

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TRATAMIENTOS DE ILUMINACIÓN Y TIEMPO EN  
LA PRODUCCIÓN DE GERMINADOS EN  
ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*)  
Y TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN.  
HUAMANGA-AYACUCHO. 2016**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**PRESENTADO POR:**

**DIANE SUSAN CENTENO CASAVARDE**

*Ayacucho—Perú*

**2016**



## DEDICATORIA

Con eterno amor a Dios por ser mi guía en el camino del bien.

Con mucho cariño y eterna gratitud a mis queridos padres  
Amador y Joaquina.

A mis hermanos Henry, Maycol, Wilber y Nayda.

A mi tío Charles Centeno.

A mi amado Ken.



## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía y a todos los docentes que la integran por el aporte fundamental en mi formación profesional.

Al M. Sc. Germán Fernando De la Cruz Lapa y al M. Sc. Francisco Condeña Almora, asesor y coasesor de la presente tesis respectivamente; por sus orientaciones, apoyo, tiempo, paciencia, experiencia y conocimientos brindados durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A los ingenieros Julio Danilo Vilca Vivas y Efigenio Quispe Curi por sus acertados consejos.

A Ken Esparta Ccorahua por su apoyo intelectual y emocional.

A mis compañeros y amigos Francisca del Pilar Gálvez, Leydi Mayra Huamání, Yesenia Canchari, Delia Mallqui, Leidy Escalante, Jesús Marco Pozo, Rocío Medina, Yuri Pacotaype, Nelson Vilcatoma, Gerónimo Quispe, María Mejía y a todas las personas que me brindaron su apoyo antes, durante y después de la ejecución de la presente tesis.

# ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>I</b>
<b>I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>3</b>
1.1 GERMINACIÓN . . . . .	3
1.1.1 Proceso de germinación . . . . .	3
1.1.2 Absorción de agua . . . . .	4
1.1.3 Respiración . . . . .	5
1.1.4 Metabolismo de la germinación . . . . .	6
1.1.5 Movilización de las sustancias de reserva . . . . .	8
1.1.6 Factores que influyen en la germinación . . . . .	9
1.2 GERMINADOS . . . . .	12
1.2.1 Ventajas de los germinados . . . . .	12
1.2.2 Materiales para producir germinados . . . . .	13
1.2.3 métodos para producir germinados . . . . .	13
1.2.4 Consideraciones generales . . . . .	13
1.3 GERMINADOS DE QUINUA . . . . .	14
1.3.1 Proceso de producción . . . . .	14
1.3.2 Contenido nutricional . . . . .	17
1.3.3 Usos . . . . .	18
1.3.4 Conservación . . . . .	18

<b>II MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>19</b>
2.1 UBICACIÓN . . . . .	19
2.2 MATERIAL GENÉTICO EMPLEADO . . . . .	19
2.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL . . . . .	19
2.3.1 Variables y factores en estudio . . . . .	19
2.3.2 Diseño experimental . . . . .	20
2.3.3 Croquis de la distribución de tratamientos . . . . .	24
2.4 INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO . . . . .	26
2.4.1 Fase de selección . . . . .	26
2.4.2 Fase de producción de germinados . . . . .	27
2.4.3 Fase de conservación de germinados . . . . .	28
2.5 VARIABLES EVALUADAS . . . . .	28
2.5.1 Fase de selección . . . . .	28
2.5.2 Fase de producción de germinados . . . . .	30
2.5.3 Fase de conservación . . . . .	31
2.6 PROCESAMIENTO DE DATOS . . . . .	32
<b>III RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>33</b>
3.1 FASE DE SELECCIÓN . . . . .	33
3.2 FASE DE PRODUCCIÓN DE GERMINADOS . . . . .	54
3.2.1 Porcentaje de germinación (%) . . . . .	54
3.2.2 Longitud del eje embrionario (cm) . . . . .	57
3.2.3 Índice de conversión . . . . .	59
3.2.4 Primera evaluación sensorial (escala hedónica) . . . . .	62
3.2.5 Segunda evaluación sensorial (escala hedónica) . . . . .	62
3.2.6 Contenido de proteína bruta (%) . . . . .	65
3.3 FASE DE CONSERVACIÓN . . . . .	67
3.3.1 Peso de germinado (%) . . . . .	67
<b>IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>68</b>
4.1 CONCLUSIONES . . . . .	68
4.2 RECOMENDACIONES . . . . .	69
<b>RESUMEN</b>	<b>70</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

1.1	Análisis proximal, contenido de minerales y vitaminas de granos de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) sin germinar y germinadas durante 24 horas. . . . .	17
2.1	Tratamientos de la fase de selección constituidos por 98 accesiones de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) del Banco de Germoplasma del LGVB. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	22
2.2	Tratamientos aplicados a las unidades experimentales en la fase de conservación de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	23
3.1	Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de calidad física y fisiológica de semillas de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	33
3.2	Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del peso de 1 000 semilla de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	35
3.3	Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del contenido de saponina de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	37

3.4	Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del porcentaje de germinación de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	39
3.5	Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del índice de conversión de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	42
3.6	Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables diámetro y espesor de semillas de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	45
3.7	Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del diámetro de semilla de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	46
3.8	Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del espesor de semilla de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	48
3.9	Probabilidad de selección $x > 15\%$ para todos los tratamientos en cinco variables cuantitativas y de $x < 15\%$ para la variable contenido de saponina en la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	50
3.10	Comparación de tratamientos seleccionados para una probabilidad de 15 % en seis variables evaluadas en la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	51
3.11	Valores de los tratamientos seleccionados en las seis variables evaluadas de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	52
3.12	Análisis de varianza del efecto de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG) en el porcentaje de germinación de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) en la fase de producción de germinados. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	54

3.13 Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del porcentaje de germinación por la interacción de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	55
3.14 Análisis de varianza del efecto de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG) en la longitud del eje embrionario de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) en la fase de producción de germinados. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	57
3.15 Análisis de varianza y estudio de modelos polinómicos de la longitud del eje embrionario (cm) de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) en la fase de producción de germinados, debido a tres tipos de iluminación (TI) y tres tiempos de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	58
3.16 Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la longitud del eje embrionario por el efecto de la interacción del tiempo de germinación (TG) y tipo de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	58
3.17 Análisis de varianza del efecto de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG) en el índice de conversión de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) en la fase de producción de germinados. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	59
3.18 Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del índice de conversión por la interacción de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	60
3.19 Tabla de frecuencia del sabor, olor y color de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) en diferentes platillos. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	62
3.20 Análisis de varianza del sabor de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	63



3.21	Análisis de varianza del olor de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	63
3.22	Análisis de varianza del color de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	64
3.23	Tabla de frecuencia del sabor, olor y color de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	64
3.24	Contenido de proteína bruta (PB) de semillas de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) sin germinar y germinadas en tres tipos de iluminación (TI) y tres tiempos de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	65
3.25	Análisis de varianza de tres temperaturas de almacenamiento en el peso de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) conservadas durante 15 días. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	67
3.26	Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del peso de germinados de quinua conservadas durante 15 días a tres temperaturas (T). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	67
A.1	Promedios generales de las variables evaluadas en la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	83
A.2	Promedios generales de las variables evaluadas en la fase de producción de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	85
A.3	Puntajes de la primera evaluación sensorial del sabor (S), olor (O) y color (C) de diferentes platillos con germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . . .	86

A.4	Puntajes de la segunda evaluación sensorial del sabor (S), olor (O) y color (C) de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) producidas en tres tipos de iluminación (TI) y tres tiempos de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2 016. . . . .	87
A.5	Promedios generales de las variables evaluadas en la fase de conservación de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ). Huamanga-Ayacucho, 2 016. . . . .	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de selección.	25
2.2	Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de conservación. . . . .	26
4.1	Resultados del contenido de nitrógeno de germinados de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) producidas en tres tipos de iluminación y tres tiempos de germinación. Huamanga-Ayacucho, 2 016. . . . .	82

## INTRODUCCIÓN

La quinua es un cultivo importante, según González y Prado (2015) porque sus granos constituyen una fuente importante de proteínas, aminoácidos esenciales, minerales, flavonoides, pigmentos, saponinas y almidón, que la convierten según FAO (2011) en un gran potencial económico, ya que puede ser utilizados en la industria alimentaria, química, farmacéutica y cosmética; por lo que no solo debe considerarse la producción de granos, sino también el desarrollo de valor agregado; así, una alternativa de producción es como germinados, que según Bravo *et al.* (2013), Chaparro *et al.* (2011) y Ramos y Villanueva (1998) suplen las deficiencias de la alimentación moderna por ser de fácil producción, de bajo costo y por presentar propiedades nutricionales superiores a las semillas secas, debido según Chaparro *et al.* (2010) a la utilización de sus reservas (carbohidratos, lípidos y proteínas), para el desarrollo de su eje embrionario; sin embargo, como la germinación depende de factores intrínsecos y extrínsecos, es importante obtener parámetros que permitan el desarrollo de sistemas eficientes de producción.

Por otro lado, en las últimas décadas se han estado realizando recolecciones de recursos fitogenéticos y su posterior conservación *ex situ* en bancos de germoplasma; constituyendo recursos importantes para los fitomejoradores, que buscan alcanzar nuevos ideotipos más productivos y nutritivos, que consuman menos insumos y satisfagan las preferencias sensoriales de los consumidores (Ri-

vera, 2015). Tal es el caso del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal de la EPA-FCA-UNSH que cuenta con un Banco de Germoplasma de quinua con 150 accesiones recolectadas de diferentes provincias de la región Ayacucho; los cuales constituyen un recurso potencial para la producción de germinados de quinua; sin embargo, aún no se han realizado ninguna evaluación al respecto con los genotipos de quinua de este banco de germoplasma, tampoco se tiene conocimiento del tipo de iluminación y tiempo de germinación adecuadas para su producción y la temperatura adecuada para su conservación.

Por las consideraciones anteriormente mencionadas, se plantea en la presente investigación los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Determinar el tipo de iluminación y el tiempo adecuado para la producción de germinados de accesiones de quinua y la temperatura óptima para su conservación.

### **Objetivos específicos**

1. Seleccionar accesiones de quinua adecuadas para la producción de germinados.
2. Determinar el tipo de iluminación y el tiempo de germinación óptimas para la producción de germinados de quinua.
3. Evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento en la conservación de germinados de quinua.

## **CAPÍTULO I**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **1.1. GERMINACIÓN**

Es la reanudación de las actividades de crecimiento del embrión, caracterizado por un estado metabólicamente activo, que se manifiesta fisiológicamente por una división celular y diferenciación y morfológicamente por una transformación del embrión en una plántula (Peretti, 1994).

«Es el proceso que se inicia con la toma de agua por la semilla seca (imbibición) y termina cuando una parte de ésta (eje embrionario en dicotiledóneas o radícula en monocotiledóneas) atraviesa las estructuras envolventes que la rodean (emergencia)» (Matilla, 2013, p. 551).

##### **1.1.1. Proceso de germinación**

Según García *et al.* (2006), en el proceso de germinación se distinguen tres fases:

###### **1.1.1.1. Fase de hidratación**

Consiste en la intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla, el cual va acompañado de un incremento proporcional en la respiración. Esta fase se produce tanto en semillas vivas y muertas, por lo que es independiente de la actividad metabólica de la semilla, aunque activa el metabolismo de las semillas viables.

#### **1.1.1.2. Fase de germinación**

En esta fase se producen las transformaciones metabólicas, necesarias para el correcto desarrollo de la plántula. La absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse.

#### **1.1.1.3. Fase de crecimiento**

Es la última fase de la germinación y se asocia con la emergencia de la radícula, se caracteriza por que la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria y la actividad metabólica. Según Matilla (2013), la emergencia de la radícula ocurre por el ablandamiento de la pared celular y la acción posterior de la presión de turgencia ejercida por las células localizadas en la zona de elongación.

Los procesos de germinación en las dos primeras fases son reversibles; por lo que las semillas que superan la fase de germinación pasan a la fase de crecimiento originando una plántula o por el contrario mueren.

#### **1.1.2. Absorción de agua**

Besnier (1989), denomina a este proceso como imbibición y considera que es un fenómeno puramente físico que activa el metabolismo de la semillas viables, aunque también ocurre en las semillas muertas y aletargadas; señala que el ingreso de agua a la semilla, a través del micrópilo o callo, provoca su hinchamiento y la posterior rajadura de las cubiertas seminales por que estas se vuelven más permeables; asimismo, indica que el embrión absorbe más agua en comparación al endospermo, ya que tiene mayor contenido de proteínas que tienen coloides que absorben agua.

Si ocurre desecación durante la germinación esta se ve perjudicada, más aún si el embrión está hidratado, ya que en ese tiempo el agua hidrata moléculas orgánicas y después se acumula en vacuolas citoplasmáticas, a partir del cual la desecación es perjudicial; sin embargo, existe un tiempo en el cual las semillas pueden desecarse sin que la germinación se vea perjudicada cuando se vuelva a rehidratar (Besnier, 1989).

De acuerdo con Besnier (1989), la absorción de agua por las semillas ocurre en tres fases; una fase inicial de rápida absorción, una fase intermedia donde la absorción se mantiene casi constante, desencadenando procesos metabólicos en las zonas humedecidas de la semilla y una fase final de intensa absorción de agua relacionado con la aparición de la radícula. Al respecto Matilla (2013) indica que en la fase inicial, la semilla seca (5-10 % de contenido en agua) tiene un potencial hídrico muy negativo aproximadamente de 100 MPa, por lo que tiende a imbibirse rápidamente, mientras que en la fase intermedia el potencial hídrico de la semilla es de 1-1.5 MPa; menciona además que las semillas que están en estado de dormición sólo atraviesan las dos primeras fases por razones aún desconocidas.

«La duración de cada fase depende de las características de la semilla (tamaño, contenido de sustratos hidratables, permeabilidad de la cubierta seminal, toma de oxígeno, etc.) y de las condiciones externas en las que se produce la imbibición (temperatura, composición del sustrato del suelo, contenido de humedad)» (Matilla, 2013, p. 551).

### **1.1.3. Respiración**

La respiración produce ATP y pirimidín nucleótidos para la intensa actividad metabólica que tiene lugar durante la germinación, mediante la glucólisis, ciclo de las pentosas fosfato y ciclo de Krebs (García *et al.*, 2006).

Según Besnier (1989), cuando la semilla se hidrata, los azúcares conservados en el eje embrionario se hacen disponibles para ser utilizados en la respiración, el cual se desarrolla en tres fases; una fase de rápida absorción de oxígeno, una fase de parada y una fase de incremento de la respiración como consecuencia de la ruptura de la testa por la radícula, que provoca la libre entrada de oxígeno y su rápido consumo, además aumenta la actividad metabólica general de la semilla, provocando la movilización de reservas que suministran sustratos para los subsiguientes procesos respiratorios más eficaces que los iniciales.

En la fase de parada, según Besnier (1989), la cantidad de oxígeno absorbido no incrementa, ya que la eficacia de las mitocondrias y enzimas implicadas en



el proceso respiratorio, que persisten con deficiencias en el eje embrionario de las semillas secas y que se activan con la imbibición, duran poco tiempo, interrumpiendo la respiración hasta que se restauren o formen mitocondrias y se sinteticen enzimas; sin embargo, en esta fase se sigue produciendo dióxido de carbono por una respiración anaerobia o fermentación, donde la glucólisis anaerobia suministra energía al producir etanol o ácido láctico que es poco eficiente desde el punto de vista energético ya que suministra solamente dos moléculas de ATP por cada molécula de glucosa respirada.

Matilla (2013), señala que la producción de etanol, a causa del déficit de oxígeno, se debe a la falta de acceso de éste desde el exterior, por la impermeabilidad de la cubierta seminal.

#### **1.1.4. Metabolismo de la germinación**

«A los pocos instantes de iniciarse la imbibición de la semilla viable, su actividad metabólica se reanuda. Se asume que las estructuras y las enzimas necesarias para tal fin deben estar presentes en la semilla seca; por consiguiente, han permanecido protegidas a lo largo de la desecación de ésta» (Matilla, 2013, p. 552)

##### **1.1.4.1. Reparación de membranas y orgánulos**

De acuerdo con Besnier (1989), la actividad metabólica inicial de la semilla embebida, en gran parte, es para reparar las mitocondrias, retículo endoplasmático y aparato de Golgi (incrementan la actividad metabólica de la semilla), que han quedado dañados por la desecación. La pérdida de viabilidad en semillas secas puede deberse a la incapacidad de realizar estas reparaciones.

Según Matilla (2013), los genes expresados en el período de imbibición de las semillas viables codifican enzimas y otras proteínas necesarias para la actividad metabólica celular básica (respiración, síntesis de membranas, síntesis de ácidos nucleicos y proteínas).

##### **1.1.4.2. Síntesis de ácidos nucleicos**

Besnier (1989), señala que los núcleos de las células del embrión conservan ARN mensajero, con mensajes precodificados que se activan con la imbibición;

sin embargo, su actividad dura poco tiempo ya sea por que se degradan o por que no puede sintetizar nuevas proteínas, debiéndose sintetizar nuevos ácidos nucleicos a los pocos minutos de la imbibición. La síntesis de ADN ocurre después de la del ARN y de las proteínas, debido a las reparaciones que necesita, el cual sólo puede realizarse en las semillas hidratadas.

En las semillas secas los ribosomas, el ADN cromosómico, las polimerasas y sintetazas se conservan en los ejes embrionarios y cotiledones; por ello, tras la imbibición se inicia la síntesis de proteínas, para lo cual el ADN cromosómico, donde están codificados los mensajes genéticos, son replicados por el ARN mensajero y luego son trasladados a los ribosomas, donde el ARN de transferencia ligado a los aminoácidos transfiere la información para la formación de proteínas (Besnier, 1989).

#### **1.1.4.3. Síntesis de enzimas**

Besnier (1989), indica que las enzimas se conservan en las semillas secas, principalmente en el eje embrionario y se activan cuando la semilla se hidrata; donde las enzimas glucolíticas como las  $\beta$ -amilasa,  $\alpha$ -glucosidasa y otras hidrolasas; las polimerasas y sintetazas del ARN y del ADN, diversas peroxidasas, deshidrogenasas, etc, son utilizadas para la respiración, síntesis de ADN y ARN, síntesis de proteínas y degradación de las reservas.

#### **1.1.4.4. Síntesis de hormonas**

De acuerdo con Besnier (1989), las hormonas que intervienen en los procesos fisiológicos de la semilla en germinación son:

- **Giberelinas**

Inducen a la síntesis de  $\alpha$ -amilasa.

- **Citocininas**

Promueven la síntesis de proteínas, el alargamiento de la radícula y la expansión de los cotiledones.

- **Ácido abscísico**

Inhibe la síntesis de la  $\alpha$ -amilasa por las giberelinas y también la emergencia radicular, esta última posiblemente porque dificulta el ablandamiento de la pared celular de la radícula y porque altera el gradiente de potencial hídrico entre el medio y la semilla (Matilla, 2013).

- **Auxina**

Contribuye al alargamiento celular.

