de 3.1 t/ha.

INIA 415 – Pasankalla:

Lugar y año de liberación: Región Puno, 2006; método de mejoramiento: 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. Tiene origen en la accesión Pasankalla, conocida en la región con los nombres “Kcoitupasankalla”, akujiura, pasankalla, kañiwa quinua, kañiwajiura, colectada el año 1978 en la localidad Caritamaya (Ácora, Puno). El proceso de selección se inició el año 2000 hasta el 2005, en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa-Puno.

El Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA) presentó la variedad INIA 415 Pasankalla, el 2006.

La variedad Pasankalla posee alto valor nutricional, excelente calidad de grano para la transformación agroindustrial y con rendimientos superiores a las 3 toneladas por hectárea. Es una variedad precoz, cuyo periodo vegetativo solo dura 140 días. El grano tiene el pericarpio de color plomo y episperma de color castaño-rojo

Illpa INIA:

Lugar y año de liberación: Región Puno, 1997; método de mejoramiento: Cruza de Sajama x Blanca de Juli. La selección de las progenies por el método masal genealógico se desarrolló en el anexo Salcedo en 1985.

La quinua Illpa INIA, se ha generado a partir de la cruce de las variedades “Sajama x Blanca de Juli”, realizada en los campos experimentales de Salcedo-Puno, en el año 1985, orientados a conseguir características de resistencia al ataque de mildiú, precocidad, alto rendimiento en grano grande, libre de saponinas y tolerancia a heladas. No se consideró en la evaluación final debido al alto porcentaje de mezcla.

Salcedo INIA:

Lugar y año de liberación: Región Puno, 1995; método de mejoramiento: Cruza de las variedades Real Boliviana x Sajama en Puno. El proceso de selección del material segregante se realizó por el método masal genealógico en la EEA Illpa Puno, en 1983. La quinua Salcedo INIA se obtuvo por selección surco-panoja a partir de la introducción de material genético de la cruce de variedades “Real Boliviana” x “Sajama” realizada en Patacamaya. Material genético introducido a través del Programa Nacional de Cultivos Andinos en el año 1989. Inicialmente se procedió a seleccionar plantas adecuadas para las condiciones agroecológicas de las áreas dedicadas al cultivo de quinua en el departamento de Puno; en las pruebas de rendimiento, estabilidad fenotípica, comprobación y producción de semilla básica de 1989 a 1995.

Quillahuaman INIA:

Lugar y año de liberación: Región Cusco, 1990; método de mejoramiento: Selección panoja surco, originaria del valle del Vilcanota-Cusco. Desarrollada en la Estación Experimental Agraria Andenes-Cusco, fue liberada en 1991, se adapta en los pisos de vales interandinos entre los 2800 a 3500 msnm. Tiene un periodo vegetativo de 190 a 220 días y un rendimiento comercial de 2.8 t/ha

Amarilla de Marangani:

Lugar y año de liberación: Región Cusco; método de mejoramiento: Variedad tradicional procedente de la provincia de Canchis – Sicuani, desarrollada a través de selección masal. Planta erecta, poco ramificada, 1.80m de altura, periodo vegetativo tardío (180-210 días), grano grande color anaranjado 2.5mm), alto contenido de saponina; potencial de rendimiento de 3500 kg/ha, resistente al mildiu, susceptible a heladas.

Blanca de Juli:

Lugar y año de liberación: Región Puno, 1974; método de mejoramiento: Selección masal, a partir de material genético colectado en 1969, alrededor del lago Titicaca, del distrito de Juli, Provincia de Chucuito, Región Puno. Seleccionada en Juli-Puno, de grano mediano con 1.4 a 1.8mm de diámetro de color blanco, semi dulce, periodo

vegetativo de 160 a 170 días (semitardía) rendimiento de 2500 kg/ha con tolerancia al mildiú, apta para la zona circunlacustre.

Blanca de Junin:

Lugar y año de liberación: Región Junín; método de mejoramiento: Selección masal originaria de la región central del Perú. Seleccionada en Junín. La planta es de color verde con un rango de altura de 1.20 a 1.80 m. ciclo de vida de 160 a 180 días, de grano blanco de tamaño intermedio y semi dulce.

Hualhuas:

Lugar y año de liberación: Región Junín, 1975; método de mejoramiento: Selección de segregantes, selección masal y genealógica.

Es planta robusta, de ciclo vegetativo semejante a la variedad Huancayo. El Tallo, las hojas y la panoja es de color verde durante su ciclo vegetativo y cuando maduro se torna de color blanco cera. Las axilas de las plantas es de color púrpura que se encuentra en la inserción del tallo y la hoja. Su talla varía de acuerdo a la fertilidad del suelo y condiciones climáticas. Es resistente al vuelco y granizada, los granos de la semilla son de bajo contenido de saponina, con 15.5% de proteína a base húmeda y 17.2 a base seca.

Huancayo:

Lugar y año de liberación: Región Junín; método de mejoramiento: Cruce de Rosada de Junín obtenida por selección en la EEA Santa Ana Huancayo (valle del Mantaro), propagada con la clave UNC-U20P-69.

Desarrollada en la Estación Experimental Canaán-Ayacucho

Su adaptación se ha comprobado en la Cuenca del Mantaro de 3,200 a 3,400 msnm, con precipitaciones de 500 a 800 mm, debidamente distribuidos en todo su ciclo vegetativo. En los ensayos realizados en Sicaya, Acolla, Matahuasi, El Mantaro y Sincos y Ñahuimpuquio - Tayacaja, se han obtenido rendimientos altos, casi estables, que poseen los agricultores progresistas. El rendimiento promedio en cultivos de extensión o industrial es de 3 TM por hectárea, pudiendo llegar a 4 TM en forma experimental.

b. Materiales de Campo: (insumos)

- Fertilizantes: Fosfato diamónico, Sulfato de Amonio, Sulfato de Potasio
- Pesticidas: Icovida (i.a: monofos), Abamectin (i.a: abamectina)

c. Herramientas de Campo: palas, bomba de mochila

d. Equipos de Campo: Tractor e implementos

e. Otros:

- Balanza de campo
- Wincha de 30 metros
- Bolsas de papel kraff
- Rafia de colores
- Datos meteorológicos
- Cámara digital
- Contómetro
- Infratek
- Equipo agitador mecánico
- Afrosímetro
- Zarandas de agujeros redondos
- Cronómetro
- Tubos de ensayo de 16 x 150 mm
- Porta tubos
- Agua destilada

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Manejo del Cultivo

a. Preparación del terreno

Se pasó el arado de discos tres días antes de la siembra, el mismo día de la siembra se surcó a una distancia de 1m entre cada surco, luego se marcó el terreno con yeso y finalmente se distribuyó el material vegetal.

b. Siembra

La siembra de todo el material genético fue a mano en chorro continuo mezclando la semilla más arena (1 puñado de semilla + 2 puñados de arena). La fecha de siembra fue el 13 de junio del 2013.

c. Fertilización

La dosis de fertilización N-P-K para todo el cultivo fue 200-50-100 únicamente al momento del aporque. Durante la preparación del terreno se incorporaron los rastrojos del cultivo anterior

Se adicionó fertilización al momento de del aporque y se utilizó la dosis indicada a lo largo de las filas.

d. Humedad

El experimento se condujo bajo riego en cinta.

e. Control de malezas

Esta actividad se realizó a lo largo de todo el desarrollo fenológico de la planta.

f. Control fitosanitario

Se realizaron dos aplicaciones, la primera aplicación fue del producto orgánico Ecovida para controlar mosca minadora (*Lyriomiza huidobrensis*), a una dosis de 10ml/20L en el desarrollo vegetativo y la segunda aplicación se hizo con un producto convencional Abamectin con el cual se utilizó una dosis de 7ml/20L en el estado de piramidación floral.

No se realizaron aplicaciones fitosanitarias debido a que se evaluó la incidencia de la enfermedad de mildiú, cusado por *Perenospora variabilis*, en el material de investigación.

g. Riego

El riego fue por mangas todos los días a las 6 pm.

h. Cosecha, trilla y venteo

La cosecha fue gradual en función al grado de madurez del grano. Se realizó manualmente cortando las plantas al ras del suelo. El número de plantas en cada parcela fue contado con objeto de uniformizar las poblaciones en cada tratamiento.

La cosecha se realizó a los 145 días de la siembra, duró 3 días aparte de la semana que duró la trilla y venteado.



Figura 3: Quinuas Cosechadas

3.2.2 Cronograma de actividades

Cuadro 3: Cronograma de labores agrícolas realizadas en la fase de campo

Cronograma de actividades	Fecha
Siembra	13-jun
1°riego	14-jun
1°aplicación Ecovida producto orgánico para mosca minadora	21-jun
1°desmalezado	06-jul
2°aplicación (Abamectin) 7ml/20L	05-jul
2°desmalezado	10-ago
Fertilización	17-ago
Aporque	17-ago
Eliminación de mezclas	12-sep
3°desmalezado	21-sep
Trampa para aves	25-sep
Cosecha	01-nov

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Diseño experimental

Para este trabajo se utilizó el diseño en bloques completamente al azar (DBCA). El factor a evaluar fue el rendimiento de los dos grupos agroecológicos de quinuas presentes (valle y altiplano) y la respuesta de éstas a condiciones ambientales de costa central. Para el diseño se utilizó doce tratamientos con 4 repeticiones cada una. La distribución de la parcela experimental se gráfica y sus características se presentan en el en el cuadro 4. Para la comparación de medias de los tratamientos, se empleó la prueba de Tukey. Los ANVA y Tukey obtuvieron utilizando el programa MINITAB.

Modelo aditivo lineal para el análisis individual

$$Y_{ijk} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$i = 1,2,3 \dots\dots t$ (Accesiones o genotipos)

$j = 1,2,3 \dots\dots r$ (Bloques o repeticiones)

Y_{ij} = Observación del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque.

u = Media general

T_i = efecto del genotipo de la i -ésima accesión.

B_j = efecto del j -ésimo bloque.

E_{ijk} = efecto aleatorio del error experimental asociado a Y_{ij}

Todos los datos se obtuvieron de la evaluación de los dos surcos centrales de las parcelas.

Características de la parcela experimental.

	Características
Longitud de surcos	4 metros
Distanciamiento entre surcos	1 metro
Número de surcos por parcela	4
Área de parcela	16 m ²

Cuadro N° 4: Croquis de la distribución de los tratamientos evaluados en el campo.