- **Etileno**

Contrarresta el efecto del ácido abscísico, mediante la disminución de la sensibilidad al ácido abscísico endógeno por la semilla (Matilla, 2013).

### **1.1.5. Movilización de las sustancias de reserva**

Durante el desarrollo de las semillas tiene lugar el almacenamiento de una serie de materiales de reserva en los cotiledones y el endospermo. Estas sustancias tienen la misión de alimentar a la plántula hasta que ésta adquiera competencia fotosintética y se convierta en un organismo autótrofo. Para que las sustancias de reserva puedan entrar a formar parte de este metabolismo heterotrófico de la plántula es necesaria una hidrólisis previa de las mismas; de este modo dichas sustancias podrán ser transferidas desde los órganos de reserva a estos órganos en crecimiento activo, a través de las rutas celulares correspondientes (Matilla, 2013, p. 553).

#### **1.1.5.1. Hidratos de carbono**

Besnier (1989), menciona que después de la hidratación de la semilla, las giberelinas inducen la síntesis de  $\alpha$ -amilasa, que junto a la  $\beta$ -amilasa (presente en la semilla seca y activada por simple hidratación), convierten el almidón (amilosa y amilopectina) en glucosa que es utilizada para la síntesis de sacarosa, la cual es transportada a la plántula en desarrollo. El almidón también puede ser degradado por las fosforilasas en dextrina y fosfato de glucosa, esta última utilizada en la síntesis de sacarosa.

#### **1.1.5.2. Lípidos**

Los lípidos conservados en la semilla en forma de triglicerido, son degradadas por lipasas en glicerol (utilizados en la respiración) y en ácidos grasos, estas últimas son oxidadas en los glioxisomas produciendo succinato y posteriormente oxaloacetato en las mitocodrias, que se convierten en azúcar en el citoplasma, suministrando energía al embrión y participando en la síntesis de fosfolípidos. En los cereales los lípidos se acumulan en el embrión y en la capa de la aleurona (Besnier, 1989).

#### **1.1.5.3. Proteínas**

En cereales, las proteínas se encuentran en los cuerpos proteicos del endospermo y en los granos de la aleurona, en estos últimos, las giberelinas inducen la síntesis de proteinasas que provocan su hidrólisis, liberando aminoácidos; en las proteínas del endospermo, la  $\alpha$ -amilasa degrada los cuerpos protéicos, liberando aminoácidos que son transportados al embrión para la síntesis de proteínas estructurales y enzimáticas. En el caso de leguminosas, las proteínas están en los cotiledones y los aminoácidos producidos son transportados al eje embrionario y a los cotiledones para producir energía mediante la respiración (Besnier, 1989).

#### **1.1.5.4. Fitina**

Las reservas minerales en las semillas almacenadas en forma de fitina, son hidrolizadas por la fitasa en iones de fosfato, Mg, K y Ca que son transportados al embrión para ser metabolizados (Besnier, 1989).

### **1.1.6. Factores que influyen en la germinación**

#### **1.1.6.1. Factores internos (intrínsecos)**

##### **■ Madurez de la semilla**

Según García *et al.* (2006), una semilla está madura cuando alcanza su completo desarrollo morfológico y fisiológico; sin embargo, muchas semillas morfológicamente maduras, pueden ser incapaces de germinar porque aún necesitan experimentar una serie de transformaciones fisiológicas (pérdida de sustancias inhibitoras, acumulación de sustancias promotoras, etc).

Algunas semillas pueden estar fisiológicamente maduras, pero las células del tejido en empalizada de la cubierta seminal pueden ser impermeables al agua, las cubiertas seminales pueden ser duras y comprimir el embrión impidiéndole germinar (Matilla, 2013).

#### ■ Viabilidad de la semilla

«Es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento» (García *et al.*, 2006, p. 166).

Existen semillas que mantienen su viabilidad algunos días o meses y otras por muchos años al poseer una cubierta seminal dura y una actividad metabólica lenta (García *et al.*, 2006).

#### 1.1.6.2. Factores externos (extrínsecos)

##### ■ Humedad

Para que la semilla recupere su metabolismo es necesario la rehidratación de sus tejidos; por lo que es indispensable la disponibilidad de agua en el medio donde está la semilla, en la cantidad adecuada que permita el flujo a favor de la gradiente de potencial hídrico (García *et al.*, 2006).

El exceso de agua en el medio resulta desfavorable, ya que acelera la imbibición, lo cual provoca la rápida solubilización de los solutos, azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos y otros compuestos de la semilla; que pueden salir al medio porque las paredes celulares aún no funcionan como membranas semipermeables, más aún si la cubierta seminal está dañada, provocando la disminución de las reservas de la semilla y enriqueciendo el medio con nutrientes que promueven el desarrollo de patógenos (Besnier, 1989). Además, según García *et al.* (2006), el exceso de agua dificulta la llegada de oxígeno al embrión.

##### ■ Temperatura

Es un factor decisivo en el proceso de germinación, ya que las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la hidratación están

reguladas por enzimas, las cuales actúan dentro de un rango de temperatura, si estas están fuera del rango no ocurre la germinación aunque las otras condiciones sean favorables. El rango de temperatura varía de una especie a otra (García *et al.*, 2006).

#### ■ Gases

Las semillas requieren para la germinación un medio suficientemente aireado que permita la adecuada disponibilidad de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ , para que el embrión obtenga la energía necesaria para mantener sus actividades metabólicas. La mayoría de las semillas germinan en una atmósfera con 21 % de  $\text{O}_2$  y 0.03 % de  $\text{CO}_2$  (García *et al.*, 2006).

#### ■ Luz

Besnier (1989), también considera a la luz como un factor que influye en la germinación; ya que afirma que muchas semillas no germinan cuando se colocan en condiciones favorables, pero en la oscuridad; algunas permanecen aletargadas bajo una iluminación continua y otras germinan tanto en la luz como en la oscuridad. Los procesos metabólicos desencadenados por la acción de la luz están gobernados por el fitocromo, pigmento localizado entre el hipocótilo y la radícula.

La inducción del letargo por la luz intensa de alta irradiación en algunas semillas colocadas sobre la superficie del suelo, evita su germinación en condiciones precarias, al estar expuesto dicho suelo a una rápida desecación superficial. Por otra parte, la necesidad de luz que tienen muchas semillas para romper su letargo, constituye un mecanismo para impedir la germinación a excesiva profundidad en semillas pequeñas con escasas reservas, para evitar que las reservas se agoten antes de que la plántula emerja del suelo (Besnier, 1989).

La intensidad luminosa óptima para satisfacer los requerimientos de semillas cuya germinación es favorecida por la luz varía entre 750 y 1 250 unidades lux (Peretti, 1994).

## 1.2. GERMINADOS

Son alimentos que resultan de la germinación de las semillas, son conocidos también como brotes o vegetales frescos, ya que son plántulas suculentas de ciclo vegetativo corto (de tres a diez días según la especie), que pueden ser producidos en cualquier temporada y a bajo costo, además presentan propiedades nutricionales superiores a las semillas secas (Bravo *et al.*, 2013; Barrón *et al.*, 2008).

Según Botero (2015), son plantas cultivadas en interior, utilizadas como alimento y medicina natural, ya que presentan las siguientes características:

- Tienen alto contenido de agua (70-80 %).
- Las proteínas, minerales y vitaminas del grupo B, D y E se hacen fácilmente asimilables al ser consumidas. Además Ponce *et al.* (2013) indica que presentan vitamina C.
- Presentan aminoácidos inexistentes en la semilla.
- Sintetizan clorofila si están expuestas a la luz.
- Son de sabor dulce, porque los almidones se transforman en azúcares simples (dextrosa y maltosa).
- Presentan ácidos grasos esenciales.
- No contienen elementos tóxicos y ácidos (ácido fítico, ácido oxálico) presentes en la semilla como defensas naturales, al respecto Sangronis *et al.* (2006) encontró que en la germinación de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna sinensis* se degrada los  $\alpha$ -galactósidos, responsables de producir flatulencia en algunas personas después del consumo de los granos.

### 1.2.1. Ventajas de los germinados

Pásko *et al* (2009), citado por Buenrostro *et al.* (2016), señala:

La importancia de los germinados radica en que en años recientes ha surgido una nueva forma de nutrición a través del consumo de estos. Siendo considerados como vegetales atípicos e inclusive como alimentos funcionales, debido a

su valor nutritivo que incluye un alto contenido de aminoácidos, fibra, elementos minerales y vitaminas, así como flavonoides y ácidos fenólicos. (p. 8).

Según Botero (2015), las principales ventajas de los germinados son:

- Son fáciles de digerir al ser consumidas, ya que son alimentos predigeridos; además, mejoran el funcionamiento del sistema digestivo porque sus enzimas ayudan a recuperar la flora intestinal.
- Son alimentos altamente energéticos, debido a que los carbohidratos se convierten en azúcares simples, que al ser consumidas entran directamente al torrente sanguíneo y se transforman en energía.
- Presentan propiedades regeneradoras, rejuvenecedoras y desintoxicantes por su alto contenido en ADN y ARN.
- Proporcionan cantidades importantes de fibra, que según FAO (2011) lo convierte en un alimento depurador del cuerpo, por eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo.
- Incrementan el volumen del alimento, ya que se obtiene gran cantidad de brotes a partir de pocas cucharadas de semillas.
- Permiten ahorrar tiempo y combustible, ya que se consumen crudos y son de fácil preparación.
- Según Soleil (1994) citado por Botero (2015), son alimentos de supervivencia en caso de crisis y escasez de comida, ya que con lo que se alimenta una persona con carne se pueden alimentar 20 personas con germinados.

### **1.2.2. Materiales para producir germinados**

### **1.2.3. métodos para producir germinados**

### **1.2.4. Consideraciones generales**

De acuerdo con Botero (2015), para la producción de germinados se debe tomar en cuenta los siguientes consideraciones:



- Existen varios métodos para producir germinados, el cual depende de muchos factores entre ellos si es para producciones masivas o domésticas, en esta última el método del frasco es el más generalizado.
- El agua utilizada debe ser potable, para evitar la contaminación con ciertos patógenos (principalmente *Salmonella* spp y *Escherichia coli*); además, las semillas deben ser previamente desinfectadas.
- Las semillas de la familia de las Solanáceas, al ser germinados aparentemente presentan componentes tóxicos para los seres humanos, por lo que no se recomienda su consumo.
- Dávila et al. (2003) y Pamplona Roger (1999) citados por Ponce *et al.* (2013), indican que la temperatura, oxígeno, luz y humedad determinan el desarrollo del olor y sabor de los germinados.
- El momento adecuado para consumir los germinados depende de su contenido nutricional y de las preferencias del consumidor; así, los germinados pueden consumirse cuando la radícula tiene el mismo tamaño de la semilla o cuando empieza a desarrollarse la plántula.
- La mayoría de los germinados pueden ser agregados a los alimentos para ser consumidas, sin embargo, aquellas que tienen una fibra difícil de digerir como el trigo, maíz, cebada pueden ser utilizadas extrayendo su clorofila, para lo cual la disponibilidad de luz es indispensable.
- El tiempo de conservación de los germinados en condiciones de refrigeración oscila entre 5 y 15 días, si permanecen por más tiempo tienden a ponerse amargos.

### **1.3. GERMINADOS DE QUINUA**

#### **1.3.1. Proceso de producción**

##### **1.3.1.1. Recepción de materia prima**

Chancusig (2013) señala que es la etapa inicial de todo el proceso productivo, en el cual, según Bravo *et al.* (2013) se deben seleccionar los granos con los cuales se va a trabajar para garantizar la germinación.

#### **1.3.1.2. Evaluación de la capacidad de germinación**

Bravo *et al.* (2013) indican que consiste en verificar el porcentaje de germinación de las semillas, después de que estas han sido sometidas en condiciones favorables, para lo cual se debe utilizar 100 granos; según Chaparro *et al.* (2010) el porcentaje de germinación debe ser mayor al 90 %.

#### **1.3.1.3. Limpieza**

Se realiza de manera manual o mecánica para eliminar toda clase de impurezas, utilizando una malla metálica con abertura inferior al diámetro de los granos (Bravo *et al.*, 2013).

#### **1.3.1.4. Lavado**

Según Chaparro *et al.* (2010) las semillas deben ser lavadas en agua potable y remojadas durante seis horas a una temperatura de 30°C. Chancusig (2013) y Bravo *et al.* (2013) señalan que el lavado se realiza para eliminar las saponinas y partículas adheridas a la superficie del grano.

#### **1.3.1.5. Desinfección de las semillas**

Bedón *et al.* (2013), para desinfectar semillas de quinua utilizó hipoclorito de sodio al 1 %, en la cual las remojo durante cinco minutos, luego las sometió a un lavado con agua potable; mientras que Boero *et al.* (2000) esterilizó las semillas durante dos minutos en hipoclorito de sodio al 2 %.

#### **1.3.1.6. Remojo**

Chaparro *et al.* (2010) indican que las semillas deben ser remojadas durante seis horas a una temperatura de 30°C utilizando 1500 ml de agua potable por 500 g de semilla, además se debe realizar el recambio de agua de remojo cada tres horas; mientras que Botero (2015) señala que el remojo debe ser de cuatro a cinco horas.

Según Bravo *et al.* (2013) para que se active el proceso de crecimiento y desarrollo de los granos, la humedad final debe estar entre 40 y 45 % a una temperatura entre 20 y 24°C.

### 1.3.1.7. Germinación

Según Chaparro *et al.* (2010) después del remojo de las semillas, estas deben ser nuevamente lavadas con agua potable, escurridas y luego ser ubicadas sobre bandejas plásticas de 55 cm de largo por 29 cm de ancho, las cuales deben ser acanaladas, previamente limpias y desinfectadas; señala además que se deben colocar 500 g de semillas seca por bandeja, las cuales, deben estar dispuestas en una estructura de PVC dentro de un cuarto en condiciones de oscuridad total, con una humedad entre 55 y 83 % y una temperatura entre 19 y 28 °C; asimismo, Bravo *et al.* (2013) indican que las semillas luego del remojo deben ser colocadas en bandejas, procurando que la capa a formar no tenga mucha altura, para facilitar la difusión del oxígeno; luego se debe cubrir con una tela húmeda para mantener la humedad.

Boero *et al.* (2000) afirma que la temperatura óptima de germinación oscila entre 20 y 30 °C y que las temperaturas fuera de este rango provocan la disminución en la germinación y un aumento en el número de semillas con germinación anormal, aunque estas respuestas también dependen de las variedades de quinua, asimismo, considera que las semillas de quinua han germinado cuando tienen una radícula mayor o igual a 2 mm y que las semillas con germinación anormal sólo emiten los cotiledones o el hipocótilo; además manifiesta que el registro de germinación debe realizarse cada dos horas durante 12 horas.

Bravo *et al.* (2013) señalan que el tiempo total de germinación está determinado por las transformaciones bioquímicas del almidón en azúcares sencillos (por las enzimas amilazas) y por el crecimiento de la radícula hasta uno o dos centímetros; así, determinaron que para la quinua Blanca de Junín es a las 24 horas con una longitud de radícula entre 1.0 y 1.5 cm con disminución del 21 % de almidón. Mientras que Botero (2015) indica que el tiempo adecuado para el consumo de germinados de quinua es a los dos a tres días de germinación cuando la radícula tiene el mismo tamaño de la semilla, aunque se puede dejar crecer unos días más.

### 1.3.1.8. Riego

Chaparro *et al.* (2010) manifiestan que debe realizarse con agua potable por aspersión cada 12 horas.

### 1.3.2. Contenido nutricional

Según la tabla 1.1 reportados por Bravo *et al.* (2013) los granos germinados de quinua presentan un incremento en el contenido de proteínas, hierro, calcio, niacina y ácido ascórbico; mientras que el fósforo disminuye debido a que es consumida por la plántula durante su crecimiento y desarrollo.

**Tabla 1.1:** *Análisis proximal, contenido de minerales y vitaminas de granos de quinua (Chenopodium quinoa) sin germinar y germinadas durante 24 horas.*

Contenido nutricional	Quinua sin germinar	Quinua germinada
Humedad (%)	10.17	6.94
Grasa (%)	7.83	6.10
Ceniza (%)	3.05	1.50
Proteína (%)	12.94	13.09
Fibra total (%)	4.58	2.68
Hierro (mg%)	4.2	4.56
Calcio (mg%)	85.0	405.44
Fósforo (mg%)	178.1	39.86
Niacina (mg%)	0.95	4.24
Ácido arscórbico (mg%)	0.74	6.20

Fuente: Bravo *et al.* (2013) (p. 58, 59).

Chaparro *et al.* (2010) mencionan que la germinación en condiciones de oscuridad total a una humedad relativa entre 55 y 83 % y una temperatura entre 19 y 28 °C, genera un incremento significativo en la digestibilidad de las proteínas (proteína asimilable), el cual incrementa de 79.40 % a 79.80 %; asimismo, Chaparro *et al.* (2011) señalan que bajo estas mismas condiciones el contenido de hierro disponible tiende a disminuir a medida que avanza el proceso de germinación, mientras que el contenido de calcio se incrementa significativamente.

Jimenez (2012), menciona que la quinua roja Pasankalla germinada presenta baja cantidad de grasa, alta cantidad de energía total y proteína, esta última con mayor aporte de aminoácidos esenciales (lisina, prolina, fenilalanina, triptófano y alanina); además, señala que el contenido de potasio, calcio, magnesio, sodio,

hierro, cobre, manganeso y zinc incrementan su contenido en mas del 100 % a diferencia de la quinua sin germinar.

Bedón *et al.* (2013), reportan en quinua var. Hualhuas Blanca que la  $\alpha$ -amilasa tiene mayor actividad enzimática a las 36 horas de germinación en condiciones de 22 °C de temperatura, 83 % de humedad relativa y en cámara oscura; además, mencionan que esta enzima presenta una progresiva aparición entre 0 y 36 horas y un descenso entre 42 y 72 horas.

### **1.3.3. Usos**

Según Araya y col. (1989) citados por Bravo *et al.* (2013), los germinados de quinua pueden ser utilizados para incrementar la densidad energética en las preparaciones para niños como las papillas; asimismo, Botero (2015) señala que pueden ser utilizados en ensaladas, sándwiches, sopas, batidos, jugos y según Chancusig (2013) para enriquecer la calidad de fideos.

### **1.3.4. Conservación**

El tiempo que se puede conservar en refrigeración es de 8-15 días (Botero, 2015).

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. UBICACIÓN**

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito Ayacucho, provincia Huamanga y región Ayacucho.

#### **2.2. MATERIAL GENÉTICO EMPLEADO**

Se utilizaron 98 accesiones de quinua del Banco de Germoplasma del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal.

#### **2.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

##### **2.3.1. Variables y factores en estudio**

##### **1. Fase de selección**

##### **■ Accesiones de quinua:**

- 98 accesiones (ver tabla 2.1)

##### **2. Fase de producción de germinados**

- **Factor AS:** accesiones de quinua seleccionadas en la fase de selección
- **Factor TG:** tiempos de germinación
  - tg1 : 24 horas
  - tg2 : 48 horas
  - tg3 : 72 horas
- **Factor TI:** tipos de iluminación
  - ti1 : 12 horas luz-12 horas oscuridad
  - ti2 : Luz continua
  - ti3 : Oscuridad continua

### 3. Fase de conservación

- **Temperatura de almacenamiento:**
  - 5°C (en refrigeración)
  - 8°C (en cámara fría)
  - 18±2°C (Temperatura ambiente)

## 2.3.2. Diseño experimental

### 1. Fase de selección

Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR); constituido por 98 tratamientos (accesiones del Banco de Germoplasma de quinua-LGBV-EPA-FCA-UNSCH) con tres repeticiones cada uno (en la evaluación de las variables diámetro y espesor de semillas se realizaron 10 repeticiones); cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  : j-ésima observación en el tratamiento i
- $\mu$  : media general
- $\tau_i$  : efecto del i-ésimo tratamiento
- $\varepsilon_{ij}$  : error experimental

## 2. Fase de producción de germinados

Se usó el Diseño Completamente Randomizado (DCR) con arreglo factorial  $AS \times 3TG \times 3TI$  con tres repeticiones cada uno, resultantes de la interacción de las accesiones seleccionadas en la fase de selección (factor AS), por los tres tiempos de germinación (factor TG) y por los tres tipos de iluminación (factor TI), cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- $Y_{ijkl}$  : variable respuesta de la i-ésima observación bajo el k-ésimo nivel del factor C, en el j-ésimo nivel del factor B, sujeto al i-ésimo nivel del tratamiento A
- $\mu$  : constante media de la población a la cual pertenecen las observaciones.
- $\alpha_i$  : efecto del i-ésimo nivel del factor A
- $\beta_j$  : efecto del j-ésimo nivel del factor B
- $\gamma_k$  : efecto del k-ésimo nivel del factor C
- $(\alpha\beta)_{ij}$  : efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B
- $(\alpha\gamma)_{ik}$  : efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, con el k-ésimo nivel del factor C
- $(\beta\gamma)_{jk}$  : efecto de la interacción del j-ésimo nivel del factor B, con el k-ésimo nivel del factor C
- $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  : efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B sujeto al k-ésimo nivel del factor C
- $\varepsilon_{ijkl}$  : efecto del error experimental que está distribuido como  $\varepsilon_{ijkl}$

En la instalación de las variables evaluación sensorial y contenido de proteínas, por la escasa cantidad de semillas, se mezclaron las semillas de las accesiones elegidas en la fase de selección, por lo que se utilizó el arreglo factorial  $3TI \times 3TG$ . Para la variable contenido de proteínas se tuvo un tratamiento adicional constituido por las semillas sin germinar (testigo), con dos repeticiones por tratamiento;



mientras que para la variable evaluación sensorial no se tuvieron repeticiones por tratamiento.

## 1. Fase de conservación

Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR) constituido por tres tratamientos (temperaturas de almacenamiento de 5 °C, 10 °C y 18±2 °C) con tres repeticiones por cada tratamiento. El modelo aditivo lineal es igual al de la fase de selección.

### 2.3.2.1. Características de la unidad experimental

Para las variables evaluadas de calidad física de la fase de selección son muestras de 30 g de semillas por accesión y para las variables de la calidad fisiológica, tapers transparentes que contienen 100 semillas sobre papel toalla, este último es igual para la fase de producción de germinados. Para la fase de conservación también son tapers transparentes pero que contienen 2.0 g de semillas sobre papel toalla.

### 2.3.2.2. Tratamientos

#### 1. Fase de selección

**Tabla 2.1:** *Tratamientos de la fase de selección constituidos por 98 accesiones de quinua (Chenopodium quinoa) del Banco de Germoplasma del LGVB. Huamanga-Ayacucho, 2016.*

T	Accesión	T	Accesión
T1	UNSCHLGBV604050113	T50	UNSCHLGBV604056213
T2	UNSCHLGBV604050213	T51	UNSCHLGBV604056413
T3	UNSCHLGBV604050313	T52	UNSCHLGBV604056713
T4	UNSCHLGBV604050513	T53	UNSCHLGBV604056813
T5	UNSCHLGBV604050613	T54	UNSCHLGBV604056913
T6	UNSCHLGBV604050713	T55	UNSCHLGBV604057013
T7	UNSCHLGBV604050813	T56	UNSCHLGBV604057113
T8	UNSCHLGBV604050913	T57	UNSCHLGBV604057213
T9	UNSCHLGBV604051013	T58	UNSCHLGBV604057513
T10	UNSCHLGBV604051313	T59	UNSCHLGBV604057613
T11	UNSCHLGBV604051413	T60	UNSCHLGBV604057713
T12	UNSCHLGBV604051513	T61	UNSCHLGBV604057813
T13	UNSCHLGBV604051613	T62	UNSCHLGBV604057913
T14	UNSCHLGBV604051813	T63	UNSCHLGBV604058013
T15	UNSCHLGBV604052013	T64	UNSCHLGBV604058213
T16	UNSCHLGBV604052113	T65	UNSCHLGBV604058313
T17	UNSCHLGBV604052213	T66	UNSCHLGBV604058413

T18	UNSCHLGBV60405 <b>23</b> 13	T67	UNSCHLGBV60405 <b>85</b> 13
T19	UNSCHLGBV60405 <b>24</b> 13	T68	UNSCHLGBV60405 <b>86</b> 13
T20	UNSCHLGBV60405 <b>25</b> 13	T69	UNSCHLGBV60405 <b>87</b> 13
T21	UNSCHLGBV60405 <b>26</b> 13	T70	UNSCHLGBV60405 <b>88</b> 13
T22	UNSCHLGBV60405 <b>27</b> 13	T71	UNSCHLGBV60405 <b>92</b> 13
T23	UNSCHLGBV60405 <b>28</b> 13	T72	UNSCHLGBV60405 <b>94</b> 13
T24	UNSCHLGBV60405 <b>30</b> 13	T73	UNSCHLGBV60405 <b>96</b> 13
T25	UNSCHLGBV60405 <b>31</b> 13	T74	UNSCHLGBV60405 <b>98</b> 13
T26	UNSCHLGBV60405 <b>32</b> 13	T75	UNSCHLGBV60405 <b>99</b> 13
T27	UNSCHLGBV60405 <b>33</b> 13	T76	UNSCHLGBV60405 <b>100</b> 13
T28	UNSCHLGBV60405 <b>34</b> 13	T77	UNSCHLGBV60405 <b>102</b> 13
T29	UNSCHLGBV60405 <b>35</b> 13	T78	UNSCHLGBV60405 <b>115</b> 13
T30	UNSCHLGBV60405 <b>36</b> 13	T79	UNSCHLGBV60405 <b>116</b> 13
T31	UNSCHLGBV60405 <b>38</b> 13	T80	UNSCHLGBV60405 <b>117</b> 13
T32	UNSCHLGBV60405 <b>39</b> 13	T81	UNSCHLGBV60405 <b>118</b> 13
T33	UNSCHLGBV60405 <b>40</b> 13	T82	UNSCHLGBV60405 <b>119</b> 13
T34	UNSCHLGBV60405 <b>41</b> 13	T83	UNSCHLGBV60405 <b>120</b> 13
T35	UNSCHLGBV60405 <b>43</b> 13	T84	UNSCHLGBV60405 <b>122</b> 13
T36	UNSCHLGBV60405 <b>46</b> 13	T85	UNSCHLGBV60405 <b>123</b> 13
T37	UNSCHLGBV60405 <b>47</b> 13	T86	UNSCHLGBV60405 <b>125</b> 13
T38	UNSCHLGBV60405 <b>48</b> 13	T87	UNSCHLGBV60405 <b>126</b> 13
T39	UNSCHLGBV60405 <b>49</b> 13	T88	UNSCHLGBV60405 <b>127</b> 13
T40	UNSCHLGBV60405 <b>51</b> 13	T89	UNSCHLGBV60405 <b>128</b> 13
T41	UNSCHLGBV60405 <b>53</b> 13	T90	UNSCHLGBV60405 <b>129</b> 13
T42	UNSCHLGBV60405 <b>54</b> 13	T91	UNSCHLGBV60405 <b>130</b> 13
T43	UNSCHLGBV60405 <b>55</b> 13	T92	UNSCHLGBV60405 <b>131</b> 13
T44	UNSCHLGBV60405 <b>56</b> 13	T93	UNSCHLGBV60405 <b>133</b> 13
T45	UNSCHLGBV60405 <b>57</b> 13	T94	UNSCHLGBV60405 <b>134</b> 13
T46	UNSCHLGBV60405 <b>58</b> 13	T95	UNSCHLGBV60405 <b>135</b> 13
T47	UNSCHLGBV60405 <b>59</b> 13	T96	Quinua Amarilla
T48	UNSCHLGBV60405 <b>60</b> 13	T97	Quinua Blanca
T49	UNSCHLGBV60405 <b>61</b> 13	T98	Quinua Roja

## 2. Fase de producción de germinados

Estuvo constituido por la interacción de las accesiones elegidas en la fase de selección (AS) por los tres tiempos de germinación (factor TG) y por los tres tipos de iluminación (factor TI)

## 3. Fase de conservación

**Tabla 2.2:** *Tratamientos aplicados a las unidades experimentales en la fase de conservación de germinados de quinua (Chenopodium quinoa). Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Tratamiento	Temperatura de conservación (°C)
T1	5
T2	8
T3	20±2

### **2.3.3. Croquis de la distribución de tratamientos**

La distribución de los tratamientos a las unidades experimentales se realizó completamente al azar, tal como se presenta en las figuras 2.1 y 2.2.

## 1. Fase de selección

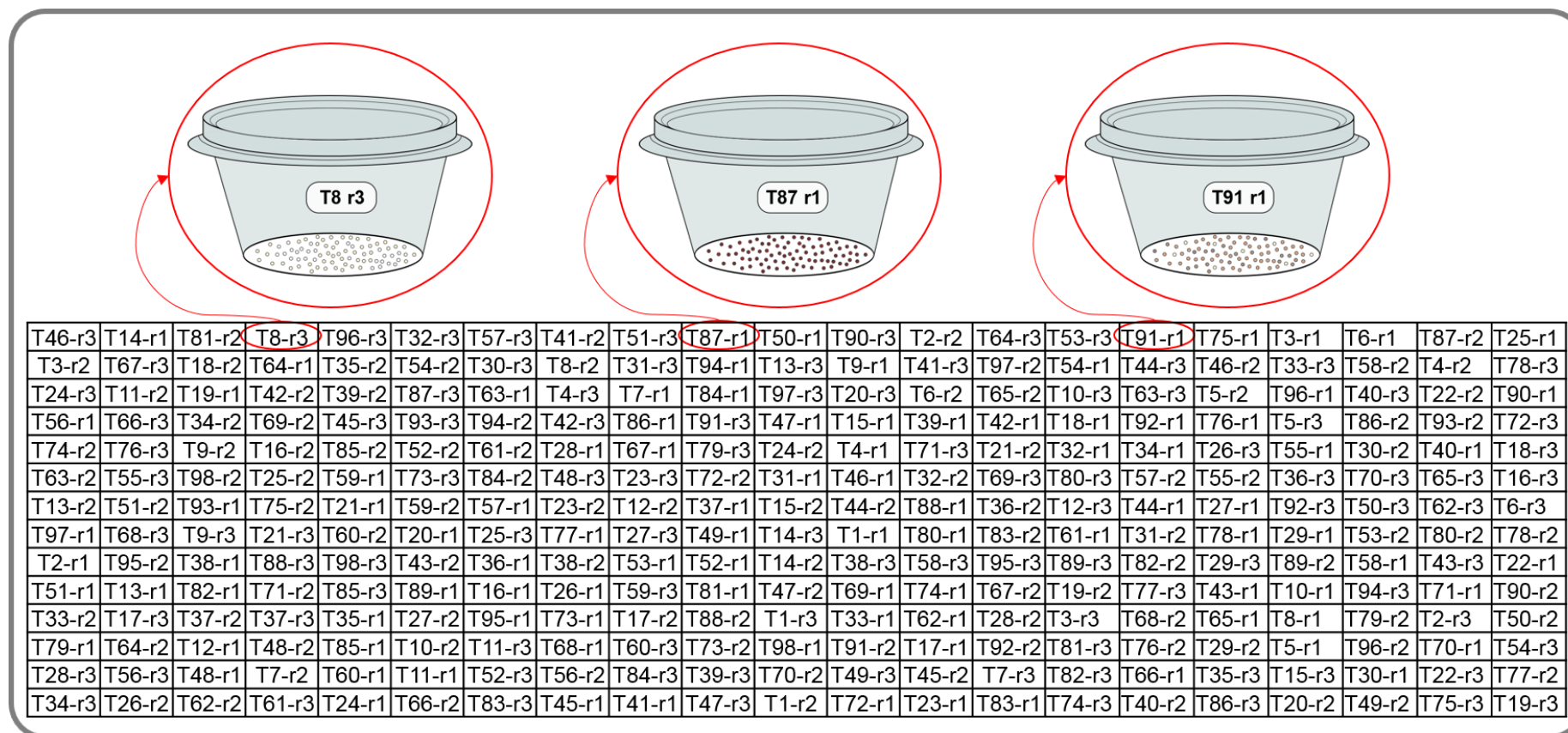
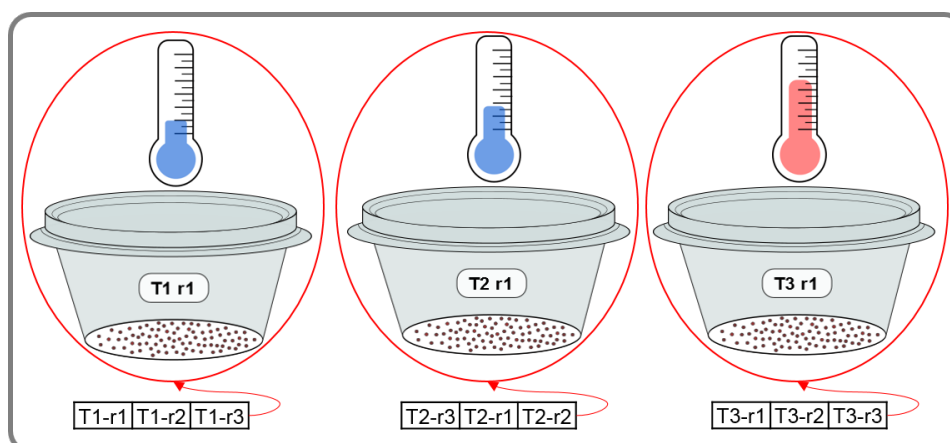


Figura 2.1: Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de selección.

## 2. Fase de conservación



**Figura 2.2:** Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de conservación.

## 2.4. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

### 2.4.1. Fase de selección

#### 2.4.1.1. Selección de accesiones de quinua

Se seleccionaron 98 accesiones de quinua de las 150 accesiones con las que cuenta el Banco de Germoplasma del LGBV (procedentes de las diferentes provincias de la región Ayacucho), por disponer con la cantidad adecuada de muestras para realizar las evaluaciones posteriores y por presentar la misma fecha de regeneración en el año 2013; de las cuales se extrajeron 30 g de muestra por cada accesión, las cuales fueron almacenadas en bolsas de papel kraft debidamente identificadas, constituyendo el Germoplasma activo de quinua del LGBV.

#### 2.4.1.2. Limpieza de las muestras

Para efectuar la limpieza se realizó la fricción, tamizado, venteado y selección manual de cada muestra; para ello, se utilizaron tamices con abertura de 1.0 mm de diámetro, ventilador de computadora y pinzas; logrando separar semillas pequeñas, semillas partidas, piedras, restos de tallos, perigonios de semillas, polvillo y otros materiales extraños a las semillas de quinua.

#### 2.4.1.3. Conteo de 100 semillas

Después de realizar la limpieza de las muestras de semillas se procedió al conteo de 100 semillas utilizando una placa de cartón con 100 hoyos (adaptado de

Peretti (1994)), las cuales fueron colocadas en bolsas de papel kraft de 6 cm de ancho por 6 cm de largo, previamente identificados y posteriormente sellados con cinta masking.

#### **2.4.1.4. Desinfección de semillas**

La desinfección se realizó con hipoclorito de sodio a una concentración de 0.05 % (0.5 ml para 1 l de agua); en la cual fueron remojadas las 100 semillas contadas anteriormente durante 10 minutos, luego fueron enjuagadas con agua destilada.

#### **2.4.1.5. Germinación de semillas**

Para la instalación de la prueba de germinación se utilizaron tapers transparentes de plástico, de forma circular con diámetro de 8.0 cm y altura de 4.5 cm; las cuales fueron previamente lavadas con detergente y desinfectadas con alcohol. Posteriormente dentro de los tapers se colocaron como sustrato papel toalla, las cuales fueron humedecidas con agua destilada, sobre el cual se colocaron las 100 semillas desinfectadas. Finalmente, los tapers fueron tapados ligeramente y dispuestos en condiciones de laboratorio durante cinco días.

#### **2.4.1.6. Riego**

Una vez instalados los tapers con las 100 semillas, el riego se realizó con agua destilada cada 24 horas.

### **2.4.2. Fase de producción de germinados**

En esta fase se trabajaron con las accesiones elegidas en la fase de selección, de la siguiente manera:

#### **2.4.2.1. Conteo de 100 semillas y desinfección**

Se realizó el conteo de 100 semillas y la desinfección de estas, de las accesiones elegidas en la fase de selección, siguiendo el mismo procedimiento descrito en la fase anterior.

#### **2.4.2.2. Germinación de las semillas**

Los tápers utilizados y el acondicionamiento de estos se realizó igual que en la fase de selección, con la diferencia de que las semillas utilizadas fueron de

las accesiones elegidas en la fase de selección y que de acuerdo a los factores en estudio, los tápers fueron colocados en biotrón con iluminación de 12 horas para generar condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad, en cajas de cartón ubicadas en un estante oscuro para generar condiciones de oscuridad completa y al lado de la ventana para que durante el día sean iluminadas por la luz del sol y durante la noche por focos LED de 10 W, generando condiciones de luz completa. Los germinados fueron obtenidos después de 24, 48 y 72 horas de germinación.

#### **2.4.2.3. Riego**

Se realizó con agua destilada cada 24 horas.

### **2.4.3. Fase de conservación de germinados**

#### **2.4.3.1. Obtención de germinados**

Se obtuvo el germinado de la mezcla de semillas de las accesiones elegidas en la fase de selección (por la escasa disponibilidad de las semillas de las accesiones elegidas), siguiendo los procedimientos descritos en la fase de selección con la diferencia de que se utilizaron 2.0 g de semillas, las cuales se dejaron germinar en las mejores condiciones obtenidas en la fase de producción de germinados.

#### **2.4.3.2. Conservación de los germinados**

Una vez obtenidos los germinados estos fueron colocados de acuerdo a los tratamientos establecidos en condiciones de refrigeración a temperaturas de 5 °C y 8 °C y a temperatura ambiente de 18±2 °C durante 15 días.