101	102	103	104	105	106
T4	T5	T1	T6	T3	T2
112	111	110	109	108	107
T9	T11	T7	T8	T10	T12
201	202	203	204	205	206
T6	T4	T2	T3	T5	T1
212	211	210	209	208	207
T7	T12	T9	T11	T8	T10
301	302	303	304	305	306
T5	T1	T3	T4	T2	T6
312	311	310	309	308	307
T10	T8	T11	T12	T7	T9
401	402	403	404	405	406
T2	T3	T5	T6	T1	T4
412	411	410	409	408	407
T8	T10	T12	T9	T11	T7

Leyenda

T1	Amarillo de Marangani
T2	Quillahuaman INIA
T3	INIA 427 Amarilla Sacaca
T4	Blanca de Junin
T5	INIA 415 Psankalla
T6	Salcedo INIA
T7	Ilpa INIA
T8	INIA 420 Negra Collana
T9	INIA 431 Altiplano
T10	Blanca de Juli
T11	Huancayo
T12	Hualhuas

3.3 EVALUACIONES

3.3.1 Caracteres agronómicos

Los caracteres evaluados en condiciones de campo, durante las diferentes fases del cultivo fueron:

a. Rendimiento de grano (Kg/ha)

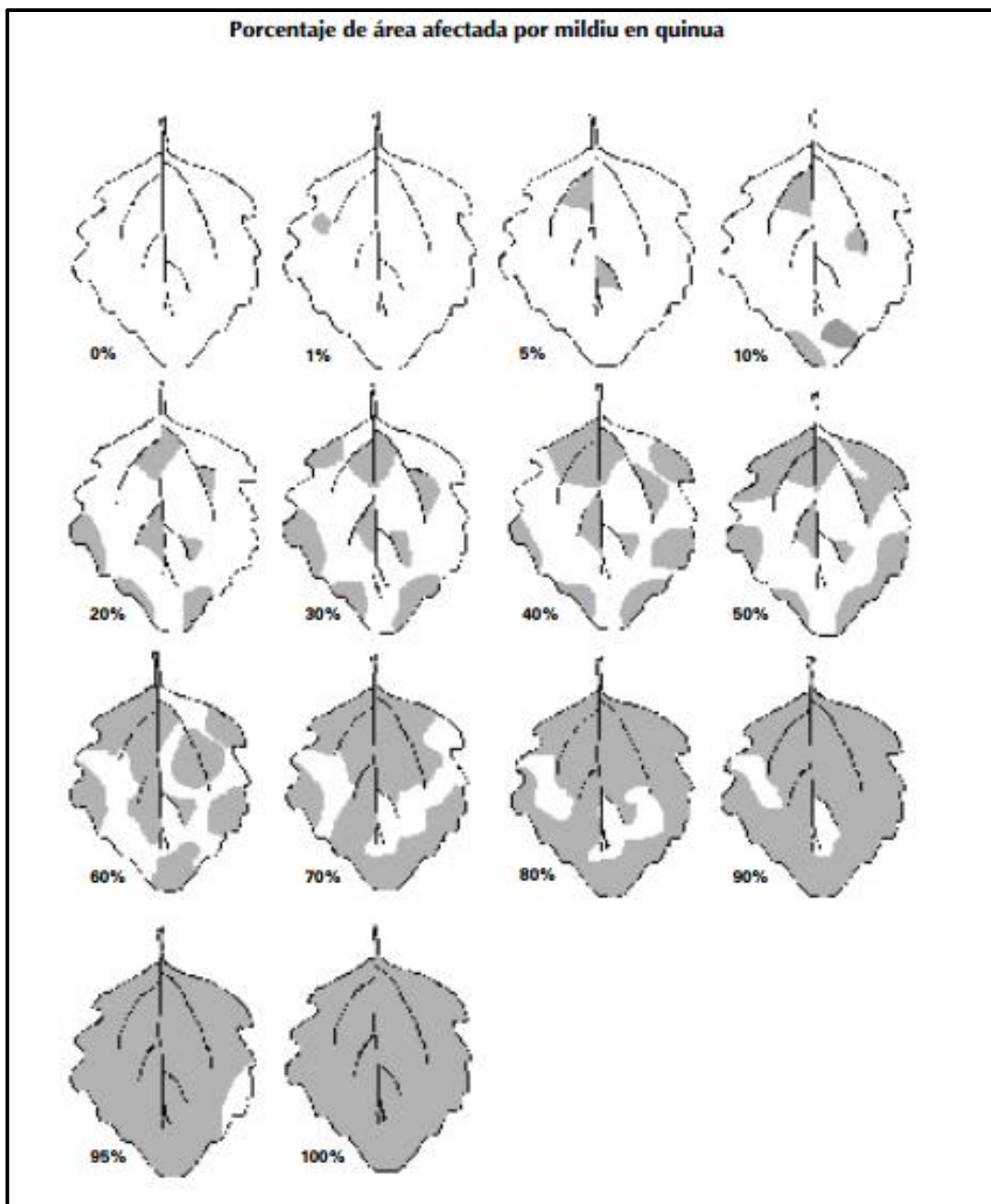
El rendimiento de grano se estimó a partir de la cosecha de los dos surcos centrales de cada parcela, de este modo el área evaluada de cada parcela fue 1.2 m². Luego el rendimiento obtenido por parcela se extrapolaron a kg/ha aumentándole el 15% del ataque de aves según Mujica, 1993, ya que el daño puede llegar hasta un 60% en las variedades dulces.

b. Mildiú (porcentaje del área foliar infectada)

Las evaluaciones se realizaron según el manual práctico para el estudio y la enfermedad del patógeno “El Mildiú de la Quinoa En la Zona Andina” elaborado por Teresa Ames y Solveig Danielsen, siendo utilizado el protocolo 10: evaluación del mildiú en el campo. Este método elimina muchas fuentes de error porque está basado en la evaluación de la severidad (porcentaje de área afectada) en hojas individuales y no en plantas enteras. (Danielsen,S; Ames.2000a.)

La evaluación consistió en darle un valor a los daños causados por este parásito obligatorio en la planta. La incidencia de la enfermedad indica el porcentaje de plantas afectadas, mientras que la severidad indica el grado de la enfermedad, generalmente expresado como el porcentaje de área foliar afectada de un todo o de una parte del follaje. Debido a la diseminación del mildiú de la quinoa en el campo por medio del viento, la severidad explica mejor el desarrollo de la enfermedad. En la presente investigación, la toma de datos fue quincenalmente y se evaluó específicamente cada parcela, de cada una de ellas se eligió tres plantas al azar y de estas plantas 1 hoja del tercio superior, 1 hoja del tercio medio y 1 hojas del tercio inferior, promediando los porcentajes obtenidos como se indica en la Figura 1

En la Figura 4 se presenta la tabla con los porcentajes referenciales que se tomaron en las evaluaciones de campo. Según Danielsen *et. al*, 2000a, lo ideal es adoptar un método que se adapte a las necesidades de la investigación que se está realizando y que minimice los errores.



Fuente: El mildiu (*Peronospora variabilis*) de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Zona Andina. Manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno. Danielsen, S. y Ames, T. 2000a.

Figura 4: Tabla referencial de evaluación del mildiú de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) por porcentajes según el protocolo 10 de Teresa Ames y Danielsen Solveig.

C. Días a la floración y a la maduración (presentes en los datos recabados en la fenología)

3.3.2 Variables Morfológicas

Caracterización Morfológica-

La evaluación realizada a las 11 variedades comerciales de quinua, fue tomada en campo en base a la Tabla de Descriptores de quinua del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos International Board for Plant Genetic Resources (CIRF/IBPGR-1981). (Anexo 1).

Las fotografías que se presentan a continuación, muestran la variación morfológica de las diferentes variedades.



Figura 5: Quinoa Amarilla Sacacca en estado de maduración



Figura 6: Quinoa Pasankalla en estado de maduración



Figura 7: Negra Ccollana



Figura 8: Quillahuaman



Figura 9: Blanca de Juli



Figura 10: Hualhuas



Figura 11: Quinoa Amarilla Marangani en estado grano acuoso



Figura 12: Quinoa Altiplano en estado grano pastoso

3.3.3 Caracteres de Calidad

- **Peso de mil granos (PMG)**

Este componente es una medición indirecta de la calidad de grano. A mayor peso de mil granos, los granos están mejor llenados. Este valor se tomó haciendo uso del contador de granos Seedburo 801.



Figura 13: Tamiz 10, 12, 14, Fondo

- **Evaluación del contenido de proteínas**

Se realizó a través del uso del Analizador de Alimentos Infratec 1255, un instrumento para la determinación simultánea y exacta de los componentes de los alimentos o productos de granos. La medición se basa en que, los principales componentes de los alimentos, como proteínas, humedad o grasas, absorben la radiación electromagnética en la región del infrarrojo cercano del espectro. El resultado del análisis es calculado por el mismo equipo (Manual Infratec 1255).

Según Arias (2002), las tecnologías de Refractancia y Transmitancia en el infrarrojo cercano han sido recientemente introducidas a los métodos disponibles para analizar diferentes componentes como proteínas, humedad, almidón, compuestos fibrosos, aminoácidos, y otros parámetros en granos, semillas, forrajes, etc. Diferentes estudios en el área de alimentos en el infrarrojo cercano por transmitancia se han realizado. Solberg (1996), citado por Arias (2002), realizó con éxito análisis de grasa, proteínas y humedad por ésta técnica en pescado, usando el espectrofotómetro Infratec 1225. Asimismo, Villareal *et al.* (1994) estimaron el contenido de amilosa en arroz integrales enteros y molidos, para lo que usaron un espectrofotómetro Infratec 1255, que midió la transmitancia en el infrarrojo cercano para ambos arroz.



Figura 14: Espectrofotómetro Infratec

De las 12 variedades 11 se evaluaron con esta metodología. Debido al color de grano no se pudo evaluar la Variedad Negra Ccollanay la evaluación fue realizada mediante análisis químico en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la UNALM.

- **Evaluación del contenido de saponinas**

Se determinó utilizando el Método Afrosimétrico Mecánico, propuesto por Koziol (1990). Es un método físico estandarizado, donde la muestra de quinua será sumergida en agua para ser agitada. Las saponinas forman una espuma estable, cuya altura esta correlacionada con el contenido de saponinas en los granos (FAO, 2000).

Bálsamo (2002) añade a la metodología de Koziol la selección del tamaño de los granos de quinua y el uso de un agitador electromagnético, diseñado por él mismo, con el fin de asegurar la uniformidad de la velocidad y fuerza de la agitación. También fabricó un instrumento para facilitar la lectura de la espuma, que se denominó “afrosímetro”. Además, halló la relación lineal entre la altura de la espuma (y) y el contenido de saponinas en la quinua expresado como porcentaje en base seca (x), de la siguiente forma:

$$y = 3.74x + 0.29$$



Figura 15: Afrosímetro



Figura 16: Evaluación de saponina

3.3.4 Fenología del Cultivo

Para las evaluaciones se tomó como base la descripción de la fenología de la quinua de Mujica (2006) y el código decimal desarrollado en base a la escala de Limburg y Masterbroek (1996) citados por Gómez (2010), el cual se muestra en el Cuadro 5

Las evaluaciones fueron realizadas semanalmente luego de la germinación. Se documentó todas las fases observadas, se reconoció el cambio de fase cuando el 50% de las plantas de los surcos centrales había cambiado.

Toda la información recaudada se ingresó a unas tablas en la base de datos 40xcel la cual fue corrida en el programa estadístico SAS (*Statistical Analysis System*).