## **2.5. VARIABLES EVALUADAS**

### **2.5.1. Fase de selección**

#### **■ Peso de 1 000 semillas (g)**

Se realizó el conteo de 100 semillas, luego el pesado de estas en una balanza analítica de dos decimales y finalmente se efectuó la extrapolación al peso de 1 000 semillas mediante la siguiente fórmula:

$$Peso\ 1000\ semillas(g) = \frac{1000 \times Peso\ 100\ semillas(g)}{100}$$

#### ■ **Peso hectolítrico (g/1000 cm<sup>3</sup>)**

Se obtuvo mediante el peso de una determinada cantidad de muestra de semillas de quinua y la lectura del volumen ocupado por este, para lo cual se utilizó una probeta con capacidad de 100 ml y una balanza analítica de dos decimales. Posteriormente se convirtió a g/1000 cm<sup>3</sup> mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Peso hectolítrico (g/1000 cm}^3\text{)} = \frac{\text{peso muestra semilla (g)} \times 1000}{\text{volumen ocupado muestra semilla (ml)}}$$

#### ■ **Diámetro de semilla (mm)**

Se registró el diámetro de 10 semillas por tratamiento utilizando regla Vernier en mm.

#### ■ **Espesor de semilla (mm)**

Se registró el espesor de 10 semillas utilizando regla Vernier en mm.

#### ■ **Contenido de saponina (%)**

Se determinó mediante el método de la espuma propuesto por INEN (1988) (ver anexo 1), que consistió en pesar  $0.5 \pm 0.02$  g de granos de quinua por tratamiento y repetición, los cuales fueron colocados en un tubo de ensayo de 15 cm de longitud y 1.6 cm de diámetro con 5 ml de agua destilada, luego se agitó por 30 segundos y se dejó en reposo por 30 minutos, después se volvió a repetir el procedimiento anterior, finalmente se agitó por 30 segundos, se dejó reposar por 5 minutos y luego se efectuó la lectura de la altura de espuma formada, con una regla graduada con precisión de 0.1 cm. Al finalizar el procedimiento se determinó el contenido de saponina presente en los granos analizados, mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Contenido saponina (\%)} = \frac{(0.646 \times \text{altura espuma (cm)}) - 0.104}{\text{peso muestra (g)} \times 10}$$

#### ■ **Porcentaje de germinación (%)**

Se obtuvo después de cinco días de germinación, mediante el conteo de semillas germinadas normales; es decir, plántulas con buen desarrollo del eje embrionario.



- **Índice de conversión**

Se determinó dividiendo el peso de germinados secos (producidos a partir de 100 semillas durante cinco días y secadas por un día en condiciones de laboratorio) sobre el peso inicial de estas, de la siguiente manera:

$$\text{Índice conversión} = \frac{\text{peso germinado seco (g)}}{\text{peso 100 semillas (g)}}$$

## 2.5.2. Fase de producción de germinados

- **Porcentaje de germinación (%)**

Se obtuvo mediante el conteo de las semillas germinadas.

- **Longitud del eje embrionario (cm)**

Se registró mediante la medición del eje embrionario (desde la cofia hasta el punto más alto de la plántula) con una regla graduada.

- **Índice de conversión**

Se obtuvo dividiendo el peso de germinados secos (después de un día de secado en condiciones de laboratorio) producidos a partir de 100 semillas sobre el peso inicial de estas, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice conversión} = \frac{\text{peso germinado seco (g)}}{\text{peso 100 semillas (g)}}$$

- **Evaluación sensorial (escala hedónica)**

Se evaluaron las características organolépticas de sabor, olor y color; mediante una escala hedónica de siete puntos (me gusta mucho, me gusta, me gusta ligeramente, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta ligeramente, me disgusta y me disgusta mucho).

Se llevó a cabo en dos sesiones; la primera sesión se realizó en el Instituto de Alta Cocina Juan Pablo II, con la participación de 10 jueces no entrenados (potenciales consumidores), quienes evaluaron diferentes presentaciones de germinados de quinua (croquetas de garbanzón con brotes de quinua, rollitos de espinaca y brotes de quinua, brusquetas con brotes

de quinua y causitas crocantes de yuca en escabechado de brotes de quinua) de variedades comerciales de quinua roja, blanca, negra, amarilla y de la mezcla de semillas elegidas en la fase de selección germinadas durante 72 horas.

La segunda sesión se llevo a cabo en el LGBV, también con 10 jueces no entrenados (potenciales consumidores), quienes realizaron la evaluación sensorial de germinados de quinua elegidas en la fase de selección, germinadas por 24, 48 y 72 horas en condiciones de luz completa, oscuridad completa y 12 horas luz-12 horas oscuridad. La ficha de evaluación se detalla en el anexo 2.

#### ■ **Contenido de proteína bruta (%)**

Se realizó en el Laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes «AGROLAB», mediante el método Kjeldahl (digestión en medio ácido, destilación y titulación), para lo cual los granos germinados se secaron en estufa marca Memmert a 70°C por 24 horas y sometidas a una molienda fina.

Por la escasa disponibilidad de muestras, estas fueron mezcladas en la variable accesión, teniéndose en total nueve muestras germinadas en 24, 48 y 72 horas en condiciones de luz completa, oscuridad completa y 12 horas luz-12 horas oscuridad, más un testigo constituido por la mezcla de semillas sin germinar.

Finalmente el porcentaje de proteína bruta se obtuvo multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor 6.25. De la siguiente manera:

$$Proteína\ bruta\ (\%) = contenido\ nitrógeno \times 6.25$$

### **2.5.3. Fase de conservación**

#### ■ **Pérdida de peso (g)**

Se obtuvo mediante el peso interdiario de los tápers que contenían los germinados, durante 15 días.

## **2.6. PROCESAMIENTO DE DATOS**

Para todas las variables evaluadas en las tres fases de la investigación, a excepción de la variable contenido de proteína bruta y primera evaluación sensorial de la fase de producción de germinados, se realizó el Análisis de Varianza (ANVA) para determinar si los resultados de los promedios de los tratamientos evaluados eran iguales o diferentes entre ellas, para los casos que resultaron diferentes se utilizó la prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para conocer el orden de la diferencia entre tratamientos; adicionalmente en la fase de selección se aplicó una probabilidad de selección del 15 % para seleccionar el 15 % de los mejores resultados de las variables evaluadas y en la fase de producción de germinados, para el caso de las interacciones dobles que resultaron significativas, se realizó el estudio de efectos simples para conocer el modelo polinómico que mejor representaba a la ecuación; también se realizaron tablas de frecuencia para los resultados de la primera y segunda evaluación sensorial. El procesamiento estadístico se realizó con el software InfoStat versión 2008.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. FASE DE SELECCIÓN

El análisis de varianza de la tabla 3.1, muestra que no existe diferencia estadística para el peso hectolítrico; mientras que para el peso de 1 000 semillas, contenido de saponina, porcentaje de germinación e índice de conversión sí existe diferencia altamente significativa, lo cual indica que existe diferencia entre los promedios de los tratamientos de estas variables; por lo que se realizó la prueba de contraste Tukey para estas variables.

**Tabla 3.1:** Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de calidad física y fisiológica de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

F de V	GL	Cuadrados Medios				
		P 1 000 S	PH	CS	PG	IC
Tratamientos	97	0.58 **	4205.56 ns	0.04 **	968.65 **	0.09 **
Error	196	0.02	4255.04	0.00099	17.65	0.0044
Total	293	-	-	-	-	-
CV (%)		5.52	9.49	45.03	6.16	11.40
Promedio		2.79	687.59	0.07	68.14	0.58
Máximo		3.93	834.04	0.50	95.33	0.99
Mínimo		1.70	587.02	-0.02	6.00	0.01

Nota: P 1 000 S: Peso de 1 000 semillas, PH: Peso hectolítrico, CS: Contenido de saponina, PG: Porcentaje de germinación, IC: Índice de conversión.

Así la tabla 3.2 muestra que el mayor promedio en el peso de 1 000 semillas (3.93 g) es para el tratamiento T96 (quinua amarilla) y los promedios menores

1.77, 1.73 y 1.70 g para los tratamientos T41 (UNSCHLGBV60405**53**13), T77 (UNSCHLGBV60405**102**13) y T31 (UNSCHLGBV60405**38**13) respectivamente. La tabla 3.3 indica que los menores promedios en el contenido de saponinas de las semillas (-0.02 %) fueron para los tratamiento T16 (UNSCHLGBV60405**21**13), T14 (UNSCHLGBV60405**18**13), T11 (UNSCHLGBV60405**14**13), T63 (UNSCHLGBV60405**80**13), T19 (UNSCHLGBV60405**24**13), T73 (UNSCHLGBV60405**96**13), T10 (UNSCHLGBV60405**13**13), T76 (UNSCHLGBV60405**100**13), T66 (UNSCHLGBV60405**84**13), T71 (UNSCHLGBV60405**92**13), T79 (UNSCHLGBV60405**116**13) , T85 (UNSCHLGBV60405**123**13), T50 (UNSCHLGBV60405**62**13), T41 (UNSCHLGBV60405**53**13), T32 (UNSCHLGBV60405**39**13), T35 (UNSCHLGBV60405**43**13), T36 (UNSCHLGBV60405**46**13) y T98 (Quinua Roja); y los mayores 0.5, 0.46, 0.43, 0.42 y 0.41 % para los tratamientos T60 (UNSCHLGBV60405**77**13), T28 (UNSCHLGBV60405**34**13), T70 (UNSCHLGBV60405**88**13), T88 (UNSCHLGBV60405**127**13) y T65 (UNSCHLGBV60405**83**13), T92 (UNSCHLGBV60405**131**13), T53 (UNSCHLGBV60405**68**13) respectivamente. La tabla 3.4 muestra que el mayor promedio de porcentaje de germinación (95.33 %) fue para los tratamientos T96 (Quinua Amarilla) y T79 (UNSCHLGBV60405**116**13); mientras que el menor (6 %) para el tratamiento T74 (UNSCHLGBV60405**98**13). Finalmente, la tabla 3.5 del anexo muestra que el mayor promedio del índice de conversión (0.99) fue para el tratamiento T97 (UNSCHLGBV60405**116**13) y el menor (0.01) para el tratamiento T74 (UNSCHLGBV60405**98**13).

**Tabla 3.2:** Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del peso de 1 000 semilla de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	Medias (g)	Prueba de Tukey															
T96	3.93	a															
T25	3.53	a	b														
T46	3.47	a	b	c													
T35	3.40	a	b	c	d												
T69	3.40	a	b	c	d												
T73	3.37		b	c	d	e											
T63	3.37		b	c	d	e											
T83	3.33		b	c	d	e	f										
T30	3.30		b	c	d	e	f	g									
T38	3.30		b	c	d	e	f	g									
T13	3.30		b	c	d	e	f	g									
T14	3.30		b	c	d	e	f	g									
T79	3.28		b	c	d	e	f	g									
T12	3.27		b	c	d	e	f	g	h								
T71	3.27		b	c	d	e	f	g	h								
T6	3.27		b	c	d	e	f	g	h								
T9	3.27		b	c	d	e	f	g	h								
T4	3.23		b	c	d	e	f	g	h	i							
T36	3.23		b	c	d	e	f	g	h	i							
T72	3.23		b	c	d	e	f	g	h	i							
T10	3.17		b	c	d	e	f	g	h	i	j						
T74	3.17		b	c	d	e	f	g	h	i	j						
T78	3.17		b	c	d	e	f	g	h	i	j						
T90	3.17		b	c	d	e	f	g	h	i	j						
T1	3.13		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k					
T2	3.13		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k					
T76	3.13		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k					
T27	3.10		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l				
T52	3.10		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l				
T86	3.10		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l				
T5	3.10		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l				
T47	3.10		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l				
T11	3.03		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m			
T32	3.00		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n		

T	Medias (g)	Prueba de Tukey																			
T48	3.00	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n							
T55	2.97		c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o						
T33	2.97		c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o						
T22	2.90			d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p					
T82	2.90			d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p					
T37	2.90			d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p					
T21	2.87			d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q				
T19	2.87			d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q				
T98	2.87			d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q				
T17	2.83				e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q				
T45	2.83				e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q				
T44	2.80					f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q				
T67	2.77						g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r			
T26	2.77						g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r			
T42	2.77						g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r			
T23	2.77						g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r			
T16	2.77						g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r			
T66	2.73							h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r			
T80	2.73							h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r			
T91	2.73							h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r			
T24	2.70								i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s		
T62	2.70									j	k	l	m	n	o	p	q	r	s		
T68	2.67									j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	
T58	2.67									j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	
T92	2.63									j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	
T70	2.63									j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	
T7	2.63									j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	
T29	2.63									j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	
T64	2.63									j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	
T84	2.63									j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	
T57	2.57											l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
T40	2.57											l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
T89	2.57											l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
T81	2.57											l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
T60	2.53												m	n	o	p	q	r	s	t	u
T93	2.53												m	n	o	p	q	r	s	t	u

T	Medias (g)	Prueba de Tukey															
T53	2.50	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w						
T28	2.47		n	o	p	q	r	s	t	u	w						
T54	2.47		n	o	p	q	r	s	t	u	w						
T18	2.43			o	p	q	r	s	t	u	w	x					
T34	2.43			o	p	q	r	s	t	u	w	x					
T87	2.43			o	p	q	r	s	t	u	w	x					
T95	2.43			o	p	q	r	s	t	u	w	x					
T8	2.40				p	q	r	s	t	u	w	x					
T65	2.40				p	q	r	s	t	u	w	x					
T94	2.40				p	q	r	s	t	u	w	x					
T15	2.37				p	q	r	s	t	u	w	x	y				
T75	2.37				p	q	r	s	t	u	w	x	y				
T39	2.33					q	r	s	t	u	w	x	y				
T59	2.33					q	r	s	t	u	w	x	y				
T97	2.23						r	s	t	u	w	x	y	z			
T20	2.17							s	t	u	w	x	y	z			
T43	2.13								t	u	w	x	y	z			
T56	2.03									u	w	x	y	z			
T61	1.97										w	x	y	z			
T85	1.90											x	y	z			
T50	1.83												y	z			
T41	1.77													z			
T77	1.73													z			
T31	1.70													z			

**Tabla 3.3:** Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del contenido de saponina de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	Medias (%)	Prueba de Tukey															
T60	0.50	a															
T28	0.46	a															
T70	0.43	a															
T88	0.42	a															
T65	0.41	a															
T92	0.41	a															
T53	0.41	a															
T95	0.29		b														
T93	0.27		b	c													
T40	0.20		b	c	d												
T29	0.16			c	d	e											
T46	0.14				d	e	f										
T47	0.14				d	e	f										
T1	0.13				d	e	f	g									
T45	0.13				d	e	f	g	h								
T82	0.11				d	e	f	g	h	i							
T55	0.11				d	e	f	g	h	i	j						
T37	0.11				d	e	f	g	h	i	j						
T12	0.10				d	e	f	g	h	i	j	k					
T52	0.10				d	e	f	g	h	i	j	k					
T30	0.10				d	e	f	g	h	i	j	k	l				



T	Medias (%)	Prueba de Tukey									
T31	0.09	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
T33	0.09	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
T83	0.09	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
T39	0.08		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T3	0.08		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T78	0.07		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T25	0.07		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T86	0.06		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T48	0.06		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T90	0.06		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T5	0.06		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T9	0.06		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T94	0.06		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T54	0.06		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T64	0.05		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T62	0.05		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T72	0.05		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T51	0.05		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T4	0.05		e	f	g	h	i	j	k	l	m
T15	0.04			f	g	h	i	j	k	l	m
T7	0.04			f	g	h	i	j	k	l	m
T6	0.04			f	g	h	i	j	k	l	m
T89	0.04			f	g	h	i	j	k	l	m
T57	0.04			f	g	h	i	j	k	l	m
T20	0.04			f	g	h	i	j	k	l	m
T67	0.04			f	g	h	i	j	k	l	m
T44	0.04			f	g	h	i	j	k	l	m
T42	0.04			f	g	h	i	j	k	l	m
T34	0.04			f	g	h	i	j	k	l	m
T81	0.03			f	g	h	i	j	k	l	m
T18	0.03			f	g	h	i	j	k	l	m
T49	0.03			f	g	h	i	j	k	l	m
T87	0.03			f	g	h	i	j	k	l	m
T23	0.03			f	g	h	i	j	k	l	m
T26	0.03			f	g	h	i	j	k	l	m
T21	0.03			f	g	h	i	j	k	l	m
T24	0.03			f	g	h	i	j	k	l	m
T69	0.03			f	g	h	i	j	k	l	m
T43	0.03			f	g	h	i	j	k	l	m
T58	0.02				g	h	i	j	k	l	m
T77	0.02				g	h	i	j	k	l	m
T91	0.02				g	h	i	j	k	l	m
T75	0.02				g	h	i	j	k	l	m
T80	0.02					h	i	j	k	l	m
T27	0.02					h	i	j	k	l	m
T74	0.02					h	i	j	k	l	m
T2	0.01						i	j	k	l	m
T56	0.01							i	j	k	l
T68	0.01								i	j	k
T84	0.01								i	j	k
T61	0.01									i	j
T96	0.01										i

T	Medias (%)	Prueba de Tukey				
T97	0.01	i	j	k	l	m
T17	0.00	i	j	k	l	m
T22	0.00		j	k	l	m
T59	0.00		j	k	l	m
T38	-0.01			k	l	m
T8	-0.01			k	l	m
T13	-0.01				l	m
T16	-0.02					m
T14	-0.02					m
T11	-0.02					m
T63	-0.02					m
T19	-0.02					m
T73	-0.02					m
T10	-0.02					m
T76	-0.02					m
T66	-0.02					m
T71	-0.02					m
T79	-0.02					m
T85	-0.02					m
T50	-0.02					m
T41	-0.02					m
T32	-0.02					m
T35	-0.02					m
T36	-0.02					m
T98	-0.02					m

**Tabla 3.4:** Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del porcentaje de germinación de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	Medias (%)	Prueba de Tukey								
T96	95.33	a								
T79	95.33	a								
T97	92.67	a	b							
T6	92.33	a	b	c						
T63	91.33	a	b	c						
T76	90.67	a	b	c						
T12	90.33	a	b	c	d					
T36	89.67	a	b	c	d	e				
T89	89.00	a	b	c	d	e				
T19	89.00	a	b	c	d	e				
T73	88.67	a	b	c	d	e				
T34	88.67	a	b	c	d	e				
T47	88.00	a	b	c	d	e	f			
T90	87.67	a	b	c	d	e	f	g		
T35	87.33	a	b	c	d	e	f	g	h	
T69	87.00	a	b	c	d	e	f	g	h	
T98	86.33	a	b	c	d	e	f	g	h	i
T71	86.33	a	b	c	d	e	f	g	h	i