Cuadro 5 : Estados fenológicos de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)

Fases	Sub Fases
0.0 – 0.9 Germinación	Emergencia Hojas cotiledóneas extendidas
1.0 – 1.9 Desarrollo Vegetativo	Dos hojas verdaderas desplegadas Cuatro hojas verdaderas desplegadas Seis hojas verdaderas desplegadas Ocho hojas verdaderas desplegadas Diez hojas verdaderas desplegadas
2.0 – 2.9 Ramificación	
3.0 – 3.9 Desarrollo del botón floral	Botón floral visible Botón floral de 5,5 cm Botón floral de 1 cm
4.0 – 4.9 Desarrollo de la Inflorescencia	Inicio de piramidación Piramidación completa
5.0 – 5.9 Floración	Inicio de floración Plena floración
6.0 – 6.1 Antesis	
7.0 – 7.9 Grano Acuoso	
8.0 – 8.9 Grano Lechoso	
9.0 – 9.9 Grano Pastoso	
Madurez fisiológica	

FUENTE: Quillatupa (2009)

3.3.5 Determinación de las unidades de calor

Para determinar las unidades de calor se solicitó las temperaturas máximas y mínimas por hora de la Estación Meteorológica Automática, ubicada en la estación Alexander Von Humboldt en la UNALM, con estos valores se calcularon las temperaturas medias por día durante todo el ciclo fenológico del cultivo.

Posteriormente se calcularon los °D (grados días), para ello se usó 7°C como temperatura base (T_b), por ser la temperatura mínima promedio del centro de origen de la quinua: Altiplano Peruano – Boliviano (Comunicación personal de Mario Tapia, citada por Quillatupa, 2009). Los cálculos se hicieron en Excel y se usó la fórmula planteada por Snyder *et. al.* (1999) citado por Quillatupa (2009) basada en grados hora (°H):

$$\text{°D} = (\Sigma\text{°H})/24 \text{ Siendo } \text{°H} = \text{°T media} - \text{T° base}$$

Por último, las unidades de calor se correlacionaron con los días al inicio y a la culminación de cada fase fenológica, previamente determinadas; siendo el día de inicio el 14 de junio, día del primer riego.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados a continuación se presentan en base a los objetivos planteados en la presente investigación.

4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1:

IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE VARIEDADES CON POTENCIAL DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN CONDICIONES DE LA COSTA CENTRAL.

En el Cuadro N° 6 se presentan los cuadrados medios del análisis de variancia para rendimiento de grano, contenido de proteína del grano y peso de mil granos. Se puede apreciar que existe significación estadística para todos los caracteres evaluados a nivel de tratamiento (variedades). Los coeficientes de variación para rendimiento de grano, contenido de proteína del grano y peso de mil granos fueron iguales a 16.69%, 6.68% y 6.39%; respectivamente.

Cuadro N° 6. Cuadrados Medios de rendimiento de grano, contenido de proteína del grano y peso de mil granos de 11 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de La Molina

Fuente de variación	G.L.	Rendimiento	Proteína	Peso de mil granos
BLOQUE	3	107503.44	0.808205	0.06424242
TRAT.	10	8388570.66**	21.984**	150007**
ERROR	30	120389.69	1.0449	0.0522
TOTAL	43			

CV (%)		16.69	6.68	6.39
Media		2078.2	15.28	3.57

4.1.1 Caracteres Agronómicos

- **Rendimiento**

La prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) confirma que existen diferencias altamente significativas entre las variedades (Cuadro N°7). Se observa un rango de 503.8 a 5078.10 kg/ha; correspondiendo el valor más bajo a la variedad Blanca de Juli y el más alto a la variedad Altiplano. El rendimiento promedio de todas la variedades, en el presente estudio fue igual 2078 kg/ha.

Según Mujica et al. (2001) en los valles interandinos el rendimiento promedio es de 1500 kg/ha y en campos condiciones de secano, en el altiplano, la producción no excede los 850 kg/ha, lo cual se contrapone a lo dicho por Tapia y Fries (2007), donde mencionan que se han obtenido rendimientos de 600 a 2500 kg/ha, lo que se puede corroborar en el presente experimento.

En la costa, dependiendo de la época de siembra, los rendimientos pueden ser más altos como los determinados por Quillatupa (2009) que informa rendimientos de 2923,33; 3418,33; 3863,33 kg/ha para tres variedades provenientes de Puno.

Para Mujica et. al. (2001) y Bertero (2004), los rendimientos varían de acuerdo a las variedades, a las condiciones del ambiente, a las labores culturales y al control fitosanitario.

Experimentos realizados en lugares donde las temperaturas también son altas como Brasil y la selva peruana, demostraron que la capacidad adaptativa varía mucho entre los ecotipos y variedades y que sembrar quinuas en zonas donde las temperaturas son altas puede reducir los rendimientos.

En Oxapampa, durante la campaña seca, el cultivar Amarilla de Maranganí (ecotipo de valle) presentó el mayor rendimiento, igual a 3743 kg/ha. Otros cultivares que se comportaron aceptablemente fueron: Rosada de Junín (ecotipo de valle) con 2389 kg/ha, Blanca de Juli (ecotipo de valle) con 2806 kg/ha, Ingapirca (2552 kg/ha) y Ayacucho INIA (2389 kg/ha) (Artica et. al. 2013).

En la presente investigación, las plantas se vieron afectadas por *Peronospora farinosa* (mildíu) y *Phoma exigua* (podredumbre marrón), y no se aplicaron pesticidas para su

control, por lo que estas circunstancias pueden haber influido en los bajos rendimientos obtenidos.

Cuadro 7: Valores medios y Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del rendimiento (kg/ha) de 11 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de costa central. La Molina, Junio 2013- Enero 2014.

Variedades	Rendimiento kg/ha	Prueba de Tukey(0.05)
Altiplano	5078.10	a
Quillahuaman	3684.70	b
Amarilla Saccaca	3103.80	b
Amarila Marangani	3038.80	b
Huancayo	1706.30	c
Hualhuas	1568.10	c
Pasankalla	1267.50	cd
Negra Ccollana	1235.00	cd
Salcedo	1048.10	cd
Blanca de Junin	625.60	d
Blanca de Juli	503.80	d

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Caracteres de calidad

- **Contenido de proteína en el grano**

A un nivel de significación del 5% de la prueba Tukey, existe alta evidencia estadística para afirmar que la variedad de quinua Negra Ccollana y Blanca de Juli tienen un contenido de proteína de 18.76% y 18.32% respectivamente, mayor a la variedad Pasankalla que tiene 11.99% de proteína. El valor medio de proteína fue de 15.28 por ciento (Cuadro N° 8).

Según Mujica *et. al* (2001), Geerts (2008 a) y PROINPA (2011); el contenido de proteína del grano puede variar de 12 por ciento a 20 por ciento. Los resultados obtenidos en la presente investigación se sitúan dentro del rango señalado.

Otro aspecto a considerar es el manejo de cultivos que influye además del rendimiento en la calidad. Según Barnett (2005), el incremento de proteína en el grano también puede estar relacionada a la cantidad de nitrógeno aplicado en el suelo.

Cuadro 8: Valores medios y Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del porcentaje de proteínas de las once variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en condiciones de costa central. La Molina Junio 2013- Enero 2014

Variedades	Proteína Grano %	Prueba de Tukey (0.05)
Negra Collana	18.76	A
Blanca de Juli	18.32	A
Blanca de Junin	16.98	Ab
Huancayo	16.62	Ab
Salcedo	16.53	Ab
Hualhuas	15.25	Bc
Quillahuaman	14.80	Bc
Altiplano	13.12	Cd
Amarillo Marangani	12.88	Cd
Amarilla Saccaca	12.85	Cd
Pasankalla	11.99	D

Fuente: Elaboración propia

- **Contenido de saponina en el grano**

Debido a que el contenido de saponina fue muy variable dentro de las repeticiones de la misma variedad y la existencia de quinuas dulces con valor cero, no se realiza un análisis de ANVA y se presentan los datos encontrados como media de tres evaluaciones.. Los porcentajes de saponina de las variedades evaluadas van desde 0.00 hasta 1.069; correspondiendo el valor más bajo a la variedad Altiplano y el más alto a Blanca de Juli (Cuadro N°9).

La mayoría de las variedades evaluadas son dulces según la descripción de Repo (2003), a excepción de las variedades Amarilla de Marangani, Amarilla Sacacca, Huancayo y Blanca de Juli que pertenecen al grupo de quinuas amargas.

Cuadro 9: Valores medios y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del porcentaje de saponina por cada una de las once variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en condiciones de costa central. La Molina Junio 2013- Enero 2014

Variedades	Saponina	Prueba de Tukey (0.05)
Blanca de Juli	1.069	a
Huancayo	0.142	b
Amarillo Marangani	0.129	bc
Amarilla Sacacca	0.122	bc
Quillahuaman	0.007	cd
Salcedo	0.082	de
Blanca de Junin	0.076	de
Negra Collana	0.049	de
Hualhuas	0.027	e
Altiplano	0	e

Fuente: Elaboración propia

- **Peso de mil granos**

La Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) confirma que existe diferencias altamente significativas entre las variedades. El rango varió de 2.5 a 5 g. La variedad que obtuvo el mayor peso de mil granos fue la variedad Salcedo y la de menor peso Hualhuas (Cuadro N° 10).

Según Rojas, 2003 citado por FAO *et. al.*, 2012, bajo condiciones sin estrés el peso de mil granos está entre 1.2 y 6 gramos y concuerda con los valores hallados en el presente experimento.

Cuadro 10: Valores medio y Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del peso de 1000 granos de 11 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de la costa central. La Molina, Junio 2013- Enero 2014.

Material Genético	Peso 1000 granos (g)	Prueba de Tukey(0.05)
Amarillo Marangani	5.00	a
Quillahuaman INIA	3.85	b
INIA 427 Amarilla Sacaca	3.80	b
Blanca de Junin	3.65	bc
INIA 415 Psankalla	3.65	bc
Salcedo INIA	3.60	bcd
INIA 420 Negra Collana	3.50	bcd
INIA 431 Altiplano	3.50	bcd
Blanca de Juli	3.20	cd
Huancayo	3.05	de
Hualhuas	2.50	e

Fuente: Elaboración propia

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2:

IDENTIFICACION DE LOS FACTORES LIMITANTES DE ORIGEN BIÓTICO DE LA CAMPAÑA AGRÍCOLA

BIOTICO

MILDIU

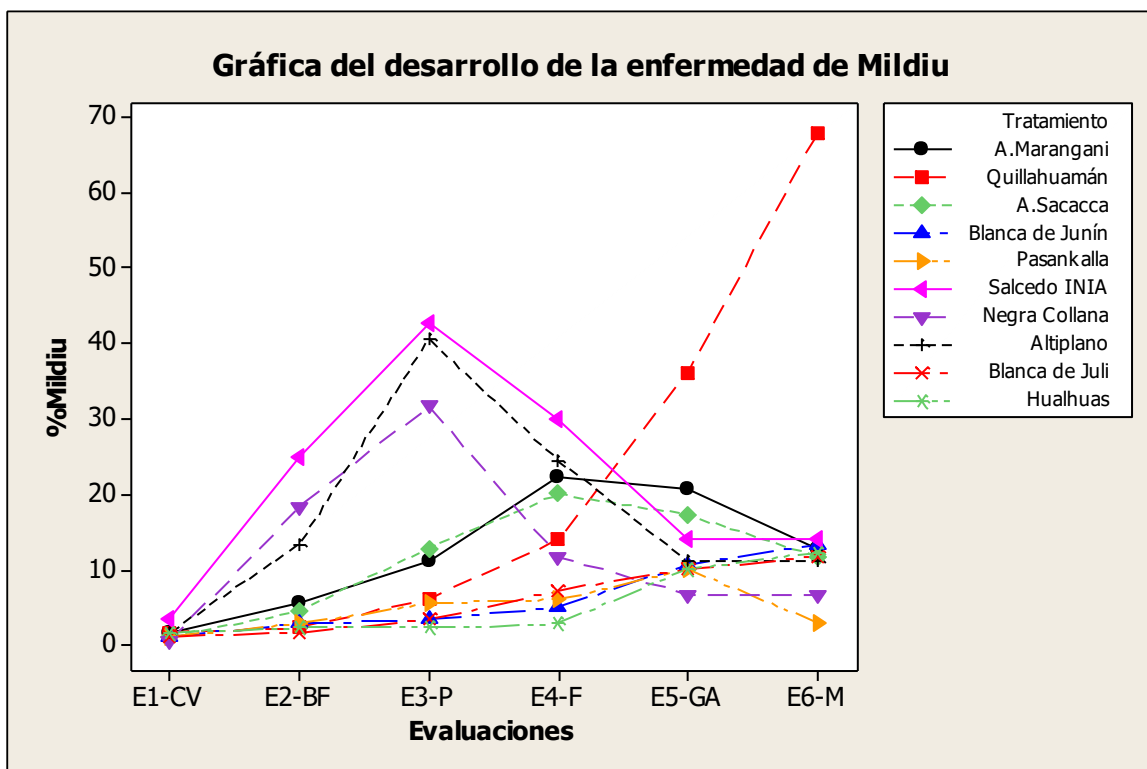
El mildiu (*Peronospora variabilis*) es la principal enfermedad que ataca al cultivo de la quinua y fue la más importante en la campaña agrícola 2013-2014. Los datos fueron obtenidos en cinco evaluaciones tomando en cuenta el protocolo número 10 del manual práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno "El Mildiu de la Quinua en la zona andina" (Danielsen y Ames, 2000a.). Las Fotos N° 15 al 17 muestran algunos niveles de severidad. En el cuadro 11 y Gráfico N° 3 se presentan los resultados obtenidos.

Las 11 variedades de quinua fueron afectadas por el Mildiu en diferentes medidas. Siendo la más resistente a esta enfermedad la variedad Pasankalla. Según la literatura, Danielsen et. al., (2003), León (2003), Tapia (2003) y Bonifacio (2003); señalan que se ha encontrado un alto grado de resistencia y tolerancia al mildiu en genotipos provenientes de los valles, no obstante, las pérdidas causadas por mildiu se estiman en promedio entre 20 y 25 por ciento (Alandia et. al., 1979 citado por Danielsen et. al., 2003).

Cuadro 11.- Porcentaje de severidad de mildiú (*Perenospora variabilis*) en variedades comerciales de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en cinco diferentes estados de desarrollo fenológico en condiciones de la costa central. La Molina, Junio 2013- Enero 2014.

Variedades	1° C. vegetativo	2° Botón floral	3° Piramidación	4° Floración	5° Grano acuoso	6° Maduración
Amarillo Marangani	1%	5%	15%	20%	20%	10%
Quillahuaman INIA	1%	1%	5%	15%	30%	70%
INIA 427 Amarilla Sacaca	1%	5%	10%	20%	20%	10%
Blanca de Junin	1%	1%	5%	5%	10%	10%
INIA 415 Psankalla	1%	5%	1%	1%	1%	1%
Salcedo INIA	5%	20%	50%	30%	10%	10%
INIA 420 Negra Collana	1%	20%	30%	10%	5%	5%
INIA 431 Altiplano	1%	10%	40%	30%	10%	10%
Blanca de Juli	1%	5%	5%	10%	10%	10%
Hualhuas	1%	1%	5%	5%	10%	10%

Elaboración Propia



CV: Crecimiento Vegetativo, BF: Botón Floral, P: Piramidación, F: Floración,
 GA: Grano Acuoso, M: Maduración

Fuente: elaboración propia

Figura 17: Evolución del porcentaje de severidad de mildiú (*Perenospora variabilis*) en variedades comerciales de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en cinco diferentes estados de desarrollo fenológico en condiciones de la costa central. La Molina, Junio 2013- Enero 2014.

Las fotos que se muestran a continuación, presentan la incidencia de mildiú en los diferentes estados fenológicos



Figura 18: Incidencia al 10%



Figura 19: Incidencia al 20%



Figura 20: Quinoa de Amarilla Marangani, incidencia al 40%

4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3

DETERMINACIÓN DE LA DURACION DE LAS FASES FENOLOGICAS Y LAS UNIDADES DE CALOR O UNIDADES TÉRMICAS ACUMULADAS PARA EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS DIFERENTES GENOTIPOS DE QUINUA EVALUADOS BAJO CONDICIONES DE COSTA CENTRAL

4.3.1. Determinación de la duración de las fases fenológicas

Para lograr este objetivo se realizó un estudio inicial de las fases fenológicas del cultivo las cuales fueron: días de germinación, días de crecimiento vegetativo, días de botón floral, días a la piramidación, días a la floración, días a la antesis, días al estado de grano acuoso, días al estado de grano lechoso, días al estado de grano pastoso y días a la maduración. El Cuadro N° 12 muestra los resultados del ANVA para días de crecimiento vegetativo, días de botón floral, días de piramidación, días a la floración, días a la antesis, días al estado de grano acuoso, días al estado de grano lechoso, grano pastoso y maduración. Los días de germinación no fueron considerados, en el ANVA, por que las variedades tuvieron el mismo valor tanto en repeticiones y variedades (tratamientos). Por otro lado considerando las siguientes fases se puede apreciar que hubo diferencias para todos los estados fenológicos considerados para el análisis de variancia. El coeficiente de variación para días de crecimiento vegetativo, días de botón floral, días de piramidación, días a la floración, días a la antesis, días al estado de grano acuoso, días al estado de grano lechoso, grano pastoso y maduración fueron iguales a 0.91%, 0.82%, 3.47%, 1.04%, 0.59%, 0.46% y 0.38%, 0%, 0%; respectivamente.

En el Cuadro 13 se presentan los resultados observados para todos los estados fenológicos y se puede apreciar el nivel de significación de la prueba de Tukey ($\alpha=0.5$) para cada uno de los estados fenológicos a excepción de días a grano pastoso y maduración, y se aprecia que hubo diferencias significativas para las diferentes fases fenológicas entre las once variedades estudiadas. La fecha de todas las fases fenológicas fueron determinadas con el 50% de las plantas de la parcela mostrando la característica típicas que definen las fases.

Germinación:

Los días a la germinación fueron similares para todas las variedades estudiadas, en promedio fueron 7 días contados desde el primer riego hasta la emergencia de la plántula con hojas cotiledonales.

Crecimiento vegetativo:

Esta fase fenológica, se caracteriza por la formación de hojas verdaderas. Varió de 30 a 49.3 días; estos valores difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Tukey ($\alpha= 0.05$).

Los genotipos más precoces fueron Salcedo INIA, Negra Ccollana, Altiplano, Blanca de Juli, Huancayo y Hualhuas y el más tardío Quillahuaman INIA (Cuadro N° 13).

Botón floral:

En este período se aprecia el primordio floral de la planta que se puede observar a simple vista como una estructura pequeña, compacta, encerrada entre las hojas verdaderas, las cuales le confieren protección. Se observó su presencia con un rango de 40 a 52.5 días (Cuadro N° 13); igualmente estos valores difieren significativamente de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$). Los valores más bajos corresponden a las variedades Pasankalla, Salcedo INIA, Negra Ccollana, Altiplano, Blanca de Juli, Huancayo y Hualhuas y el más alto corresponde a las variedades Quillahuaman INIA, Amarilla de Maranganí, y Blanca de Junín.

Piramidación:

Corresponde al crecimiento de la inflorescencia que toma la forma de una pirámide y en la que se empiezan a notar la formación de los glomérulos. Este estado se noto en un rango de 49 a 75.5 días (Cuadro N° 13). Siendo las primeras en llegar a esta fase la variedad Pasankalla (49 días), Salcedo INIA (51.5 días) y Huancayo (52.8 días). Por otro lado las más tardías en esta fase fueron Amarilla de Maranganí con una duración de 75.5 días y Quillahuaman INIA con 71.5 días. Estos valores difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Tukey ($\alpha= 0.05$).

Floración:

Se consideró cuándo el 50% de las flores de la panoja estuvieron abiertas con anteras brillantes, en cada glomérulo de la panoja primero se abrieron las flores apicales hermafroditas y luego las flores femeninas. Esta fase fenológica se alcanzó en un rango de 59.25 a 84 días, estos valores difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Tukey ($\alpha= 0.05$). Las más precoz fue la variedad Salcedo INIA y la más tardía Blanca de Junín (Cuadro 13).

Antesis

Igualmente se determinó con el 50% de flores con anteras colapsadas o secas (después del derrame de polen). El rango en el cual las variedades alcanzaron esta fase varió de 71.25 a 92 días (Cuadro N° 13); correspondiendo el valor más bajo a la variedad Huancayo y el más alto a la variedad Quillahuamn INIA (Cuadro 13).

Grano Acuoso

Incluye el desarrollo del grano en formación que al ser diseccionado muestra en su interior

agua. Este estadio fue alcanzado entre los 77 a los 99 días (Cuadro N° 13), igualmente estos valores difieren significativamente de acuerdo a la prueba Tukey ($\alpha= 0.05$). La más precoz fue Altiplano y las más tardías fueron Quillahuaman INIA (99 días) y Blanca de Junín (98.5 días).

Grano Lechoso

Corresponde al crecimiento del grano y el inicio de traslocación de fotosintatos que se evidencia con la presencia de una sustancia lechosa (almidón) en el grano diseccionado. Este estado se observó entre los 80 a 106 días, estos valores difieren significativamente de acuerdo a la prueba Tukey ($\alpha= 0.05$). La más precoz fue Salcedo INIA y las más tardías fueron Amarilla de Maranganí, Quillahuaman INIA, Amarilla Sacaca y Blanca de Junín (Cuadro N° 13).

Grano Pastoso

Corresponde al estadio en el cual el grano pierde el color verde y toma el color característico de la variedad y al diseccionarlo se observa la presencia de una sustancia pastosa de color blanco. Esta fase fue alcanzada entre los 102 a 129 días, estos valores difieren significativamente de acuerdo a la prueba Tukey ($\alpha= 0.05$). Pasankalla fue la más precoz y las más tardías fueron Amarilla de Maranganí, Quillahuaman INIA, Amarilla Sacaca y Blanca de Junín (Cuadro N° 13).

Maduración

Este estado se relaciona con las plantas de color pajizo y los granos con una humedad de 14 a 16%. El rango fue de 112 a 155 días (Cuadro N° 13). Entre estos valores existen diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la prueba Tukey ($\alpha= 0.05$). Correspondiendo el valor más bajo a Hualhuas el más alto a Amarilla de Maranganí.

Cuadro 12.