T	Medias (%)	Prueba de Tukey																															
T37	86.00	a	b	c	d	e	f	g	h	i																							
T32	85.67	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j																						
T13	84.33	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k																					
T5	84.00	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l																				
T82	83.33	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m																			
T38	82.33	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n																		
T46	82.00	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n																		
T75	81.33	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o																	
T60	81.33	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o																	
T1	81.00	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p																
T33	80.00		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q															
T11	79.67		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r														
T59	79.67		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r														
T87	79.33		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r														
T67	79.33		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r														
T61	79.00		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s													
T14	79.00		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s													
T70	78.67		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s													
T23	78.33		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t												
T80	77.67			c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u											
T17	75.67				d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w										
T85	75.33					e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w										
T39	73.33						f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x									
T78	73.00							g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y								
T91	73.00								g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y							
T45	73.00									g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y						
T65	72.67										h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y						
T72	72.67											h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y					
T58	72.00												i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z				
T55	71.00														j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a		
T95	71.00																j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a

T	Medias (%)	Prueba de Tukey																															
T52	70.33	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a																
T83	69.67	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b															
T94	69.33		l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b															
T92	68.67			m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c														
T86	67.67				n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d													
T21	67.00					o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e												
T27	67.00					o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e												
T62	66.67					o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e												
T24	66.67					o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e												
T9	66.33						p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f											
T88	66.00							q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g										
T93	65.00								r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h									
T48	64.33									s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i								
T42	64.33										s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i							
T10	63.67											t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i							
T50	63.33												u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j						
T22	62.67													w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j						
T25	61.00														w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k				
T8	60.00															x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k				
T2	59.00															x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l			
T57	59.00															x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l			
T29	58.67															x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l			
T66	58.33																y	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l			
T54	57.33																	z	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m		
T44	56.67																		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m		
T84	56.33																		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m		
T3	55.33																			b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m		
T53	54.33																				c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	
T49	53.33																					d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	
T16	52.67																						e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o

T	Medias (%)	Prueba de Tukey										
T26	51.67	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
T20	51.33		g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
T30	51.00			h	i	j	k	l	m	n	o	p
T4	49.67				i	j	k	l	m	n	o	p
T28	48.67					j	k	l	m	n	o	p
T56	47.33						k	l	m	n	o	p
T64	47.00						k	l	m	n	o	p
T43	46.67						k	l	m	n	o	p
T40	44.67							l	m	n	o	p q
T41	43.00								m	n	o	p q
T18	43.00								m	n	o	p q
T51	39.67									n	o	p q
T77	38.00										o	p q
T7	38.00										o	p q
T68	38.00										o	p q
T81	36.67											p q
T15	30.00											q r
T31	16.67											r s
T74	6.00											s

**Tabla 3.5:** Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del índice de conversión de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	Medias	Prueba de Tukey																				
T97	0.99	a																				
T32	0.94	a	b																			
T79	0.93	a	b	c																		
T36	0.9	a	b	c	d																	
T38	0.86	a	b	c	d	e																
T63	0.85	a	b	c	d	e																
T71	0.85	a	b	c	d	e																
T98	0.84	a	b	c	d	e	f															
T76	0.83	a	b	c	d	e	f	g														
T35	0.82	a	b	c	d	e	f	g	h													
T19	0.81	a	b	c	d	e	f	g	h	i												
T73	0.77	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j											
T34	0.75	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k										
T87	0.75	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l									
T17	0.74		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m								
T72	0.74		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n							
T46	0.72		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o						
T67	0.72		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p					
T6	0.72		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q				
T96	0.71		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r			
T82	0.71		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s		
T59	0.7		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s		
T69	0.7			c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s		
T5	0.7				d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s		
T90	0.69				d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s		
T12	0.69				d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s		

T	Medias	Prueba de Tukey																											
T1	0.68	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t											
T61	0.68	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t											
T14	0.68	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t											
T37	0.68	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u										
T11	0.67	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u										
T47	0.67	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w									
T33	0.66		e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w									
T89	0.66		e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w									
T50	0.65		e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w									
T13	0.64		e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w									
T54	0.63		e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x								
T29	0.61			f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y							
T57	0.61			f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z						
T39	0.60				g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z						
T27	0.60				g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z						
T10	0.60				g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z						
T85	0.60				g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z						
T45	0.60				g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z						
T60	0.59				g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a					
T83	0.59					h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a					
T56	0.59					h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a					
T48	0.59					h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a					
T95	0.59						i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b				
T80	0.58						i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b				
T65	0.58							i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b			
T86	0.57								j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c		
T66	0.56								j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c		
T70	0.56								j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	
T94	0.55								j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e
T78	0.55								j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e
T55	0.54								j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e

T	Medias	Prueba de Tukey																									
T75	0.54	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e					
T52	0.54		k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e					
T42	0.53		k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e					
T93	0.53		k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e					
T22	0.53		k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e					
T23	0.52		k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f				
T88	0.52		k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f				
T92	0.52		k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f				
T20	0.51			l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f				
T43	0.51			l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f				
T24	0.51				m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f				
T91	0.51				m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f				
T62	0.5				m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f				
T2	0.5				m	n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f				
T44	0.49					n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g			
T58	0.49					n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g			
T41	0.49					n	o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g			
T9	0.48						o	p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g			
T84	0.47							p	q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g			
T49	0.47								q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g			
T53	0.47								q	r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g			
T25	0.46									r	s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g			
T40	0.45										s	t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g			
T8	0.45											t	u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h		
T16	0.44												u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h		
T21	0.44												u	w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h		
T3	0.43													w	x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h		
T4	0.4														x	y	z	a	b	c	d	e	f	g	h		
T81	0.38															y	z	a	b	c	d	e	f	g	h		
T68	0.37																z	a	b	c	d	e	f	g	h		
T26	0.36																	a	b	c	d	e	f	g	h		

T	Medias	Prueba de Tukey							
T77	0.36	a	b	c	d	e	f	g	h
T64	0.35		b	c	d	e	f	g	h
T28	0.34			c	d	e	f	g	h
T51	0.33				d	e	f	g	h
T30	0.32					e	f	g	h
T18	0.32					e	f	g	h
T7	0.29						f	g	h
T15	0.25							g	h
T31	0.22								h i
T74	0.01								i

El análisis de la varianza de la tabla 3.6 muestra que existe diferencia altamente significativa en el diámetro y espesor de semilla; lo cual indica que existe diferencia entre los promedios de los tratamientos de estas variables.

**Tabla 3.6:** Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables diámetro y espesor de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios	
		DS	ES
Tratamientos	97	0.13 **	0.03 **
Error	882	0.02	0.01
Total	979	-	-
CV (%)		7.12	9.26
Promedio		1.86	1.01
Máximo		2.04	1.15
Mínimo		1.52	0.86

Nota: DS: Diámetro de semilla, ES: Espesor de semilla.

Para determinar estas diferencias se realizó la prueba de contraste de Tukey que se muestra en la tabla 3.7, donde el mayor promedio en el diámetro de semilla (2.04 mm) fue para el tratamiento T96 (Quinua Amarilla) y el menor (1.52 mm) para el tratamiento T41 (UNSCHLGBV604055313), asimismo, la tabla 3.8 muestra que el mayor promedio en el espesor de semillas (1.15 mm) fue para el tratamiento T66 (UNSCHLGBV604058413) y el menor (0.86 mm) para el tratamiento T94 (UNSCHLGBV6040513413).



**Tabla 3.7:** Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del diámetro de semilla de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	Medias (mm)	Prueba de Tukey					
T96	2.04	a					
T79	2.02	a	b				
T69	2.02	a	b				
T55	2.01	a	b	c			
T35	2.00	a	b	c	d		
T90	2.00	a	b	c	d		
T9	1.99	a	b	c	d		
T63	1.99	a	b	c	d		
T6	1.99	a	b	c	d		
T73	1.98	a	b	c	d		
T48	1.98	a	b	c	d		
T78	1.98	a	b	c	d		
T74	1.97	a	b	c	d		
T5	1.97	a	b	c	d		
T71	1.97	a	b	c	d		
T72	1.97	a	b	c	d		
T86	1.96	a	b	c	d		
T46	1.96	a	b	c	d		
T52	1.96	a	b	c	d		
T1	1.96	a	b	c	d		
T38	1.95	a	b	c	d	e	
T17	1.95	a	b	c	d	e	
T25	1.95	a	b	c	d	e	
T83	1.94	a	b	c	d	e	
T37	1.94	a	b	c	d	e	
T47	1.94	a	b	c	d	e	
T45	1.94	a	b	c	d	e	
T4	1.93	a	b	c	d	e	
T80	1.93	a	b	c	d	e	
T88	1.93	a	b	c	d	e	
T89	1.93	a	b	c	d	e	
T30	1.93	a	b	c	d	e	
T33	1.93	a	b	c	d	e	
T66	1.92	a	b	c	d	e	f
T44	1.92	a	b	c	d	e	f
T14	1.92	a	b	c	d	e	f
T98	1.92	a	b	c	d	e	f
T82	1.91	a	b	c	d	e	f

T	Medias (mm)	Prueba de Tukey									
T70	1.91	a	b	c	d	e	f				
T65	1.91	a	b	c	d	e	f				
T67	1.91	a	b	c	d	e	f				
T10	1.90	a	b	c	d	e	f				
T2	1.90	a	b	c	d	e	f				
T76	1.90	a	b	c	d	e	f				
T42	1.90	a	b	c	d	e	f				
T36	1.90	a	b	c	d	e	f				
T15	1.89	a	b	c	d	e	f				
T40	1.89	a	b	c	d	e	f				
T27	1.89	a	b	c	d	e	f				
T57	1.88	a	b	c	d	e	f				
T62	1.88	a	b	c	d	e	f				
T24	1.88	a	b	c	d	e	f				
T91	1.88	a	b	c	d	e	f				
T11	1.88	a	b	c	d	e	f				
T12	1.87	a	b	c	d	e	f				
T7	1.87	a	b	c	d	e	f				
T60	1.87	a	b	c	d	e	f				
T49	1.87	a	b	c	d	e	f				
T13	1.87	a	b	c	d	e	f				
T53	1.87	a	b	c	d	e	f				
T51	1.87	a	b	c	d	e	f				
T32	1.86	a	b	c	d	e	f				
T84	1.86	a	b	c	d	e	f				
T3	1.86	a	b	c	d	e	f				
T34	1.86	a	b	c	d	e	f				
T81	1.85	a	b	c	d	e	f	g			
T94	1.85	a	b	c	d	e	f	g			
T39	1.84	a	b	c	d	e	f	g	h		
T21	1.84	a	b	c	d	e	f	g	h		
T19	1.84	a	b	c	d	e	f	g	h		
T93	1.83	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
T68	1.83	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
T87	1.83	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
T26	1.81	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
T20	1.81	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
T64	1.80	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
T58	1.80	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
T23	1.80	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
T16	1.79	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
T75	1.79	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
T95	1.78		b	c	d	e	f	g	h	i	j
T97	1.78		b	c	d	e	f	g	h	i	j
T18	1.76			c	d	e	f	g	h	i	j
T59	1.76			c	d	e	f	g	h	i	j
T92	1.75				d	e	f	g	h	i	j
T56	1.70					e	f	g	h	i	j
T28	1.67						f	g	h	i	j
T43	1.60							g	h	i	j
T85	1.60								h	i	j
T61	1.59									i	j

T	Medias (mm)	Prueba de Tukey			
T31	1.58	i	j	k	
T50	1.56		j	k	
T77	1.56		j	k	
T8	1.54			k	l
T41	1.52				l

**Tabla 3.8:** Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del espesor de semilla de los tratamientos de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	Medias (mm)	Prueba de Tukey									
T66	1.15	a									
T35	1.13	a	b								
T71	1.13	a	b								
T63	1.11	a	b	c							
T76	1.11	a	b	c							
T72	1.10	a	b	c	d						
T73	1.10	a	b	c	d						
T98	1.10	a	b	c	d						
T2	1.09	a	b	c	d	e					
T38	1.09	a	b	c	d	e					
T79	1.09	a	b	c	d	e					
T74	1.09	a	b	c	d	e					
T13	1.08	a	b	c	d	e	f				
T36	1.07	a	b	c	d	e	f	g			
T32	1.07	a	b	c	d	e	f	g			
T68	1.07	a	b	c	d	e	f	g			
T59	1.07	a	b	c	d	e	f	g			
T57	1.07	a	b	c	d	e	f	g			
T53	1.06	a	b	c	d	e	f	g			
T54	1.06	a	b	c	d	e	f	g			
T20	1.06	a	b	c	d	e	f	g			
T17	1.06	a	b	c	d	e	f	g			..
T14	1.05	a	b	c	d	e	f	g			
T19	1.05	a	b	c	d	e	f	g			
T9	1.04	a	b	c	d	e	f	g			
T11	1.04	a	b	c	d	e	f	g			
T47	1.04	a	b	c	d	e	f	g			
T18	1.04	a	b	c	d	e	f	g			
T5	1.04	a	b	c	d	e	f	g			
T27	1.04	a	b	c	d	e	f	g			
T30	1.04	a	b	c	d	e	f	g			
T96	1.03	a	b	c	d	e	f	g	h		
T55	1.03	a	b	c	d	e	f	g	h		
T67	1.03	a	b	c	d	e	f	g	h		
T82	1.02	a	b	c	d	e	f	g	h		
T46	1.02	a	b	c	d	e	f	g	h		
T83	1.02	a	b	c	d	e	f	g	h		
T78	1.02	a	b	c	d	e	f	g	h		
T52	1.02	a	b	c	d	e	f	g	h		
T56	1.02	a	b	c	d	e	f	g	h		
T89	1.02	a	b	c	d	e	f	g	h		
T10	1.02	a	b	c	d	e	f	g	h		
T40	1.02	a	b	c	d	e	f	g	h		

T	Medias (mm)	Prueba de Tukey							
T29	1.02	a	b	c	d	e	f	g	h
T1	1.01	a	b	c	d	e	f	g	h
T80	1.01	a	b	c	d	e	f	g	h
T90	1.01	a	b	c	d	e	f	g	h
T44	1.01	a	b	c	d	e	f	g	h
T45	1.01	a	b	c	d	e	f	g	h
T33	1.00	a	b	c	d	e	f	g	h
T87	1.00	a	b	c	d	e	f	g	h
T22	1.00	a	b	c	d	e	f	g	h
T88	0.99	a	b	c	d	e	f	g	h
T69	0.99	a	b	c	d	e	f	g	h
T43	0.99	a	b	c	d	e	f	g	h
T42	0.99	a	b	c	d	e	f	g	h
T41	0.99	a	b	c	d	e	f	g	h
T25	0.99	a	b	c	d	e	f	g	h
T48	0.99	a	b	c	d	e	f	g	h
T58	0.99	a	b	c	d	e	f	g	h
T21	0.98	a	b	c	d	e	f	g	h
T91	0.98	a	b	c	d	e	f	g	h
T97	0.98	a	b	c	d	e	f	g	h
T86	0.98	a	b	c	d	e	f	g	h
T16	0.98	a	b	c	d	e	f	g	h
T8	0.98	a	b	c	d	e	f	g	h
T62	0.98	a	b	c	d	e	f	g	h
T61	0.98	a	b	c	d	e	f	g	h
T4	0.98	a	b	c	d	e	f	g	h
T34	0.97		b	c	d	e	f	g	h
T6	0.97		b	c	d	e	f	g	h
T81	0.97		b	c	d	e	f	g	h
T85	0.97		b	c	d	e	f	g	h
T31	0.97		b	c	d	e	f	g	h
T64	0.97		b	c	d	e	f	g	h
T37	0.96		b	c	d	e	f	g	h
T24	0.96		b	c	d	e	f	g	h
T39	0.96		b	c	d	e	f	g	h
T15	0.96		b	c	d	e	f	g	h
T7	0.96		b	c	d	e	f	g	h
T93	0.96		b	c	d	e	f	g	h
T49	0.96		b	c	d	e	f	g	h
T3	0.96		b	c	d	e	f	g	h
T77	0.95			c	d	e	f	g	h
T12	0.94			c	d	e	f	g	h
T23	0.94			c	d	e	f	g	h
T50	0.94			c	d	e	f	g	h
T65	0.94			c	d	e	f	g	h
T26	0.93				d	e	f	g	h
T95	0.93				d	e	f	g	h
T60	0.93				d	e	f	g	h
T28	0.92					e	f	g	h
T51	0.92					e	f	g	h
T75	0.92					e	f	g	h
T84	0.91						f	g	h

T	Medias (mm)	Prueba de Tukey		
T92	0.91	f	g	h
T70	0.90		g	h
T94	0.86			h

Para la selección de los tratamientos con mejores resultados en las variables evaluadas, se utilizó una probabilidad de selección del 15 %; es decir, la selección del 15 % de los mejores resultados para las variables peso de 1 000 semillas, diámetro de semilla, espesor de semilla, porcentaje de germinación e índice de conversión; para el caso del contenido de saponinas el 15 % de los menores promedios para la selección de semillas con menor porcentaje de saponinas. Así la tabla 3.9 muestra que la selección de los tratamientos para el peso de 1 000 semillas, diámetro de semilla, espesor de semilla, porcentaje de germinación e índice de conversión fue a partir de 3.24 g, 1.96 mm, 1.07 mm, 86.76 % y de un índice de 0.76, respectivamente; y para el contenido de saponina los tratamientos con promedios menores de -0.03 %.

**Tabla 3.9:** Probabilidad de selección  $x > 15\%$  para todos los tratamientos en cinco variables cuantitativas y de  $x < 15\%$  para la variable contenido de saponina en la fase de selección. Huamanga-Ayacuchio, 2 016.

Resumen	P 1 000 S (g)	DS (mm)	ES (mm)	CS (%)	PG (%)	IC
$x > 15\%$	3.24	1.96	1.07	-	86.76	0.76
$x < 15\%$	-	-	-	-0.03	-	-

Nota: P 1 000 S: Peso de 1 000 semillas, DS: Diámetro de semilla, ES: Espesor de semilla, CS: Contenido de saponina: PG: Porcentaje de germinación, IC: Índice de conversión.

Considerando los resultados de la tabla 3.9 y de las tablas de contraste de Tukey, los tratamientos seleccionados fueron aquellos que presentaron coincidencia de selección en más de dos variables evaluadas. La tabla 3.10, muestra los tratamientos seleccionados, donde los tratamientos T79 (UNSHLGBV6040511613), T63 (UNSHLGBV604058013), T73 (UNSHLGBV604059613) y T35 (UNSHLGBV604054313) muestran coincidencia de selección para las seis variables evaluadas; T71 (UNSHLGBV604059213) para cinco variables; T38 (UNSHLGBV604054813) y T76 (UNSHLGBV6040510013) para cuatro variables y finalmente T98 (Quinua Roja), T19 (UNSHLGBV604052413) y T36 (UNSHLGBV604054613) para tres variables; aunque en la selección por coincidencia de tres variables se exceptuaron los tratamientos T68 (UNSHLGBV604050713), T13 (UNSHLGBV604051613),

T69 (UNSCHLGBV604058713) y T96 (Quinua Amarilla) por no haber sido seleccionados para las variables contenido de saponina, porcentaje de germinación e índice de conversión.

**Tabla 3.10:** Comparación de tratamientos seleccionados para una probabilidad de 15 % en seis variables evaluadas en la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2 016.