Cuadros Medios de días de crecimiento vegetativo, días de botón floral, días de piramidación, días a la floración, días a la antesis, días al estado de grano acuoso, días al estado de grano lechoso de once variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a condiciones de costa central La Molina. Junio 2013- Enero 2014

FV	G.L.	Desarrollo Vegetativo	Boton floral	Piramidación	Floración	Antesis	Grano acuoso	Grano lechoso	Grano pastoso	Maduración
BLOQUE	3	0.60606	0.26515	10.4469	0.5075	0.1818	0.26515	0.083	0	0
TRAT.	10	141.59**	125.422**	315.56**	338.322**	297.86**	272.413**	392.218**	377.82**	571.27**
ERROR	30	0.0939	0.13181	4.2969	0.5409	0.215	0.1651	0.13	0	0
TOTAL	43									
C.V. = %		0.91	0.82	3.47	1.04	0.59	0.46	0.38	0	0
Promedio=		33.45	43.97	59.66	70.47	78.09	86.66	95.39	119.36	139.27

Cuadro N 13 : Valores medios y prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) de la duración promedio de días de las diferentes etapas de desarrollo fenológico de las once variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) a condiciones de costa central La Molina. Junio 2013- Enero 2014

	Desarrollo Vegetativo	Botón Floral	Piramidación	Floración	Antesis	Grano Acuoso	Grano Lechoso	Grano pastoso	Maduración
Quillahuaman INIA	49.25 a	52.5 a	71.5 ab	84 a	92 a	99 a	106.00 ab	125.3 ab	143.0ab
Blanca de Junín	30 d	51.75 a	69.8 b	83.8 a	90.25 ab	98.5 a	106.25 a	128 a	151.5a
Amarilla marangani	35.8 c	52 a	75.5 a	80.25 b	88.00 b	95 b	106.00 ab	127a	142.5 ab
Amarilla sacacca	36.8 b	47 b	62.8 c	78 c	84.75 bc	93.8 c	106.00 ab	127a	141.8 bc
Hualhuas	30 d	40 c	55 d	65.3 de	72.75 c	84.8 d	97.25 bc	123.5 ab	143.3 ab
Huancayo	30 d	40.5 c	52.8 de	64.8 e	71.25 cd	84.8 d	96.00 bc	123 ab	141.5 ab
Blanca de juli	30 d	40 c	56 d	65.5 de	72.00 c	81.3 e	91.75 cd	114.8 cd	131.8 de
Negra Collana	30 d	40 c	56 d	67 d	72.00 c	80.3 f	92.00 cd	108 de	132.3 de
Pasankalla	36 bc	40 c	49 e	60.5 f	72.00 c	80 f	84.00 d	102.8 e	110.5 de
Salcedo INIA	30 d	40 c	51.5 de	59.3 f	72.00 c	79.5 f	80.00 e	109 de	122.3 cd
Altiplano	30 d	40 c	56.5 d	67 d	72.00 c	77 g	84.00 d	115.5 cd	143.8 ab

Fuente: Elaboración propia

Las once variedades evaluadas en este experimento, presentaron semejanzas desde las fases de crecimiento vegetativo hasta botón floral, luego se agruparon por quinuas provenientes de zonas de valle y del altiplano. Estas diferencias pueden atribuirse al genotipo, al medio ambiente y a la interacción genotipo x ambiente, como señalan Bertero, et. al., (2004) y Galwey y Risi (2006). Según lo mencionado por Castillo y Castellví (1996), las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración. En el presente trabajo se puede apreciar que las temperaturas mas altas de la Costa, especialmente al final del ciclo, aceleraron las fases de crecimiento y desarrollo de la quinua.

Se debe recalcar que la sensibilidad al fotoperiodo varía entre los cultivares de quinua. En general, el efecto de estas condiciones alteraron la secuencia normal del desarrollo de la planta, al final del cultivo se obtuvieron plantas con panojas cuyos granos presentaron diferentes grados de desarrollo, desde acuoso hasta pastoso, esto también lo reportó Quillatupa (2009) quien evaluo 16 accesiones de quinua en costa central (La Molina) durante los meses de primavera – verano.

En base a lo observado en la presente investigación y a las definiciones de las fases de crecimiento y desarrollo de los cultivos por diferentes autores y cultivos de quinua propuesta por diferentes autores, se realizaron las evaluaciones de fenología de acuerdo con el código decimal citados por Quillatupa (2009).

Mujica (2006) no considera en su descripción de la fenología de la quinua a la fase de germinación, considerando a la emergencia como primera fase. El tiempo promedio de la fase 0: germinación (hasta hojas cotiledóneas) fue de 7 días para las once variedades. Es importante mencionar que la primera evaluación se realizó al séptimo día por lo que todas ya habían germinado. Dichos valores están dentro del rango de duración descrita por Mujica (2006) en condiciones de sierra, donde las hojas cotiledóneas extendidas ocurren entre los 7 y 10 días. Quillatupa (2009) evaluó la fenología de 16 accesiones de quinua en costa central (Lima) y señala que la germinación duró 4,63 días en promedio, sin embargo Mendoza (2013) señala que el valor promedio de sus 25 accesiones que formaron grano, el valor promedio fue de 5,5 días.

Para la fase 1.0 (desarrollo vegetativo), en este trabajo se plantea como un periodo de formación y desplegamiento de hojas, hasta diez hojas en total (quinto par de hojas verdaderas), lo cual permite una fácil y distinguible evaluación de las mismas. Mujica (2006), describe la formación de hojas en tres pares, hace mención de un cuarto par de hojas sin considerarlo dentro de esta fase sino en la siguiente (ramificación). Adicionalmente, Quillatupa (2009) señala que las accesiones de quinua en costa central, alcanzaron el primer

par de hojas a los 10,44 días y el quinto par a los 33,56 días. El desarrollo vegetativo en el presente experimento duró entre 30 a 36,8 días, un mayor número días a diferencia de lo reportado por Quillatupa (2009) y Mendoza (2013) quien reportó para esta fase entre 26 y 31 días.

La fase 2.0 (ramificación), describe la formación de hojas y ramas en las axilas de las hojas verdaderas del tallo principal, lo cual se inicia en forma general a partir de la formación de 6 hojas verdaderas o 3 pares de hojas (Quillatupa, 2009). Mujica describe la fase de ramificación a partir de las 8 hojas verdaderas (cuarto par de hojas), ocurriendo entre los 45 y 50 días. En la presente investigación no se realizó esta evaluación.

La fase 3 (desarrollo del botón floral) según Mujica (2006), esta fase inicia con el botón floral visible o formación de un botón compacto protegido por hojas hasta que alcance 1 cm de longitud, así mismo señala que la duración de esta fase es entre 55 y 60 días. En esta investigación los rangos van de 40 a 52 días, siendo menor a los mencionados por Mujica (2006). Adicionalmente, Quillatupa (2009) menciona que esta fase inició a los 33.94 días y duró en promedio 12 días.

La fase 4.0 (desarrollo de la inflorescencia), se da desde el inicio de piramidación hasta la inflorescencia completa, según Mujica (2006) conocida como panojamiento. Según Quillatupa (2009), esta fase inició a los 49,88 días y terminó a los 59,81 días, similar con lo observado en la presente investigación.

La fase 5.0 (floración), según Quillatupa (2009), se considera desde la apertura de flores hasta la liberación del polen, así mismo señala que esta fase se inició a los 61,25 días y culminó a los 76,88 días. Así mismo Mujica (2006) menciona que la apertura de flores ocurre entre los 75 y 80 días y la plena floración ocurre entre los 90 y 100 días. De acuerdo a lo investigado en el presente trabajo, hay una mayor semejanza con lo evaluado por Quillatupa (2009).

La fase 6.0 (antesis), consideró al periodo desde que las anteras liberaron el polen hasta su marchitez y colgado de las flores en forma muy visible. Mujica (2006) no considera esta fase en su trabajo de descripción de las fases fenológicas. Según Quillatupa (2009), esta fase duró en promedio 6 días, resultando menor en dos días por la presente investigación.

La fase 7.0 (grano acuoso), describe el crecimiento del grano producto de la fecundación, esta fase tampoco fue citada por Mujica (2006), pero sí por Bonifacio et. Al (2007) citado por Quillatupa (2009). Este mismo autor, menciona que esta fase culminó a los 100,44 días y duró en promedio 14 días. En la presente investigación, el promedio fue de 10 a 12 días, con excepción de Salcedo INIA que el cambio de fase duró menos de 7 días.

La fase 8.0 (grano lechoso), considera el incremento del tamaño diámetro del grano producto de la translocación de sustancias de reserva hacia los granos, además, el contenido del grano es una sustancia lechosa. Mujica (2006) menciona que esta fase dura entre ocurre entre los 100 y 130 días, por otro lado Quillatupa (2009) menciona que esta fase culminó a los 114,19 días y duró 15 en promedio para las variedades que evaluó en la costa central, sin embargo para la presente investigación, la duración promedio fue de 20 días, mayor a lo mencionado por Quillatupa (2009) y menos a lo mencionado por Mujica (2006).

La fase 9.0 (grano pastoso), esta fase descrita por Mujica (2006), la describe como grano pastoso y madurez fisiológica, a esta última la consideró como fase final. Quillatupa (2009) señala que las accesiones de quinua en costa central, culminaron la fase de grano pastoso, llegando a la madurez fisiológica en 135,94 días en promedio y duró aproximadamente 22 días, resultando 4 días mayor a comparado con la presente investigación.

Las fases fenológicas no se presentaron una detrás de la otra, sino muchas de ellas se superpusieron como sucede en los cereales.

La duración de las diferentes fases fueron mas cortas que las descritas por Mujica (2006), excepto en la fase de grano lechoso, que en promedio para las 11 variedades duró 5 días mas a lo mencionado por Mujica (2006). Asi mismo ocurrió para la fase de madurez fisiológica el promedio fue ligeramente menor al rango del autor.

Considerando el origen de las variedades, Negra Ccollana, Pasankalla, Salcedo, Quillahuaman, Altiplano, Blanca de Juli, son quinuas del altiplano y Amarilla Marangani, Amarilla Saccaca, Huancayo, Hualhuas, Blanca de Junin, pertenecen a las quinuas de valle. Las quinuas de valle se consideran de ciclo de vida mas largo (Tapia, 1997). Siendo la variedad Pasankalla, Salcedo, Blanca de Juli y Negra Ccollana las mas precoces, seguida de Huancayo, Amarilla Saccaca, Amarilla Marangani, entre otras.

Las variaciones en el desarrollo de las diferentes fases fenológicas de la quinua, también fueron descritas por varios autores (Risi, 1986, Jacobsen, 1997, Bertero et al., 1999a), los cuales evaluaron genotipos de diferentes orígenes. Según Bareto et al., (1999a) el factor de mayor influencia en el ensayo es la temperatura.



Figura 21: Crecimiento Vegetativo



Figura 22: Desarrollo de la Inflorescencia



Figura 23: Floración



Figura 24: Antesis



Figura 25: Grano Lechoso



Figura 26: Maduración



Figura 27: Maduración

4.3.2. Determinación de las unidades de calor ($^{\circ}\text{D}$) requeridas para las Fase Fenológicas

En el Cuadro N° 14 se presentan los resultados del ANVA para unidades de calor necesarios para el desarrollo fenológico de la quinua en las condiciones del experimento. Se puede apreciar que existe significación para tratamientos (variedades) **unidades de calor ($^{\circ}\text{D} = \text{Grados Día}$)** para crecimiento vegetativo, botón floral, de piramidación, la floración, la antesis, estado de grano acuoso, estado de grano lechoso, estado de grano pastoso y maduración.

El coeficiente de variación para Grados Días ($^{\circ}\text{D}$) de crecimiento vegetativo, piramidación, floración, antesis, estado de grano acuoso, estado de grano lechoso, grano pastoso y maduración fueron iguales a 0.24%, 0.07%, 0.12%, 0.15%, 0.10%, 0.16% , 0.09% y 15.55%; respectivamente.

En el Cuadro N° 15 se presentan los resultados de los Grados Días ($^{\circ}\text{D}$), para las fases fenológicas estudiadas y la Prueba de Tukey se puede apreciar que existen diferencias significativas entre los valores encontrados en todas las fases fenológicas.

Crecimiento Vegetativo

Según el cuadro N° 15, el rango va desde 196.2 a 363.4 Grados Días ($^{\circ}\text{D}$); existen diferencias significativas entre estos valores de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) El valor más

bajo fue observado en las variedades Huancayo, Hualhuas, Blanca de Junín, Negra Ccollana, Salcedo INIA y Altiplano y el mayor valor en Quillahuaman INIA.

Piramidación

Los valores van desde 161.47 a 509.28 Grados Días (°D), correspondiendo el valor más bajo a Pasankalla y el más alto a Amarilla de Maranganí. Existen diferencias significativas entre los valores observados de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) y los datos se presentan en el Cuadro N° 15.

Floración

El rango fue de 51.9 a 172.7 Grados Días (°D), con el valor más bajo para Amarilla de Maranganí y el más alto para Blanca de Junín. Existen diferencias significativas entre los valores observados de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$)

Antesis

Según el cuadro N 15, el rango va desde 45.8 a 124.58 Grados Días (°D), siendo el requerimiento de Grados Días (°D) más bajo para la variedad Negra Ccollana y el más alto la variedad Quillahuan INIA y Salcedo INIA. Existen diferencias significativas entre los valores observados de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$)

Grano Acuoso

Los rangos van desde 77.45 a 132.75 Grados Días (°D), correspondiendo el menor valor a la variedad Negra Ccollana y el valor más alto a Amarilla Sacacca. Existen diferencias significativas entre los valores observados de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$)

Grano Pastoso

El rango fue de 154.58 a 335.65, en este caso el valor más bajo fue observado para Negra Ccollana y el más alto para Altiplano. Existen diferencias significativas entre los valores observados de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$).

Maduración

El rango varió de 86 a 275. 51 Grados Días (°D), el valor más bajo Pasankalla y el valor más alto Blanca de Junín. Existen diferencias significativas entre los valores observados de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$).

Salazar (1992), calculó la influencia de las unidades de calor de las diferentes fases fenológicas de 20 genotipos de quinua en el distrito de Anta en el Departamento de Ancash – Perú. Precizando 5 etapas fenológicas: germinación, dos pares de hojas verdaderas, panojamiento, floración y maduración, cada uno con un promedio de 57.93, 147.69, 629.19, 1068,60 respectivamente, utilizando como temperatura base 10 °C.

Comparando lo previamente mencionado por Salazar (1992) con el presente trabajo, las diferencias se evidencian a la madurez fisiológica, en La Molina las 11 variedades de quinua presentaron requerimientos de unidades de calor que en promedio duplicaron lo observado por Salazar (1992). Esto muestra el proceso de tropicalización de algunas accesiones de quinua, informado por muchos autores, se manifiesta a medida que los campos de cultivo se acercan a la línea ecuatorial. El ciclo de vida del cultivo se prolonga, principalmente por rebrotres continuos de ramas axilares y florales como lo menciona Quillatupa (2009).

Según indica Mendoza (2013) determinó las unidades de calor para cada fase fenológica de 16 genotipos de quinua, bajo condiciones de costa central, en La Molina – Lima. Usó 7°C como temperatura base (Tb). Calculó los grados días en base a grados hora, según lo planeado por Snyder *et al* (1999) a quien cita en su experimento. Después correlacionó las unidades de calor con las fases fenológicas previamente determinadas. Las unidades de calor acumuladas requeridas para culminar cada fase fueron: germinación 44.32, desarrollo vegetativo 316.29, ramificación 269.32, desarrollo del botón floral 443.36, desarrollo de la inflorescencia 623.50, floración 864.21, antesis 1220.28, grano acuoso 1219.14, grano lechoso 1441.14 y grano pastoso 1804.29.

Contrastando estos resultados con los obtenidos en el presente experimento, las unidades de calor requeridas promedio para cambiar de fase fueron: germinación (119.35°D), crecimiento vegetativo (416.87°D), piramidación (511.46°D), floración (175.38°D), antesis (129.58°D), grano acuoso (142.36°D), grano lechoso (156.62°D), grano pastoso (415.44°D), maduración (331.69°D), con unidades de calor acumuladas promedio de 2398.75°D.

Las variedades de quinua presentes en este experimento presentaron requerimientos de unidades de calor mayores a los obtenidos por Quillatupa (2009). Estas diferencias se deben a que probablemente las temperaturas del periodo octubre 2007 – abril 2008, donde

Quillatupa realizó su experimento, fueron menores al periodo de julio 2013 – enero 2014 donde se desarrollo el presente trabajo. Es importante resaltar que los factores abióticos externos influyen sobre las variedades y su comportamiento. Esto es sustentado por Neild y Smith (1983) quienes sostienen que las variedades de los cultivos requieren de diferentes valores acumulados de grados – día ($^{\circ}\text{D}$) en función a su ciclo de desarrollo.

Según McMaster *et. al.*, 1997, es importante recalcar que la temperatura base varía entre una especie y otra, y posiblemente entre cultivares, incluso varñie con la etapa de crecimiento en estudio.

Cuadro 14.-Análisis de varianza de las unidades de calor (°D= Grados Día) de las diferentes etapas de desarrollo fenológico de las once variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a condiciones de costa central La Molina. Junio 2013- Enero 2014

FV	G.L	Crecimiento Vegetativo	Piramidación Floral	Floración	Antesis	Grano Acuoso	Grano Lechoso	Grano Pastoso	Maduración
BLOQ	3	0.5469	0.1136	0.03815	0.02068	0.01768	0.01439	0.112	911.9844
TRAT.	10	10985.32**	37858.79**	4024.55**	3317.37**	3856.67**	8861.69**	10644.74**	16934.07**
ERROR	30	0.3162	0.0663	0.01729	0.01554	0.01066	0.02523	0.0573	908.1564
TOTAL	43								

C.V (por ciento)		0.247	0.07	0.12	0.15	0.10	0.16	0.098	15.55
-------------------------	--	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------

Cuadro 15: Unidades de calor (grados día) y Tuckey de las diferentes etapas de desarrollo fenológico de las once variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a condiciones de costa central La Molina.

Variedades	Germinación	C. Vegetativo	Piramidación	Floración	Antesis	Grano Acuoso	Grano Lechoso	Grano pastoso	Maduración	Total Ciclo
Quillahuaman INIA	119.35 A	362.6 D	747.75 A	232.95 B	117.8 G	133.4 E	150.4 G	394.7 F	439.2 B	2698 A
Blanca de Junín	119.35 A	362.6 D	489.8 F	160.6 G	130.3 D	200.1 B	217.05 A	450.6 E	359.7 D	2490 B
Amarilla marangani	119.35 A	655.6 A	454.85 H	215.45 C	135.3 C	115.1 I	123.7 H	343.2 I	326 F	2488 C
Amarilla sacacca	119.35 A	458.3 C	734.5 B	80.45 J	121.5 E	116.7 H	182.9 E	372.2 H	288 H	2474 D
Hualhuas	119.35 A	362.6 D	459.55 G	190.85 D	114.3 H	233.8 A	182.1 F	467.8 D	343.6 E	2474 D
Huancayo	119.35 A	474.9 B	504.15 E	245 A	119.3 F	152.3 C	199.75 C	372.2 H	270 I	2456 E
Blanca de juli	119.35 A	362.6 D	520.55 C	129.85 H	80.9 J	81 J	116.4 I	538.4 A	506.9 A	2456 E
Negra Collana	119.35 A	362.6 D	459.55 G	190.85 D	114.3 H	145.9 D	187. 85 D	388.6 G	307.2 G	2276 F
Pasankalla	119.35 A	362.6 D	505.65 D	176 F	83.1 I	129.1 G	204.7 B	267.4 J	428.4 C	2276 F
Salcedo INIA	119.35 A	362.6 D	444.35 I	123.7 I	212.6 A	130 F	87.85 J	488.6 B	234.4 J	2203 G
Altiplano	119.35 A	458.3 C	305.35 J	183.5 E	196.2 B	130 F	70.1 K	486.3 C	145.3 K	2094 H

Fuente: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

OBJETIVO 1

1. Las variedades comerciales con mejor rendimiento de granos por hectárea en condiciones de costa central Campaña 2013-14 fueron: Altiplano (5Tn/ha) Quillahuaman (3.6Tn/ha) y Amarilla Sacacca (3.1 Tn/ha).
2. Las variedades con mayor contenido de proteína fue Negra Ccollana con 18.76 por ciento de proteína y la de menor porcentaje fue Pasankalla con 11.99 por ciento.
3. La variedad con mayor contenido de saponina fue la variedad Blanca de Juli (1.069 por ciento) y la que presentó menor contenido de saponina fue Altiplano (0.00 por ciento). La mayoría de las variedades evaluadas son dulces a excepción de las variedades Amarilla Marangani, Amarilla Sacacca, Huancayo y Blanca de Juli que pertenecen al grupo de quinuas amargas

OBJETIVO 2

1. El factor biótico más limitante de la campaña fue el mildiú causado por el hongo *Perenospora variabilis*. A nivel de las variedades las del altiplano presentaron mayor incidencia de mildiú al inicio de la campaña y las del Valle una mayor incidencia de esta enfermedad en las etapas fenológicas finales. La enfermedad varió de trazas 1% a 70%

OBJETIVO 3

1. Las fases fenológicas de las once variedades de quinua tuvieron los siguientes rangos de duración en la campaña 2013-14: germinación (desde la emergencia hasta las dos hojas cotiledonales) de 7 a 10 días, crecimiento vegetativo de 17 a 25 días, piramidación floral de 45 a 50 días, floración de 80 a 84 días, antesis de 90 a 99 días, grano acuoso de 95 a 111 días, grano lechoso de 100 a 124 días, grano pastoso de 16 a 26 días, maduración de 130 a 150 días.
2. Los Grados Días acumulados en las diferentes fases fenológicas de las 11 variedades de quinua en la campaña 2013-2014 fueron: germinación: 69.05 °D crecimiento vegetativo (227.57 °D), piramidación floral (344.73 °D), floración (105.899 °D), antesis (78.97 °D), grano acuoso (96.22 °D), grano lechoso (97.14 °D), grano pastoso (242.86 °D), maduración (193.729 °D).