P 1 000 S (g)	DS (mm)	ES (mm)	CS (%)	PG (%)	IC	N° coincidencias
T9	T9	-	-	-	-	2
T6	T6	-	-	T6	-	3
T71	T71	T71	T71	-	T71	5
T12	-	-	-	T12	-	2
T79	T79	T79	T79	T79	T79	6
T14	-	-	T14	-	-	2
T13	-	T13	T13	-	-	3
T38	-	T38	T38	-	T38	4
T30	-	-	-	-	-	1
T83	-	-	-	-	-	1
T63	T63	T63	T63	T63	T63	6
T73	T73	T73	T73	T73	T73	6
T69	T69	-	-	T69	-	3
T35	T35	T35	T35	T35	T35	6
T46	-	-	-	-	-	1
T25	-	-	-	-	-	1
T96	T96	-	-	T96	-	3
-	T72	T72	-	-	-	2
-	T5	-	-	-	-	1
-	T74	T74	-	-	-	2
-	T78	-	-	-	-	1
-	T48	-	-	-	-	1
-	T90	-	-	T90	-	2
-	T55	-	-	-	-	1
-	-	T2	-	-	-	1
-	-	T98	T98	-	T98	3
-	-	T76	T76	T76	T76	4
-	-	T66	T66	-	-	2
-	-	-	T8	-	-	1
-	-	-	T16	-	-	1
-	-	-	T11	-	-	1
-	-	-	T19	T19	T19	3
-	-	-	T10	-	-	1
-	-	-	T85	-	-	1
-	-	-	T50	-	-	1
-	-	-	T41	-	-	1
-	-	-	T32	-	T32	2
-	-	-	T36	T36	T36	3
-	-	-	-	T47	-	1
-	-	-	-	T34	-	1
-	-	-	-	T89	-	1
-	-	-	-	T97	T97	2

Nota: P 1 000 S: Peso de 1 000 semillas, DS: Diámetro de semilla, ES: Espesor de semilla, CS: Contenido de saponina, PG: Porcentaje de germinación, IC: Índice de conversión.

La tabla 3.11 muestra los 10 tratamientos seleccionados, donde los rangos de valores para el peso de 1 000 semillas oscila entre 2.87 g y 3.40 g, el diámetro

de semillas entre 1.84 mm y 2.02 mm, el espesor de semilla entre 1.05 mm y 1.13 mm, el contenido de saponina entre -0.02 % y -0.01 %, el porcentaje de germinación entre 82.33 % y 95.33 % y el índice de conversión entre 0.77 y 0.93. Cabe señalar que todos los tratamientos seleccionados eran granos de color rojo.

**Tabla 3.11:** Valores de los tratamientos seleccionados en las seis variables evaluadas de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	P 1 000 S (g)	DS (mm)	ES (mm)	CS (%)	PG (%)	IC
<b>T19</b>	2.87	1.84	1.05	-0.02	89.00	0.81
<b>T35</b>	3.40	2.00	1.13	-0.02	87.33	0.82
<b>T36</b>	3.23	1.90	1.07	-0.02	89.67	0.90
<b>T38</b>	3.30	1.95	1.09	-0.01	82.33	0.86
<b>T63</b>	3.37	1.99	1.11	-0.02	91.33	0.85
<b>T71</b>	3.27	1.97	1.13	-0.02	86.33	0.85
<b>T73</b>	3.37	1.98	1.10	-0.02	88.67	0.77
<b>T76</b>	3.13	1.90	1.11	-0.02	90.67	0.83
<b>T79</b>	3.28	2.02	1.09	-0.02	95.33	0.93
<b>T98</b>	2.87	1.92	1.10	-0.02	86.33	0.84

Nota: P 1 000 S: Peso de 1 000 semillas, DS: Diámetro de semilla, ES: Espesor de semilla, CS: Contenido de saponina, PG: Porcentaje de germinación, IC: Índice de conversión.

Para todas las variables evaluadas se observa que los testigos (T96, T97 y T98) muestran resultados similares a las de algunas accesiones del Banco de Germoplasma del LGBV; estos resultados permiten inferir que existen algunas accesiones que mantienen su viabilidad, peso y ciertas características aún en largos períodos de almacenamiento mientras que otras las pierden rápidamente.

Alfaro (2013) en su trabajo de investigación sobre el establecimiento del banco regional de germoplasma y caracterización fenotípica de accesiones de quinua, reporta el máximo peso de 1 000 semillas para la accesión UNSCHLGBV604051013 con 3.85 g y el mínimo para la accesión UNSCHLGBV604055513 con 0.60 g; en el presente trabajo de investigación para estas accesiones se obtuvo 3.27 g y 2.13 g respectivamente; siendo en este trabajo el T25 (UNSCHLGBV604053113) el que obtuvo mayor peso con 3.53 g y el mínimo para el T31 (UNSCHLGBV604053813) con 1.70 g; mientras que en los reportados por Alfaro (2013) para estas accesiones fue 3.69 g y 1.94 g. Con estos resultados se observa que el peso de 1 000 semillas tiende a disminuir con el tiempo de almacenamiento.

De igual forma, el autor antes mencionado reporta para el diámetro de semilla un rango que va desde 1.54 mm hasta 3.37 mm para las accesiones UNS-

CHLGBV60405**62**13 y UNSCHLGBV60405**82**13, respectivamente; en el presente trabajo de investigación el rango varía de 1.52 mm para el tratamientos T41 (UNSCHLGBV60405**53**13) a 2.02 mm para los tratamientos T79 (UNSCHLGBV60405**116**13) y T69 (UNSCHLGBV60405**87**13), respectivamente.

El diámetro de las semillas seleccionadas están clasificados según González y Prado (2015) como semillas de la categoría grande por ubicarse en el rango de 1,76 y 2,20 mm.

Las semillas de quinua seleccionadas en el contenido de saponinas son consideradas como quinas dulces de acuerdo con Quiroga y Escalera (2010), por presentar niveles por debajo del 0.12% de saponina; además, según Jiménez *et al.* (2015), una concentración de saponinas menor de 0,11 % indica que son variedades dulces producto de un proceso de fitomejoramiento, por lo que no serían variedades silvestres.

Al no contar con datos iniciales de germinación de las accesiones del germoplasma del LGBV se supone el 100 %, lo cual permite deducir que el porcentaje de germinación durante los tres años de almacenamiento disminuyó de 5-94 %.

Según FAO (2014) el porcentaje mínimo de germinación en bancos de germoplasma debe ser 85 % de la viabilidad inicial; por lo que a partir del tratamiento T38 (ver tabla 3.4 del anexo) las quinas deben ser regeneradas por presentar un porcentaje menor de 82.33 %; probablemente por las condiciones de almacenamiento; ya que al respecto Castellón (2008), reporta que el almacenamiento en condiciones ambientales (14 % de humedad relativa y temperatura ambiente) durante seis meses en semillas del cultivar Baer y Ollagüe disminuyó su porcentaje de germinación en 5 % y 30 %, respectivamente; mientras que almacenadas en banco de germoplasma (6 % de humedad relativa y -20°C) mantuvo invariable sus porcentajes de germinación; por lo que deduce que las condiciones de almacenamiento influyen en el porcentaje de germinación, por el daño ocasionado en los tejidos embrionarios que no producen la muerte del embrión pero que sí afectan el proceso de germinación. Asimismo, Pinto y Rojas (2013) declara que en accesiones de quinas cultivadas almacenadas durante 13 semestres consecutivos a 10°C y 45 % de humedad relativa; el 96 % redujo su germinación



entre 1 a 85 %, mientras que el 4 % incremento el porcentaje de germinación en 2 %.

## 3.2. FASE DE PRODUCCIÓN DE GERMINADOS

### 3.2.1. Porcentaje de germinación (%)

De acuerdo con el análisis de varianza mostrada en la tabla 3.12 existe diferencia altamente significativa en el porcentaje de germinación entre los tratamientos por el efecto de la AS, TI y TG; así como por la doble y triple interacción, esta última indica que el porcentaje de germinación varía por la combinación de la AS, TI y TG.

**Tabla 3.12:** *Análisis de varianza del efecto de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG) en el porcentaje de germinación de quinua (Chenopodium quinoa) en la fase de producción de germinados. Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	
Tratamientos	89	91859.05	1032.12	62.62	<0.0001	**
AS	9	3259.13	362.13	21.97	<0.0001	**
TI	2	19954.45	9977.23	605.36	<0.0001	**
TG	2	24682.05	12341.03	748.78	<0.0001	**
AS*TI	18	2354.59	130.81	7.94	<0.0001	**
AS*TG	18	3304.54	183.59	11.14	<0.0001	**
TI*TG	4	33119.48	8279.87	502.37	<0.0001	**
AS*TI*TG	36	5184.81	144.02	8.74	<0.0001	**
Error	180	2966.67	16.48			
Total	269	94825.72				

CV=4.73 %

Por la amplitud de los datos se procedió a realizar la prueba de contraste de Tukey por la facilidad en la interpretación. Así en la prueba de contraste de Tukey que se muestra en la tabla 3.13, se observa que la accesión UNSCHLGBV60405**11613** producida en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad durante 48 horas, presenta el mayor porcentaje de germinación (98.33 %) y la accesión UNSCHLGBV60405**9213** producida en condiciones de luz continua durante 24 horas, presenta el menor porcentaje de germinación con 9.67 %.

Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Díaz *et al.* (2011) para germinados de *Lablab purpureus*, donde obtuvo 78.69 % de germinación en intervalos de iluminación de 12 horas durante 72 horas.

**Tabla 3.13:** Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del porcentaje de germinación por la interacción de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016.

AS	TI	TG	Medias	Prueba de Tukey						
116	12HL-12HO	48	98.33	a						
80	OC	48	98	a	b					
80	12HL-12HO	48	97.67	a	b					
116	OC	72	97.67	a	b					
80	LC	72	97.33	a	b					
116	OC	48	97.33	a	b					
80	12HL-12HO	72	97.33	a	b					
96	OC	72	97.33	a	b					
80	OC	72	97	a	b	c				
46	OC	48	97	a	b	c				
116	12HL-12HO	72	97	a	b	c				
116	LC	72	96.67	a	b	c				
46	12HL-12HO	72	96	a	b	c	d			
116	OC	24	95.67	a	b	c	d	e		
96	OC	48	95.33	a	b	c	d	e		
100	LC	72	95.33	a	b	c	d	e		
80	OC	24	95	a	b	c	d	e	f	
116	LC	48	95	a	b	c	d	e	f	
24	OC	48	95	a	b	c	d	e	f	
100	12HL-12HO	72	95	a	b	c	d	e	f	
80	12HL-12HO	24	94.67	a	b	c	d	e	f	g
96	12HL-12HO	72	94.33	a	b	c	d	e	f	g
24	12HL-12HO	48	94.33	a	b	c	d	e	f	g
46	OC	24	94	a	b	c	d	e	f	g
92	12HL-12HO	72	94	a	b	c	d	e	f	g
96	LC	72	94	a	b	c	d	e	f	g
43	12HL-12HO	48	93.67	a	b	c	d	e	f	g
46	12HL-12HO	48	93.67	a	b	c	d	e	f	g
96	OC	24	93.33	a	b	c	d	e	f	g
92	LC	72	93.33	a	b	c	d	e	f	g
80	LC	48	93.33	a	b	c	d	e	f	g
100	OC	72	93.33	a	b	c	d	e	f	g
100	12HL-12HO	48	93.33	a	b	c	d	e	f	g
43	OC	48	93	a	b	c	d	e	f	g
100	LC	48	92.67	a	b	c	d	e	f	g
92	12HL-12HO	48	92.67	a	b	c	d	e	f	g
116	12HL-12HO	24	92.33	a	b	c	d	e	f	g
96	12HL-12HO	48	92.33	a	b	c	d	e	f	g

AS	TI	TG	Medias	Prueba de Tukey						
117	12HL-12HO	72	92.33	a	b	c	d	e	f	g
100	OC	48	92.33	a	b	c	d	e	f	g
46	OC	72	92	a	b	c	d	e	f	g
117	OC	72	92	a	b	c	d	e	f	g
43	LC	48	92	a	b	c	d	e	f	g
117	LC	48	92	a	b	c	d	e	f	g
92	OC	48	92	a	b	c	d	e	f	g
117	LC	72	91.67	a	b	c	d	e	f	g
92	OC	72	91.67	a	b	c	d	e	f	g
100	12HL-12HO	24	91.67	a	b	c	d	e	f	g
96	LC	48	91.67	a	b	c	d	e	f	g
24	OC	72	91.67	a	b	c	d	e	f	g
117	12HL-12HO	48	91	a	b	c	d	e	f	g
43	OC	24	91	a	b	c	d	e	f	g
117	OC	24	91	a	b	c	d	e	f	g
24	LC	72	91	a	b	c	d	e	f	g
43	12HL-12HO	72	91	a	b	c	d	e	f	g
117	12HL-12HO	24	90.67	a	b	c	d	e	f	g
46	LC	48	90.67	a	b	c	d	e	f	g
46	LC	72	90.67	a	b	c	d	e	f	g
43	OC	72	90.33	a	b	c	d	e	f	g
24	12HL-12HO	72	90.33	a	b	c	d	e	f	g
100	OC	24	90	a	b	c	d	e	f	g
43	LC	72	90	a	b	c	d	e	f	g
117	OC	48	89.67	a	b	c	d	e	f	g
92	OC	24	89.33	a	b	c	d	e	f	g
92	LC	48	89.33	a	b	c	d	e	f	g
46	12HL-12HO	24	88.67	a	b	c	d	e	f	g
96	12HL-12HO	24	88.67	a	b	c	d	e	f	g
24	OC	24	88.67	a	b	c	d	e	f	g
24	LC	48	88.33	a	b	c	d	e	f	g
48	12HL-12HO	72	88	a	b	c	d	e	f	g
43	12HL-12HO	24	85.67	a	b	c	d	e	f	g
24	12HL-12HO	24	85.67	a	b	c	d	e	f	g
48	12HL-12HO	48	85.33	a	b	c	d	e	f	g
48	LC	72	84		b	c	d	e	f	g
48	OC	72	84		b	c	d	e	f	g
48	OC	48	83			c	d	e	f	g
92	12HL-12HO	24	82				d	e	f	g
48	LC	48	81.67					e	f	g
48	12HL-12HO	24	81						f	g
48	OC	24	80.67							g
46	LC	24	63.33							h
48	LC	24	58.33							h
117	LC	24	55.33							h
80	LC	24	53.33							h
96	LC	24	51							h
43	LC	24	27.67							i
116	LC	24	22.33							i
100	LC	24	20.33							i
24	LC	24	19.67							i
92	LC	24	9.67							j

### 3.2.2. Longitud del eje embrionario (cm)

El análisis de varianza de la tabla 3.14 muestra que las interacciones AS\*TI, AS\*TG y AS\*TI\*TG no son estadísticamente significativas; pero si existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos por los efectos independientes de la AS, TI, TG y por la interacción del TI\*TG; esta última indica que la longitud del eje embrionario varía por la combinación del TI y TG; por lo que se realizó un estudio de efectos simples.

**Tabla 3.14:** *Análisis de varianza del efecto de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG) en la longitud del eje embrionario de quinua (Chenopodium quinoa) en la fase de producción de germinados. Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Fuente de variación	G.L	SC	CM	FC	Pr>F	
Tratamientos	89	312.82	3.51	56.8	<0.0001	**
AS	9	4.52	0.5	8.11	<0.0001	**
TI	2	35.91	17.96	290.19	<0.0001	**
TG	2	255.39	127.7	2063.65	<0.0001	**
AS*TI	18	2.06	0.11	1.85	0.0224	<b>ns</b>
AS*TG	18	1.83	0.1	1.65	0.0534	<b>ns</b>
TI*TG	4	10.26	2.57	41.47	<0.0001	**
AS*TI*TG	36	2.84	0.08	1.27	0.1537	<b>ns</b>
Error	180	11.14	0.06			
Total	269	323.96				
CV=16.60 %						

En la tabla 3.15 se observa que el TG se ajusta a una regresión cuadrática para los tres tipos de iluminación.

**Tabla 3.15:** *Análisis de varianza y estudio de modelos polinómicos de la longitud del eje embrionario (cm) de quinua (*Chenopodium quinoa*) en la fase de producción de germinados, debido a tres tipos de iluminación (TI) y tres tiempos de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Fuente de variación	G.L	SC	CM	FC	Pr>F	
Tratamientos	89	312.82	3.51	56.8	<0.0001	**
TI*TG	4	10.26	2.57	41.47	<0.0001	**
12HL-12HO						
<b>R. Lineal</b>	1	118.05	118.05	1967.500	0.0000	**
<b>R. Cuadrático</b>	1	1.8	1.8	30.000	0.0000	**
LC						
<b>R. Lineal</b>	1	43.54	43.54	725.667	0.0000	**
<b>R. Cuadrático</b>	1	1.09	1.09	18.167	0.0000	**
OC						
<b>R. Lineal</b>	1	100.21	100.21	1670.167	0.0000	**
<b>R. Cuadrático</b>	1	0.98	0.98	16.333	0.0001	**
Error	180	11.14	0.06			
Total	269	323.96				
CV=16.60%						

En la tabla 3.16 se observa que la mayor longitud del eje embrionario (3.32 cm) fue para los germinados sometidos a 12 horas luz-12 horas oscuridad durante 72 horas y el menor (0.21 cm) para los germinados producidos en luz continua durante 24 horas. Además se observa un aumento gradual en la longitud del eje embrionario directamente proporcional al tiempo de germinado,

**Tabla 3.16:** *Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la longitud del eje embrionario por el efecto de la interacción del tiempo de germinación (TG) y tipo de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016.*

TG	TI	Promedio (cm)	Prueba de Tukey
72H	12HL-12HO	3.32	a
72H	OC	3.06	b
72H	LC	1.92	c
48H	12HL-12HO	1.61	d
48H	OC	1.55	d
48H	LC	0.83	e
24H	12HL-12HO	0.51	f
24H	OC	0.48	f
24H	LC	0.21	g

Nota: TG (horas)

Díaz *et al.* (2011) encontró que la longitud de radícula en los germinados de *La-blab purpureus* producidos durante 72 horas en intervalos de iluminación de 12 horas, iluminación total y oscuridad total fueron 4.15, 3.15 y 4.36 cm., respectivamente; superiores a los obtenidos en el presente trabajo.

La longitud del eje embrionario encontrado en este trabajo es superior al reportado en chíá (*Salvia hispánica* L.) por Buenrostro *et al.* (2016); el cual es de 2.2 cm para tres días de germinación, así como el reportado por Díaz *et al.* (2004) en *Viga unguiculata* (0.80 cm) germinada en luz continua a 21 °C durante 57 horas

### 3.2.3. Índice de conversión

De acuerdo con el análisis de varianza de la tabla 3.17, existe diferencia altamente significativa por el efecto del AS, TI y TG; así como por la doble y triple interacción entre las fuentes; esta última indica que el índice de conversión varía por la combinación de la AS, TI y TG.