VI. RECOMENDACIONES

1. Extender las pruebas de campo de las variedades que presentaron mayor rendimiento en condiciones de costa central, a otras localidades de la costa peruana.
2. Seleccionar variedades resistentes al mildiú o variedades donde el ataque del patógeno no interfiera con el llenado de grano, controlar al patógeno en el momento oportuno.
3. Utilizar variedades provenientes del altiplano ya que el rendimiento es considerable, el grano es blanco y el tamaño de la planta ofrece un mejor manejo del cultivo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADEX. Abril del 2012. (Asociación de Exportadores), Noticias. <http://www.adexperu.org.pe/>
2. AGRODATA Perú. <http://www.agrodataperu.com/>
3. Aguilar y Jacobsen, S.-E. 2003. Cultivation of Quinoa on the Peruvian Altiplano. Food Reviews Intemntional. New York. Vol. 19, N°. 1 y 2. Páginas: 31 - 41
4. Álvarez, R. 2009. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo "Identificación de genotipos del Banco de Germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) de la UNALM por tolerancia a sales. UNALM. Lima - Perú. 103 páginas.
5. Apaza W. 1995. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo "Efectos de densidad y niveles de fertilidad en el rendimiento de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Costa Central. UNALM. Lima, Perú. 112 páginas.
6. APG 111, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. Botanical Journal of the Linnean Society. Vol. 161. Páginas: 105- 121.
7. Aragón. L. 1991. El Mildiú en 4 especies de *Chenopodium*. Tesis para optar el título de ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima, Perú. 65 páginas.
8. Artica, M., Párraga, A y Jacobsen, S.-E, 2013. Adaptabilidad de 12 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en clima de selva alta Oxapampa-Perú.
9. Astuhuamán, L. 2007. Efecto de la cocción - extrusión en la fibra dietaria y en algunas propiedades funcionales de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis para optar el título de ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Facultad de Industrias Alimentarias. Lima, Perú.
10. Bach, A P. y Jacobsen, S.-E. 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Seed Science and technology. Vol. 26. N° 2. Páginas: 515-523.
11. Barnett, A M. 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de 3 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima- Perú. 138 páginas.
12. Bertero, H. D. R. W. King y A. J. Hall. 1999a. Photoperiod- sensitive development phase in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Res. 60: 231- 243.

13. Bhargava, A, Ohri, D. y Shukla, S. 2008. Implications of direct and indirect selection parameters for improvement of grain yield and quality components in *Chenopodium quinoa* Willd. International Journal of Plant Production. Vol. 2. N° 3. Páginas: 184-191.
14. Bois, J. F., Lhomme, J. P. y Winkel, T. 2006. Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing. European Journal of Agronomy. Vol. 25. Páginas: 299-308.
15. Bonifacio, A 2003. *Chenopodium* Sp.: Genetic Resources, Ethnobotany and Geographic Distribution. Food Reviews International. New York. Vol. 19, N° 1 y 2. Páginas: 1-7.
16. Borges, J., Bonomo, R., Paula, C., Oliveira, L. y Cesário, M. 2010. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Physicochemical and nutritional characteristics and uses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) TEMAS AGRARIOS. Vol. 15. N° 1. Páginas: 9 - 23.
17. Castillo, F. E., y Castellví, S. 1996. Agrometeorología. Ediciones mundi-prensa Madrid, España. 517 páginas.
18. Cárdenas, G. 1999. Selección de cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) por su resistencia a la sequía. Tesis de Ing. Agro. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela profesional y Académica de Agronomía. Arequipa, Perú. 95 p.
19. Castroviejo Bolibar, M. Producción y productividad de la quinua. Revista Ambienta. (<http://www.ecoticias.com/naturaleza/67270/2012/06/21/quinua-amaranthus-blitum-inca-garcilaso->)
20. Danielsen, S., Bonifacio, A y Ames, T. 2003. Diseases of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Food Reviews International. New York. Vol. 19, N° 1 y 2. Páginas: 43 - 59.
21. Danielsen, S. y Ames, T. 2000a. El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Zona Andina. Manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno. Lima, Perú. 32 páginas.
22. Danielsen, S., Ames, T., Echegaray, J. y Jacobsen, S.-E. 2000. Impact of Downy Mildew on the Yield of Quinoa. Andean Roots and Tubers and others Crops. CIP Program Report 1999 - 2000. Lima, Perú. Páginas: 397 - 401.
23. Delgado, A 1., Palacios, J. H. y Betancourt, C. 2009. Evaluación de 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). Agron. Colomb. Vol27 no 2. Bogotá.

24. Echegaray, T. 2003. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo "Evaluación de Métodos de Cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de costa". UNALM. Lima - Perú. 105 páginas.
25. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), University of Cardaba and IAS - CSIC, KU Leuven University y University of California. 2012. Crop Yield Response to Water. Herbaceous crops. FAO IRRIGATION AND DRAINAGE. P APER 66. Páginas: 230 - 235.
26. FAOSTAT. 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/>
27. FAOSTAT. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/>
28. Fontúrbel F. 2003. Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa* W. (Chenopodiaceae), debida a la presencia de las saponinas. 10 páginas.
29. Gandarillas, H. 1967. Observaciones sobre la biología reproductiva de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Saya. Sociedad de Ingenieros Agrónomos de Bolivia. Abril – Noviembre. La Paz, Bolivia 4 p.
30. Galwey, N. W. y Risi, J. 2006. Genotype x Environment interaction in the Andean grain crop quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Temperate Environments. Publicado online por el CIP.
31. Geerts, S. 2008a. Deficit Irrigation strategies via crop water productivity modeling: Field research of quinoa in the Bolivian Altiplano. Disertaciones en Agricultura. Facultad de Bio - ingenieursswetenschappen de Katholieke Universiteit Leuven. 211 páginas.
32. Geerts, S., D. Raes, M. García, J. Vacher, R. Mamani, J. Mendoza, R. Huanca, B. Morales, R. Miranda, J Cusicanqui y C. Tab ada. 2008b. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Science Direct. European Journal of Agronomy. Vol. 28. Pp: 427- 436.
33. Gesinski, K. 2008. Evaluation o f the development and yielding potential o f *Chenopodium quinoa* Wild. Under the climate conditions of Europe. Part two: Yielding potential of *Chenopodium quinoa* under different conditions. Acta Agrobotánica. Polonia. Vol. 61. N° 1. Páginas: 185- 189.
34. Gómez, L. y Eguiluz, A L. 2011. Catálogo del Banco de Germoplasma de Quinoa. UNALM. Primera Edición. Lima- Perú. 183 páginas.

35. Gómez P.L. 2003. La quinua. Original de Internet, revisado el 21-03-14 en: <http://www.samconet.com/productos/producto44/descripcion44.htm>.
36. Gonzales U. J y De la Torre H. J. 2009. Efecto del fotoperiodo y la temperatura sobre la concentración de saponinas en tres genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) provenientes de diferentes latitudes. Iquique - Chile. Página 2.
37. Hoyos, D., Morales, J. G., Chavarría, H., Montoya, A P., Correa, G. y Jaramillo S. 2012. Growing Degree Days Accumulation in a Cucumber (*Cucumis sativus* L.). Crop Grown in an Aeroponic Production Model. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín- Colombia. Vol. 65. N° 1. Páginas: 6389-6398.
38. INEI. 2011.
39. Jacobsen, S.-E., Monteros, C., Christiansen, J. L., Bravo, L . A , Corcuera, L. J. y Mujica, A 2004. Plant response of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) to frost at various phenological stages. European Journal of Agronomy. Vol. 22 (2005), Páginas: 131 - 139.
40. Jacobsen, S.-E y Sarensen, M. 2010. Quinoa y su producción en Bolivia: de éxito económico a desastre ambiental. Desafíos de la globalización a los sistemas agroalimentarios en américa latina. Ministry of Foreign Affairs of Denmark. International Development Cooperation. DANIDA Conferencia Internacional sobre América Latina NOLAN. La Paz - Bolivia. 125 páginas.
41. Jacobsen, S.-E. J. Christensen y A. Mujica. El efecto del fotoperiodo en la floración y el desarrollo de semilla en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). En: II Congreso Internacional de Quinoa: Agosto del 2007. Libro de resúmenes. Iquique, Chile. 90p.
42. Jacobsen, S.-E. y Risi, J. 2001. Distribución geográfica de la quinua fuera de los países andinos. En: Food and Agriculture Organization (FAO), "Quinoa futuro", Cap III. Versión 1.0 en CD ROM. Santiago, Chile. Pp 14.
43. Jacobsen, S.-E. y Valdez, A 1999. Primer taller internacional de quinua. Libro de Resúmenes. CIP. Lima, Perú. 126 páginas.
44. Jacobsen, S-E. 2003a. The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.). CIP, Lima, Perú. Food Reviews International. New York. Vol. 19, N° 1 y 1. Páginas: 167 - 177.
45. Jarma, A ; Cardona, C. y Araméndiz, H. Junio - 2012. Effect of climate change on the physiology of crop plants: a review. Revista U.D.C.A Actualidad & divulgación científica. Bogotá, Colombia. Vol.15. N° 1. Páginas: 63 - 76.

46. León, J. Setiembre 2003. Cultivo de Quinoa en Puno - Perú. Descripción, manejo y producción. UNA Puno - Perú. 62 páginas.
47. McMaster, Gregory, S. and Wilhelm, W. 1997. "Growing degree-days: one equation, two interpretations". Publications from USDA- Agricultura! Research Service, University of Nebraska- Lincoln /Faculty. Paper 83.
48. Mendoza, V. 2013. Comparativo de Accesiones de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Condiciones de Costa Central. Tesis para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo.
49. Quillatupa, C. 2009. Caracterización de las Fases Fenológicas, Determinación de Unidades de Calor y Rendimiento de 16 Genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en Condiciones de La Molina. Tesis para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo.
50. Mercedes, W. 2005. Efecto del estrés hídrico en la fisiología y rendimiento de cuatro variedades del cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en la especialidad de producción agrícola. Escuela de Post grado. UNALM. Lima, Perú. 72 páginas.
51. MINAG - OEEE. 2012. (Ministerio de agricultura - Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos. Direcciones Regionales y Subregionales de Agricultura.) <http://www.minag.gob.pe/portal/herramientas/estadisticas/dinamica-agropecuaria>
52. MINAG. 2013. (Ministerio de agricultura - Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos. Direcciones Regionales y Subregionales de Agricultura.) <http://www.minag.gob.pe/portal/herramientas/estadisticas/dinamica-agropecuaria>
53. Ministerio de Agricultura. 2011. Manejo y Fertilidad de Suelos Cereales y Granos Andinos. Manual Técnico. Equipo Técnico de Cereales, Leguminosas y Granos Andinos. Colaboración Técnica del Programa de Cereales y Granos Nativos Universidad Nacional Agraria La Malina. Lima - Perú. 47 páginas.
54. Mujica, A 2006. Descriptores para la caracterización del cultivo de quinoa. Manual para caracterización in situ de cultivos nativos. INIEA Lima, Perú. Páginas: 90 - 94.
55. Mujica, A, Jacobsen, S.-E., Izquierdo, J. y Marathe, J. P. 2001. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. Capítulo 11: Agronomía del Cultivo de la Quinoa. FAO. Santiago - Chile.
56. Mujica, A y Jacobsen, S.-E. 2006. La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. Páginas: 449-457.