**Tabla 3.17:** *Análisis de varianza del efecto de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG) en el índice de conversión de germinados de quinua (Chenopodium quinoa) en la fase de producción de germinados. Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Fuente de variación	G.L	SC	CM	FC	Pr>F	
Tratamientos	89	8.91	0.1	38.26	<0.0001	**
AS	9	0.33	0.04	13.85	<0.0001	**
TI	2	2.12	1.06	404.09	<0.0001	**
TG	2	2.12	1.06	404.51	<0.0001	**
AS*TI	18	0.25	0.01	5.33	<0.0001	**
AS*TG	18	0.36	0.02	7.54	<0.0001	**
TI*TG	4	3.18	0.79	303.36	<0.0001	**
AS*TI*TG	36	0.57	0.02	6.05	<0.0001	**
Error	180	0.47				
Total	269	9.38				
CV=6.04 %						

Por la amplitud de los datos se procedió a realizar la prueba de contraste de Tukey por la facilidad en la interpretación. En la prueba de contraste de Tukey de la tabla 3.18, se observa que la accesión UNSCHLGBV60405**80**13 producida en condiciones de oscuridad completa durante 72 horas, presenta el mayor índice de conversión (1) y la accesión UNSCHLGBV60405**92**13 producida en condiciones de luz continua durante 24 horas, el menor índice de conversión (0.08).

**Tabla 3.18:** Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del índice de conversión por la interacción de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016.

AS	TI	TG	Medias	Prueba de Tukey		
80	OC	72	1	a		
96	OC	72	0.98	a	b	
116	OC	48	0.98	a	b	
117	OC	72	0.98	a	b	
116	LC	72	0.97	a	b	c
100	OC	72	0.97	a	b	c
92	OC	72	0.97	a	b	c
116	12HL-12HO	48	0.97	a	b	c
80	OC	48	0.97	a	b	c
80	12HL-12HO	48	0.97	a	b	c
100	12HL-12HO	24	0.96	a	b	c
116	OC	24	0.96	a	b	c
80	OC	24	0.96	a	b	c
80	12HL-12HO	24	0.96	a	b	c
80	LC	72	0.96	a	b	c
43	OC	72	0.96	a	b	c
117	LC	72	0.96	a	b	c
116	LC	48	0.95	a	b	c
116	OC	72	0.95	a	b	c
46	12HL-12HO	48	0.94	a	b	c
46	OC	48	0.94	a	b	c
92	12HL-12HO	48	0.93	a	b	c
43	OC	48	0.93	a	b	c
46	OC	24	0.93	a	b	c
46	OC	72	0.93	a	b	c
96	OC	48	0.93	a	b	c
116	12HL-12HO	24	0.92	a	b	c
117	OC	48	0.92	a	b	c
100	OC	48	0.92	a	b	c
100	12HL-12HO	48	0.92	a	b	c
24	12HL-12HO	48	0.92	a	b	c
43	LC	72	0.92	a	b	c
92	OC	48	0.91	a	b	c
80	12HL-12HO	72	0.91	a	b	c
92	12HL-12HO	72	0.91	a	b	c
43	OC	24	0.91	a	b	c
80	LC	48	0.91	a	b	c
96	LC	72	0.91	a	b	c
24	OC	72	0.91	a	b	c
92	LC	72	0.91	a	b	c
100	LC	48	0.91	a	b	c
96	OC	24	0.9	a	b	c
43	12HL-12HO	72	0.9	a	b	c
24	OC	48	0.9	a	b	c
117	12HL-12HO	24	0.9	a	b	c
96	12HL-12HO	48	0.9	a	b	c
46	LC	72	0.9	a	b	c
117	OC	24	0.9	a	b	c
43	LC	48	0.89	a	b	c
92	12HL-12HO	24	0.89	a	b	c
100	12HL-12HO	72	0.89	a	b	c
100	LC	72	0.89	a	b	c
96	12HL-12HO	24	0.89	a	b	c

[illegible]

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Buenrostro *et al.* (2016) en chíia (*Salvia hispánica* L.), donde encontró índices de conversión de 0.18, 0.25, 0.28 y 0.35 durante 3, 4, 5 y 6 días de germinación, respectivamente. Aunque es inferior al reportado por Barrón *et al.* (2008), quien encontró un índice de conversión de 5.8, 4.0, 12.0, 4.0 y 1.54 en germinados de huazontle, calabacita, canola y amaranto a los 10, 1, 12 y 9 días, respectivamente.

Los bajos índices de conversión encontrados en este trabajo con respecto a los reportados en otras especies, se debe posiblemente a que el registro del peso de



los germinados se realizó después del secado de estos por un día en condiciones de laboratorio.

### 3.2.4. Primera evaluación sensorial (escala hedónica)

La tabla 3.19 muestra que en las variables sabor, color y olor para diferentes presentaciones de germinados de quinua (ver anexo A.3); el 90.0 %, 92.5 % y 72.5 % de los jurados, respectivamente, indican su apreciación entre me gusta ligeramente a me gusta mucho, no observándose resultados de me disgusta y me disgusta mucho.

**Tabla 3.19:** *Tabla de frecuencia del sabor, olor y color de germinados de quinua (Chenopodium quinoa) en diferentes platillos. Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Variable	Clase	Categoría	FA	FR (%)
Sabor	1	MGM	11	27.5
	2	MG	16	40.0
	3	MGL	9	22.5
	4	NMGNMD	2	5.0
	5	MDL	2	5.0
	6	MD	0	0
	7	MDM	0	0
Color	1	MGM	14	35.0
	2	MG	15	37.5
	3	MGL	8	20.0
	4	NMGNMD	2	5.0
	5	MDL	1	2.5
	6	MD	0	0
	7	MDM	0	0
Olor	1	MGM	3	7.5
	2	MG	14	35.0
	3	MGL	12	30.0
	4	NMGNMD	6	15.0
	5	MDL	5	12.5
	6	MD	0	0
	7	MDM	0	0

Nota: MGM: me gusta mucho, MG: me gusta, MGL: me gusta ligeramente, NMGNMD: ni me gusta ni me disgusta, MDL: me disgusta ligeramente, MD: me disgusta, MDM: me disgusta mucho.

### 3.2.5. Segunda evaluación sensorial (escala hedónica)

En las tablas 3.20, 3.21 y 3.22 se muestra el análisis de varianza para las tres propiedades sensoriales evaluadas, en las cuales los valores del coeficiente de variación es elevada, debido a que no se realizaron repeticiones de los tratamientos para cada jurado; es decir, cada jurado evaluó una sola repetición por tratamiento; Asimismo, de acuerdo al análisis de varianza no existe diferencia estadística significativa entre las fuentes de variación, ya que las respuestas de los

jurados para los germinados producidos en tres tipos de iluminación y tres tiempos de germinación fueron estadísticamente iguales, lo cual quiere decir que los tipos de iluminación y los tiempos de germinación no influyen en la aceptación de los jurados. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Barrón *et al.* (2008), quien en la evaluación sensorial de la apariencia y olor de germinados de huauzontle, calabacita, canola y amaranto no encontró diferencia estadística significativa.

### ■ Sabor

**Tabla 3.20:** *Análisis de varianza del sabor de germinados de quinua (Chenopodium quinua) producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Fuente de variación	G.L	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	8	7.69	0.96	0.91	0.5130 <b>ns</b>
TG	2	5.96	2.98	2.82	0.0656 <b>ns</b>
TI	2	0.16	0.08	0.07	0.9291 <b>ns</b>
TI*TG	4	1.58	0.39	0.37	0.8271 <b>ns</b>
Error	81	85.60	1.06		
Total	89	93.29			
CV=49.21 %					

Nota: TG (días).

### ■ Olor

**Tabla 3.21:** *Análisis de varianza del olor de germinados de quinua (Chenopodium quinua) producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Fuente de variación	G.L	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	8	3.29	0.41	0.48	0.8704 <b>ns</b>
TG	2	2.02	1.01	1.17	0.3161 <b>ns</b>
TI	2	0.02	0.01	0.01	0.9872 <b>ns</b>
TI*TG	4	1.24	0.31	0.36	0.8367 <b>ns</b>
Error	81	70.10	0.87		
Total	89	73.39			
CV=38.94 %					

Nota: TG (días).

### ■ Color

**Tabla 3.22:** *Análisis de varianza del color de germinados de quinua (Chenopodium quinoa) producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Fuente de variación	G.L	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	8	2.16	0.27	0.31	0.9620 <b>ns</b>
TG	2	1.09	0.54	0.62	0.5422 <b>ns</b>
TI	2	0.36	0.18	0.20	0.8180 <b>ns</b>
TI*TG	4	0.71	0.18	0.20	0.9369 <b>ns</b>
Error	81	71.50	0.88		
Total	89	73.66			
CV=40.46 %					

Nota: TG (días).

Sin embargo la tabla 3.23 muestra que en las variables sabor, color y olor el 92.3 %, 86.7 % y 85.5 % de los jurados, respectivamente, indican su apreciación entre me gusta ligeramente a me gusta mucho, no observándose resultados de me disgusta y me disgusta mucho.

**Tabla 3.23:** *Tabla de frecuencia del sabor, olor y color de germinados de quinua (Chenopodium quinoa) producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Variable	Clase	Categoría	FA	FR (%)
Sabor	1	MGM	32	35.6
	2	MG	27	30.0
	3	MGL	24	26.7
	4	NMGNMD	5	5.6
	5	MDL	2	2.2
	6	MD	0	0.0
	7	MDM	0	0.0
Color	1	MGM	13	16.7
	2	MG	53	43.3
	3	MGL	11	26.7
	4	NMGNMD	13	13.3
	5	MDL	0	0.0
	6	MD	0	0.0
	7	MDM	0	0.0
Olor	1	MGM	15	14.4
	2	MG	39	58.9
	3	MGL	24	12.2
	4	NMGNMD	12	14.4
	5	MDL	0	0.0
	6	MD	0	0.0
	7	MDM	0	0.0

Nota: MGM: me gusta mucho, MG: me gusta, MGL: me gusta ligeramente, NMGNMD: ni me gusta ni me disgusta, MDL: me disgusta ligeramente, MD: me disgusta, MDM: me disgusta mucho.

### 3.2.6. Contenido de proteína bruta (%)

**Tabla 3.24:** *Contenido de proteína bruta (PB) de semillas de quinua (Chenopodium quinoa) sin germinar y germinadas en tres tipos de iluminación (TI) y tres tiempos de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016.*

TI	TG	PB (%)
OC	72	14.16
LC	72	13.84
OC	48	13.72
LC	48	13.13
12HL-12HO	72	13.03
LC	24	12.53
OC	24	12.31
Semilla		12.16
12HL-12HO	48	11.97
12HL-12HO	24	11.44

Nota: TG (horas).

En la tabla 3.24 se observa que a excepción de los germinados producidos en 12 horas luz-12 horas oscuridad durante 24 y 48 horas; las semillas germinadas en los tres tipos de iluminación y tres tiempos de germinación, presentan un contenido de proteína bruta superior al de las semillas (12.16 %), siendo el mayor registrado por los germinados en condiciones de oscuridad completa durante 72 horas con 14.16 %. Estos resultados coinciden con el reportado por Díaz *et al.* (2011) en la germinación de *Lablab purpureus* durante 96 horas en condiciones de oscuridad total, en la que obtuvo el mayor contenido de proteína bruta (30.08 %).

Los valores obtenidos muestran una tendencia de incremento del contenido de proteína bruta con los días de germinación, al igual que el encontrado por Buenrostro *et al.* (2016) en germinados de chíca (*Salvia hispánica* L.) a 25 °C en ausencia de luz; aunque estos resultados son discordantes con los reportados por Chaparro *et al.* (2010), quien en la germinación de semillas de quinua en condiciones de oscuridad total a una humedad relativa entre 55-83 % y temperatura entre 19-28 °C durante tres días, no mejoró la concentración de proteína en los dos y tres días (14.77 y 14.68 %), los cuales fueron estadísticamente iguales a la proteína cruda de las semillas sin germinar (14.76 %); incluso en el primer día de germinación encontró un descenso significativo en el contenido de proteína (14.15 %); sin embargo, cabe resaltar que el contenido de proteína bruta reportado por este autor es superior al encontrado en este trabajo de investigación.

Los valores del contenido de proteína bruta en los germinados de 48 horas se encuentran dentro del rango reportado por Valenzuela *et al.* (2015), quienes encontraron en la variedad Salcedo INIA, Pasankalla y Negra Collana después de ocho horas de remojo y germinación durante 48 horas a 20 °C; 12.05, 11.16, y 14.50 % de proteína cruda, respectivamente.

La cantidad de proteína bruta en la semilla sin germinar es inferior al reportado por Vargas *et al.* (2013), quien encontró entre 12.6 y 18.2 % de proteína en 20 genotipos de quinua; de igual forma al señalado por la FAO (2011), que reporta que el contenido de proteína de la quinua varía entre 13.81 y 21.9 %; por Silvina *et al.* (2015), que encontraron en promedio 16.8 % de proteína en 21 variedades de quinua y por el reporte de Medina y Abburra (2013) (14.70 % de proteína total); sin embargo, es superior al reportado por González y Prado (2015) quienes encontraron 11.0 % de proteína en la quinua.

El bajo contenido de proteína encontrado en las semillas sin germinar se debe posiblemente a que permanecieron almacenadas durante tres años en condiciones poco adecuadas; este hecho es sustentado por Castellión (2008), quien muestra que luego del almacenamiento a 14 % de humedad relativa y temperatura ambiente, el contenido de proteínas solubles disminuye en la semilla; mientras que la conservación en banco de germoplasma a 6 % de humedad relativa y -20 °C mantienen más o menos estable el contenido de proteína. Asimismo encontró un aumento importante en los niveles de proteínas solubles en las semillas por efectos pre-germinativos; por lo que señala que las proteínas se mantienen insolubles durante el almacenamiento y que en las primeras etapas de la germinación incrementan su solubilidad, aunque ello no necesariamente lleva a valores altos de semillas germinadas.

### 3.3. FASE DE CONSERVACIÓN

#### 3.3.1. Peso de germinado (%)

**Tabla 3.25:** *Análisis de varianza de tres temperaturas de almacenamiento en el peso de germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) conservadas durante 15 días. Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Fuente de variación	G.L	SC	CM	FC	Pr>F	
Tratamientos	2	45.65	22.82	198.74	<0.0001	**
Error	6	0.69	0.11			
Total	8	46.34				
CV=8.01 %						

En la tabla 3.25 se muestra el análisis de varianza del peso de los germinados, el cual indica que existe diferencia altamente significativa en la conservación a diferentes temperaturas de las semillas germinadas de quinua.

**Tabla 3.26:** *Prueba de contraste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del peso de germinados de quinua conservadas durante 15 días a tres temperaturas (T). Huamanga-Ayacucho, 2016.*

T (°C)	Promedio (g)	Prueba de Tukey
8	6.93	a
5	4.34	b
18±2	1.42	c

En la prueba de contraste de Tukey de la tabla 3.26 se observa que a 8 °C se conserva el mayor peso de germinado (6.93 g), seguido de 5 °C con 4.34 g y el menor peso se obtuvo en la conservación a 18±2 °C con 1.42 g durante 15 días de almacenamiento de las semillas germinadas.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

1. Se seleccionaron 9 accesiones de quinua del Banco de Germoplasma del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal y una variedad comercial, por presentar los mejores resultados en el peso de 1 000 semillas, diámetro de semilla, espesor de semilla, menor contenido de saponina, porcentaje de germinación e índice de conversión que oscilan entre 2.87 y 3.40 g, 1.84 y 2.02 mm, 1.05 y 1.13 mm, -0.02 y -0.01, 85.33 y 95.33 % y de un índice de 0.77 y 0.93, respectivamente. Estas accesiones fueron: UNSCHLGBV60405**24**13, UNSCHLGBV60405**43**13, UNSCHLGBV60405**46**13, UNSCHLGBV60405**48**13, UNSCHLGBV60405**80**13, UNSCHLGBV60405**92**13, UNSCHLGBV60405**96**13, UNSCHLGBV60405**100**13, UNSCHLGBV60405**116**13 y la variedad comercial quinua Roja Pasankalla.
2. Las condiciones óptimas de producción de germinados de quinua es en oscuridad continua durante 72 horas por el mayor contenido de proteínas que presenta, por la aceptación de me gusta ligeramente a me gusta mucho por los jurados, con 92.3, 86.7 y 85.5 % para las propiedades sensoriales de sabor color y olor, respectivamente y por presentar la mayor longitud del eje embrionario (3.06 cm); además, para estas mismas condiciones la

accesión UNSCHLGBV60405**116**13 presenta el mayor porcentaje de germinación con 97.67 % y un índice de conversión de 0.95.

3. La temperatura de refrigeración 8 °C permite conservar los germinados de quinua en mejor estado y con menor pérdida de peso durante 15 días.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

1. Regenerar las accesiones de quinua del Germoplasma del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal por presentar porcentajes bajos de germinación.
2. Incluir las accesiones UNSCHLGBV60405**24**13, UNSCHLGBV60405**43**13, UNSCHLGBV60405**46**13, UNSCHLGBV60405**48**13, UNSCHLGBV60405-**80**13, UNSCHLGBV60405**92**13, UNSCHLGBV60405**96**13, UNSCHLGBV6-0405**100**13, UNSCHLGBV60405**116**13 en programas de fitomejoramiento para mejorar y aprovechar sus propiedades en la producción de germinados de quinua.
3. Promover el consumo de germinados de quinua por el mayor contenido de proteína bruta que presenta en comparación a las semilla sin germinar.



## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se muestra la evaluación de diferentes tipos de iluminación (luz continua, oscuridad continua y 12 horas luz-12 horas oscuridad) y tiempos de germinación (24, 48 y 72 horas) en la producción de germinados de accesiones de quinua y la temperatura óptima para su conservación (5, 8 y  $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ ); para ello, se utilizaron semillas de quinua del Germoplasma Activo de Quinua del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal de la Escuela Profesional de Agronomía-UNSCH. El trabajo se dividió en tres fases; siendo la primera de selección, el cual permitió determinar las accesiones de quinua adecuadas para la producción de germinados mediante el análisis físico y fisiológico de las semillas. En la segunda fase de producción de germinados se determinó el tipo de iluminación y el tiempo de germinación óptimas para la producción de germinados de quinua y finalmente en la tercera fase de conservación, se determinó la temperatura óptima de conservación por 15 días de los germinados. Las fases de selección y conservación fueron conducidos bajo el diseño completamente randomizado (DCR); mientras que la fase de producción de germinados fue conducido bajo el diseño completamente randomizado (DCR) con arreglo factorial (10 accesiones seleccionadas  $\times$  3 tiempos de germinación  $\times$  3 tipos de iluminación).