57. Mujica, A, Rodríguez, D., Apaza, V., Canahua, A y Jacobsen, S.-E. 2006. Producción de quinua de calidad. Estacion experimental Illpa - Puno, Perú. 14 páginas.
58. Neild, R. E. and Smith, D. T. 1983. Maturity Dates and Freeze Risks Based on Growing Degree Days. Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln. Paper: G83-673 , extension 715. 6 páginas.
59. Nuñez, S. 2012. Tendencias del mercado mundial en granos andinos. Enfoque quinua. Primera convención internacional de granos andinos. Arequipa - Perú.
60. PIW ANDES. Enero - 2008. V alidar y sintetizar los atributos económicos y mercadeables de la biodiversidad andina con énfasis en los pobres y marginados. Informe Final. Puno, Perú. 256 páginas.
61. PROINPA Julio- 2011. La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. FAO oficina! regional para América Latina y el Caribe. 58 páginas. Disponible en http://www.ibce.org.bo/publicaciones/docu_rec.asp (Instituto boliviano de comercio exterior)
62. Quillatupa, R. 2009. Caracterización de las fases fenológicas, determinación de unidades de calor y rendimiento de 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de la malina. Lima - Perú. 158 páginas. Rasmussen, C., Lagnaoui, A y Esbjerg, P. 2003. Advances in the Knowledge of Quinoa Pests. Food Review International. New York. Vol. 19, N° 1 y 2, Páginas: 61 - 75.
63. Repo - Carrasco, R., Espinoza, C. y Jacobsen, S.-E. 2003. Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. New York. Vol. 19. N° 1 y 2. Páginas: 179- 189 Richards (1987) disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro14/cap4.6.htm>
64. Risi, J. 1986. Adaptation of the Andean grain crop quinoa for cultivation in Britain. Ph D-Thesis. University of Cambridge. 338 p.
65. Risi, J. Galwey, N.W. 1991b. The effects of sowing date and sowing rate on plant development and grain yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in a temperate environment. J. Agri. Sci. 117, 325 – 332.
66. Rivera, L. 1985. Efecto del distanciamiento entre surcos y entre plantas sobre el rendimiento y otros caracteres de dos ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. UNALM. Lima, Perú.

67. Salazar, S. A. 1992. Evaluación Comparativa de la fenología de 20 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones del Callejón de Huaylas. Tesis para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo.
68. Silva Sifuentes, Jorge (2000). "Origen de las civilizaciones andinas". En Teodoro Hampe Martínez. Historia del Perú. Culturas prehispánicas. Barcelona: Lexus. ISBN 9972-625- 35-4
69. Snyder, R. L., D. Spano y C. Casaraccio. 1999. Determining degree-day thresholds from field observations. Intl. J. Biometeorol. 45: 161 – 169.
70. Solíz, J. B., Jasso de Rodríguez, D., Rodríguez, R., Angula, J. L. y Méndez, G. 2002. Quinoa Saponins: concentration and composition analysis. Reprinted from: TRENDS IN NEW CROPS AND NEW USES. Alexandria, V A Páginas: 110 - 114.
71. Soto M, J.L. 2010. Granos andinos avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en bolivia. Capítulo IX Tecnología del cultivo de granos andinos. *Biodiversity Internacional* (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI)). Bolivia. 178 páginas.
72. Spehar C. R. y Lorena de Barros Santos, R. 2002 (Junio). Quinoa BRS Piabiru; alternativa para diversificar os sistemas de producao de graos. Pesquisa Agropecuaria brasileira. Brasilia, Brasil. Vol. 37. N° 6. Páginas: 889 - 893. Spehar, C. L. y Lorena de Barros Santos. R. 2005. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. Notas Científicas. Pesquisa. Agropecuaria brasileira. Brasilia, Brasil. Vol. 40. N° 6. Páginas: 609 - 612.
73. Tapia, F. 2003. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae "Influencia de dos tecnologías de cultivo en la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) en Costa." UNALM. Lima - Perú. 113 páginas.
74. Tapia, M. y Fries, A 2007. Guía de Campo de los cultivos Andinos. FAO- Roma, ANPE - Lima. Primera Edición. 209 páginas.
75. Tapia, M. 1997. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO

VIII. ANEXO

Anexo 1: Caracterización de 10 variedades comerciales de Quinuas del INIA a condiciones de costa central.

Variedad	Estado		TALLO									RAMI.		HOJA					
			TC	PP	FT	AT	DT(m)	PAP	PE	CE	CT			ICT	PR	cm			
N° Parcela	TC	PP	FT	AT	DT(m)	PAP	PE	CE	CT	ICT	PR	BHI	DHB	LMP	LMH	AMH	CHB		
Blanca de Junin-1	1	1	1	0	1.05	0	1	3(vc)	145A	3	0	2	7	7	7.6	7.5	N137C		
Blanca de Junin-2	1	1	1	0	1.5	1	1	3(vc)	145A	3	0	2	7	6.5	7.5	7.3	N137C		
Blanca de Junin-3	1	1	1	0	1.2	0	1	3(vc)	145B	3	0	2	7	7	9	7.5	N137B		
Pasankalla-1	1	1	1	0	0.75	0	1	3(pur)	145A	3	0	2	7	3	5	4.8	N137A		
Pasankalla-2	1	1	1	0	0.7	1	1	3(pur)	61A	5	0	2	3	4.3	7.4	5	137B		
Amarillo Marangani-1	1	1	1	1	1.05	1	1	3(rosa)	145B	3	1	2	7	9.5	8.8	7.8	N137B		
Amarillo Marangani-2	1	1	1	1	1.04	1	1	3(rosa)	145A	3	1	2	7	6.5	6.9	5.9	N137C		
Salcedo INIA-1	1	1	1	0	0.74	0	1	3(vo)	145B	3	0	2	5	3	5	3.8	N137B		
Salcedo INIA-2	1	1	1	0	1	0	1	3(vo)	145A	3	0	2	5	6	6	5	N137A		
Salcedo INIA-3	1	1	1	0	0.85	0	1	3(vc)	145B	3	0	2	7	6	6	7.5	N137B		
Aamarillo Sacaca-1	1	1	1	1	1.26	1	1	3(rosa)	145A	3	1	2	7	6.5	8.8	8	N137A		
Amarillo Sacaca-2	1	1	1	1	1.43	1	1	3(vo)	145B	3	1	2	7	6.5	7.9	5.4	147A		
Amarillo Sacaca-3	1	1	1	1	1.25	1	1	3(vo)	145A	3	0	2	7	3.8	7.9	5.7	N137B		
Quillahuaman INIA-1	1	1	1	1	1.32	0	1	3(vo)	145A	3	0	2	5	7	8.5	5.9	N137A		
Quillahuaman INIA-2	1	1	1	1	1.42	0	1	3(vo)	145A	3	1	2	3	9	8.6	5.7	N137A		
Hualhuas-1	1	1	1	1	1.34	1	1	3(vo)	145B	3	0	2	7	6	7.3	6.1	N137A		
Hualhuas-2	1	1	1	1	1.4	1	1	3(vo)	145B	3	0	2	7	5.3	7.4	5.6	N137A		
Hualhuas-3	1	1	1	1	1.43	1	1	3(vo)	145C	3	1	2	7	4.8	6.8	4.5	N137A		

Negra Collana-1	1	1	1	0	0.56	0	1	3(vc)	145A	3	1	2	3	5	6.5	4.9	N137B
Negra Collana-2	1	1	1	0	0.75	0	1	3(vc)	145B	3	0	2	3	1.9	4.2	2.6	N137A
Negra Collana-3	1	1	1	0	0.85	0	1	3(vc)	145A	3	0	2	3	3.1	4.4	3.7	N137A
Huancayo-1	1	1	1	1	1	1	1	3(vc)	144C	3	0	2	7	4.5	4.5	5.5	N137B
Huancayo-2	1	1	1	1	1.15	1	1	3(vc)	146C	5	1	2	7	5.5	5.5	6	N137B
Huancayo-3	1	1	1	1	1.05	1	1	3(vc)	144B	3	0	2	7	5	5	3.7	N137A
Huancayo-4	1	1	1	1	1	0	1	3(vc)	N137A	5	0	2	7	3.8	3.8	4.4	137B
Altiplano-1	1	1	1	1	0.8	0	1	3(vc)	145C	5	0	2	5	5.2	5.2	5	144C
Altiplano-2	1	1	1	1	0.9	0	1	3(vc)	145A	3	1	2	7	5.5	5.5	5.1	N137A

Variedad	INFLORESCENCIA O PANOJA							Caracteres del fruto					
N° Parcela	CPAM	ICPAM	CPC	ICPC	TP	FP	Den.P	Cperi	Cpericar	Cepisper	Asp.peris	F.bordefr	Ffruto
Blanca de Junin-1	10(vc)	3	1	3	1	3	5	1	2	2	1	1	2
Blanca de Junin-2	10(vc)	3	1	3	1	3	3	1	2	2	1	1	2
Blanca de Junin-3	10(vc)	3	1	3	1	1	5	1	2	2	1	1	2
Pasankalla-1	3	5	3	5	1	1	1	3	12	4	1	1	2
Pasankalla-2	3	5	3	5	1	1	3	3	12	4	1	1	2
Amarillo Marangani-1	3	3	10	1	1	3	7	1	6	7	1	1	2
Amarillo Marangani-2	3	3	10	1	1	3	7	1	6	7	1	1	2
Salcedo INIA-1	10(v)	3	1	5	1	1	5	1	4	2	1	1	2
Salcedo INIA-2	10(v)	3	1	5	1	1	5	1	4	2	1	1	2
Salcedo INIA-3	10(vr)	3	10	5	1	1	5	1	4	2	1	1	2
Aamarillo Sacaca-1	3	3	10	7	1	3	7	1	6	7	1	1	2
Amarillo Sacaca-2	3	3	10	7	1	3	3	1	6	7	1	1	2
Amarillo Sacaca-3	3	3	10	7	1	3	3	1	6	7	1	1	2
Quillahuaman INIA-1	10(v)	3	1	1	1	3	3	1	4	2	1	1	2
Quillahuaman INIA-2	10(v)	3	1	1	1	3	3	1	4	2	1	1	2
Hualhuas-1	10(v)	3	1	5	1	3	3	1	3	2	1	1	2
Hualhuas-2	10(v)	3	1	5	1	3	3	1	3	2	1	1	2
Hualhuas-3	10(v)	3	1	5	1	3	3	1	3	2	1	1	2
Negra Collana-1	7	5	8	7	1	3	3	1	13	6	1	1	2
Negra Collana-2	7	5	8	7	1	1	1	1	13	6	1	1	2
Negra Collana-3	7	5	8	7	1	1	1	1	13	6	1	1	2
Huancayo-1	3	5	3	5	1	3	3	3	2	2	1	1	2
Huancayo-2	3	5	3	5	1	3	1	3	2	2	1	1	2
Huancayo-3	3	5	3	5	1	3	1	3	2	2	1	1	2
Huancayo-4	3	5	3	5	1	3	1	3	2	2	1	1	2
Altiplano-1	1	3	1	5	1	3	3	1	4	2	1	1	2
Altiplano-2	1	3	1	5	1	3	3	1	4	2	1	1	2