En los resultados obtenidos se observan que existen diez accesiones con características adecuadas para la producción de germinados de quinua, que se

mantuvieron aún después de tres años de almacenamiento; asimismo, se observó que en la fase de producción de germinados de quinua, a excepción de los germinados producidos en 12 horas luz-12 horas oscuridad durante 24 y 48 horas, las semillas germinadas en los tres tipos de iluminación y tres tiempos de germinación incrementaron su contenido de proteína bruta en comparación a las semillas sin germinar, siendo superior para las producidas en oscuridad completa por 72 horas con 14.16 %; bajo estas mismas condiciones, para la accesión UNSCHLGBV6040511613 presenta el mayor porcentaje de germinación (97.67 %), la mayor longitud del eje embrionario (3.06 cm), con índice de conversión de 0.95 y aceptación de me gusta ligeramente a me gusta mucho por los jurados con 92.3, 86.7 y 85.5 % para las propiedades sensoriales de sabor, color y olor, respectivamente. Finalmente, se observó que la temperatura de 8 °C permite conservar los germinados de quinua en mejor estado y con menor pérdida de peso durante 15 días.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alfaro, E. (2013). *Establecimiento del banco regional de germoplasma y caracterización fenotípica de accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) Ayacucho*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Barrón, M. R., Villanueva, C., García, M. R., y Colinas, M. T. (2008). Valor nutricional y contenido de saponinas en germinados de huauzontle (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), calabacita (*Cucurbita pepo* L.), canola (*Brassica napus* L.) y amaranto (*Amaranthus leucocarpus* S. Watson syn. *hypochondriacus* L.). Disponible desde: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2009000500003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2009000500003&script=sci_arttext)> Acceso 16 de noviembre 2015.
- Bedón, M., Nolasco, O., Santa Cruz, C., y Gutiérrez, A. (2013). Purificación parcial y caracterización de alfa amilasa de granos germinados de *Chenopodium quinoa* (quinua). Disponible desde: <<http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/purificacion-parcial-y-caracterizacion-de-alfa-amilasa-de-granos-germinados-de-chenopodium-quinoa-quinua->>> Acceso 16 de noviembre 2015.
- Besnier, F. (1989). *Semillas. Biología y tecnología*. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- Boero, C., González, J. A., y Prado, F. E. (2000). Efecto de la temperatura sobre la germinación de diferentes variedades de "quinua" (*Chenopodium quinoa*

willd). Disponible desde: <<http://www.condesan.org/publicacion/libro14/cap3.15.htm>> Acceso 16 de noviembre 2015.

Botero, B. (2015). Los germinados como alimento excepcional y medicina natural. Disponible desde: <[https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi6zMDRpuDPAhXGGR4KHYX7DXoQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fs0555b5d7687d6318.jimcontent.com%2Fdownload%2Fversion%2F1442001098%2Fmodule%2F12876752829%2Fname%2FLOS%2520GERMINADOS%2520COMO%2520ALIMENTO%2520EXCEPCIONAL%2520Y%2520MEDICINA%2520NATURAL\\_3%2520Edicion\(1\).pdf&usg=AFQjCNFo0rXlZgsXyUlqeKq-h9fYkbuhIA&bvm=bv.135974163,d.eWE&cad=rja](https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi6zMDRpuDPAhXGGR4KHYX7DXoQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fs0555b5d7687d6318.jimcontent.com%2Fdownload%2Fversion%2F1442001098%2Fmodule%2F12876752829%2Fname%2FLOS%2520GERMINADOS%2520COMO%2520ALIMENTO%2520EXCEPCIONAL%2520Y%2520MEDICINA%2520NATURAL_3%2520Edicion(1).pdf&usg=AFQjCNFo0rXlZgsXyUlqeKq-h9fYkbuhIA&bvm=bv.135974163,d.eWE&cad=rja)> Acceso 16 de noviembre 2015.

Bravo, M., Reyna, J., Gómez, I., y Huapaya, H. (2013). Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y kiwicha (*Amarantus caudatus*). Disponible desde: <<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/6558>> Acceso 16 de noviembre 2015.

Buenrostro, R., Jiménez, V., y Martínez, E. (2016). Efecto de la germinación de semillas de chíca (*Salvia hispanica* L.) sobre su calidad nutrimental. Disponible desde: <<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/1/2.pdf>> Acceso 21 de junio 2016.

Castellón, M. L. (2008). *Procesos de deterioro y mecanismos de protección y reparación involucrados en la pérdida diferencial de la viabilidad durante el almacenamiento en semillas de Chenopodium quinoa Willd.* (Tesis doctoral). Disponible desde: [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_4272\\_Castellion.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_4272_Castellion.pdf).

Chancusig, S. (2013). *Incidencia de la harina de quinua (Chenopodium quinoa) en las propiedades nutricionales del fideo.* (Tesis de grado). Disponible desde: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2689>.

Chaparro, D. C., Pismag, R. Y., y Elizalde, A. (2011). Efecto de la germinación sobre el contenido de hierro y calcio en amaranto, quinua, guandul y so-

ya. Disponible desde: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612011000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612011000100007)> Acceso 20 de setiembre 2016.

Chaparro, D. C., Pismag, R. Y., Elizalde, A., Vivas, N. J., y Erazo, C. A. (2010). Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. Disponible desde: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612011000100005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612011000100005)> Acceso 20 de setiembre 2016.

Díaz, M., Martín, M. A., González, A., Torres, V., y Noda, A. (2011). Biotransformación de *Lablab purpureus* durante el proceso de germinación. Disponible desde: <<http://huajsapata.unap.edu.pe/ria/index.php/ria/article/view/109>> Acceso 06 de julio 2016.

Díaz, M. F., Torres, V., González, A., y Noda, A. (2004). Biotransformaciones en el germinado de *Vigna unguiculata*. Disponible desde: <<http://huajsapata.unap.edu.pe/ria/index.php/ria/article/view/109>> Acceso 06 de julio 2016.

FAO (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Disponible desde: <<http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/326239/>> Acceso 06 de julio 2016.

FAO (2014). Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Disponible desde: <<http://www.fao.org/agriculture/crops/mapa-tematica-del-sitio/theme/seeds-pgr/gbs/es/>> Acceso 23 de julio 2016.

García, F. J., Roselló, J., y Santamarina, P. (2006). *Introducción al funcionamiento de las plantas*. Valencia: Editorial de la UPV.

González, J. A. y Prado, F. E. (27 de abril de 2015). Quinoa: aspectos biológicos, propiedades nutricionales y otras consideraciones para su mejor aprovechamiento. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales* (5). Recuperado de <http://inta.gob.ar/documentos/ciencia-y-tecnologia-de-los-cultivos-industriales.-quinua-5>.

- INEN (1988). Quinua. determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina). Disponible desde: <<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1672.1988.pdf>> Acceso 22 de diciembre 2015.
- Jimenez, N. (09 de octubre de 2012). Determinación de la cantidad de aminoácidos y minerales en la quinua roja pasankalla. [Mensaje de Blog]. Recuperado de <http://germinadodequinua.blogspot.pe/2012/10/quinua.html>.
- Jiménez, P. L., Armada, M., y Gómez, S. E. (27 de abril de 2015). Propiedades físico-químicas, estructurales y de calidad en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad cica, con evaluación de la eficiencia de un proceso artesanal de escarificación en seco. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales* (5). Recuperado de <http://inta.gob.ar/documentos/ciencia-y-tecnologia-de-los-cultivos-industriales.-quinua-5>.
- Matilla, A. (2013). *Desarrollo y germinación de las semillas*. En Azcón, J. and Talón, M (Eds). Fundamentos de fisiología vegetal (2a ed, pp. 537-558). España: Editorial Mcgraw-Hill Interamericana.
- Medina, M. y Abburra, R. (2013). Caracterización del fruto y harina de *Chenopodium quinoa* variedad cica. Disponible desde: <<http://quinua.pe/wp-content/uploads/2015/09/P%C3%A1ginas-desdeINTA-Revista-Ciencia-y-Tecnologia-de-los-Cultivos-Industriales-Ano-3-No-5-Quinoa-11.pdf>> Acceso 13 de setiembre 2016.
- Peretti, A. (1994). *Manual para análisis de semillas*. (1a ed.). Buenos Aires: Editorial hemisferio sur.
- Pinto, M. y Rojas, W. (2013). *Descenso de la germinación de la semilla por grupos diferenciados en la colección de germoplasma de quinua de Bolivia*. En Vargas, M. (Ed). Congreso científico de la quinua (Memorias) (pp. 65-77). Bolivia: GrafikaLeal.
- Ponce, C., Torija, E., y Matallana, C. (2013). Utilidad en la alimentación de algunas semillas germinadas: brotes de soja y trigo. Disponible desde: <<http://historia.bio.ucm.es/rsehn/cont/publis/boletines/183.pdf>> Acceso 16 de noviembre 2015.

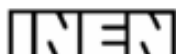
- Quiroga, C. y Escalera, R. (2010). Evaluación de la calidad nutricional y morfológica del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor.
- Ramos, C. y Villanueva, C. (1998). Producción de germinados de frijol mungo (*Vigna radiata*) y calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*). Disponible desde: <<http://biblat.unam.mx/pt/revista/revista-chapingo-serie-horticultura/articulo/produccion-de-germinados-de-frijol-mungo-vigna-radiata-y-calabaza-pipiana-cucurbita-argyrosperma>> Acceso 16 de noviembre 2015.
- Rivera, A. (2015). Caracterización sensorial y culinaria de germoplasma de judía grano (*Phaseolus vulgaris* L.) y aplicación a la mejora genética. Disponible desde: <<http://www.tesisenred.net/handle/10803/348263>> Acceso 12 de diciembre 2015.
- Sangronis, E., Torres, A., y Sanabria, N. (2006). alfa-galactósidos y fitatos en semillas germinadas de *Phaseolus vulgaris* y de *Vigna sinensis*. Disponible desde: <[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2006000400008](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000400008)> Acceso 25 de mayo 2016.
- Silvina, M., Bertero, H. D., y Pallaro, A. N. (27 de abril de 2015). Estudio de las propiedades nutricionales de 21 accesiones de quinua del noroeste argentino. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales* (5). Recuperado de <http://inta.gob.ar/documentos/ciencia-y-tecnologia-de-los-cultivos-industriales.-quinua-5>.
- Valenzuela, R. N., Mita, G., Zapana, F. E., Quilla, D., Miranda, R., y Mita, U. J. (2015). Efecto de la germinación y cocción en las proteínas nutricionales de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Disponible desde: <<http://huajsapata.unap.edu.pe/ria/index.php/ria/article/view/109>> Acceso 06 de julio 2016.
- Vargas, A., Bonifacio, A., y Rojas, W. (2013). *Mejoramiento para calidad industrial de la quinua*. En Vargas, M. (Ed). Congreso científico de la quinua (Memorias) (pp. 65-77). Bolivia: GrafikaLeal.

## ANEXO



# Anexo 1: Norma Técnica Ecuatoriana para la determinación del contenido de saponina por medio del método espumoso

CDU: 633.1



AG 05.04-317

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria</b>	<b>QUINUA. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAPONINAS POR MEDIO DEL MÉTODO ESPUMOSO (MÉTODO DE RUTINA)</b>	<b>INEN 1 672</b> 1988-04
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para la determinación del contenido de saponinas.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Este método se aplica a la quinua con contenido de saponinas comprendido entre 0,005% (0,2 cm) hasta 0,37 % (3,0 cm).</p> <p style="text-align: center;"><b>3. FUNDAMENTO</b></p> <p>3.1 Este método físico se basa en las propiedades tensoactivas de las saponinas. Cuando se disuelven en agua y se agiten, las saponinas dan una espuma estable, cuya altura puede correlacionarse con el contenido de saponinas en los granos.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. INSTRUMENTAL</b></p> <p><b>3.1 Materiales.</b></p> <p>3.1.1 Tubos de ensayo con tapones de rosca; L = 160 mm, Ø = 16 mm, SUL 15.</p> <p>3.1.2 Probeta de 10 cm<sup>3</sup></p> <p>3.1.3 Cronómetro (reloj)</p> <p>3.1.4 Balanza sensible al 0,01 g</p> <p>3.1.5 Regla sensible al 0,1 cm.</p> <p>3.1.6 Portatubos.</p> <p><b>3.2 Reactivos</b></p> <p>3.2.1 Agua destilada o agua de pureza equivalente.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

#### 4. PROCEDIMIENTO

- 4.1 Colocar  $0,50 \pm 0,02$  g de granos de quinua en un tubo de ensayo.
- 4.2 Añadir  $5,0 \text{ cm}^3$  de agua destilada y tapar el tubo. Poner en marcha el cronómetro y sacudir fuertemente el tubo durante 30 segundos.
- 4.3 Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos, luego sacudirlo otra vez durante 30 segundos.
- 4.4 Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos o más, luego sacudir otra vez durante 30 segundos. Dar al tubo una última sacudida fuerte.
- 4.5 Dejar el tubo en reposo durante 5 minutos, luego medir la altura de espuma con aproximación al 0,1 cm.

#### 5. CÁLCULOS

- 5.1 El contenido de saponinas de la quinua en grano, expresado en porcentaje, se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$Ps = \frac{(0,646 \times h) - 0,104}{m \times 10}$$

Siendo:

- Ps = el contenido de saponinas de la quinua, en porcentaje en masa;  
h = altura de espuma, en cm;  
m = masa de la muestra, en g.

#### 6. INFORME DE RESULTADOS

- 6.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de las determinaciones efectuadas por duplicado.
- 6.2 En el informe de resultados, debe indicarse el resultado obtenido. Además, debe mencionarse cualquier condición de operación no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influenciado sobre el resultado.
- 6.3 El informe incluirá todos los detalles necesarios para una completa identificación de la muestra.

(Continúa)

**APENDICE Z****Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Esta norma no requiere de otras para su aplicación,

**Z. 2 BASES DE ESTUDIO**

Centro Nestlé de Investigación y Desarrollo para América Latina, LATINRECO. S.A. *Determinación del contenido de saponinas en quinua por el método espumoso*, Quito, 1987.

## Anexo 2: Ficha de encuesta para evaluación sensorial de germinados de quinua

Nombre: ..... Fecha: .....  
**Producto:** GERMINADOS DE QUINUA

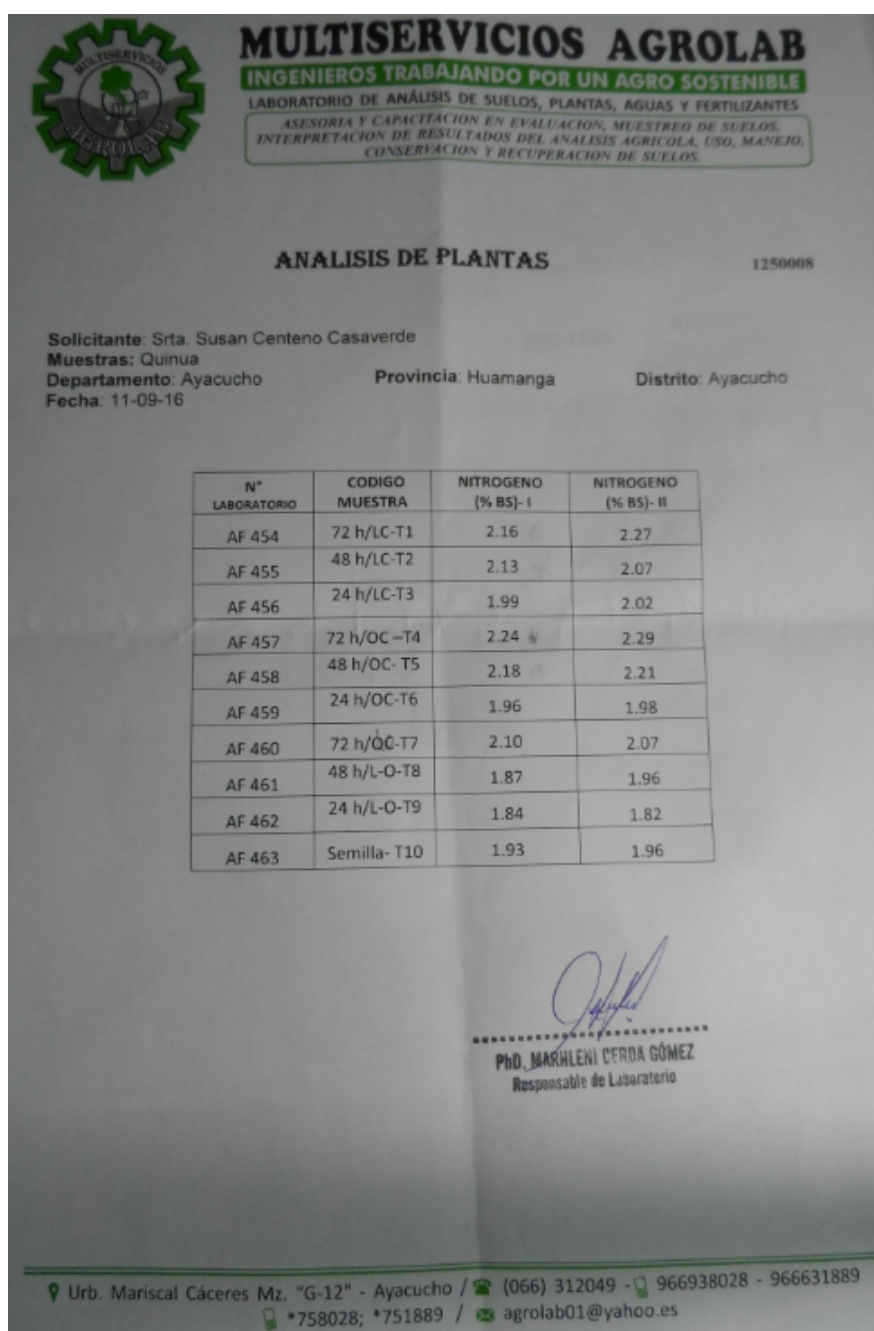
Pruebe, huela y observe cada muestra desplazándose de izquierda a derecha como aparece en la ficha. Escriba la puntuación que indique su opinión acerca de cada muestra en la respectiva propiedad sensorial

	3500	9512	9421	8389	8261	6386	6224	5438	3831
Sabor									
Olor									
Color									

Escala	Puntuación
Me gusta mucho	1
Me gusta	2
Me gusta ligeramente	3
Ni me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta ligeramente	5
Me disgusta	6
Me disgusta mucho	7

¡Muchas Gracias!

### Anexo 3: Resultados del contenido de nitrógeno



**Figura 4.1:** Resultados del contenido de nitrógeno de germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) producidas en tres tipos de iluminación y tres tiempos de germinación. Huamanga-Ayacucho, 2016.

## Anexo 4: Promedio generales de las variables evaluadas

### Fase de selección

**Tabla A.1:** Promedios generales de las variables evaluadas en la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	P 1000 S	PH	DS	ES	CS	PG	IC	T	P 1000 S	PH	DS	ES	CS	PG	IC
T1	94.93	3.13	681.40	1.96	1.01	0.13	81.00	T50	95.23	1.83	660.10	1.56	0.94	-0.02	63.33
T2	91.63	3.13	665.37	1.90	1.09	0.01	59.00	T51	94.13	2.63	682.44	1.87	0.92	0.05	39.67
T3	97.23	2.60	777.99	1.86	0.96	0.08	55.33	T52	97.03	3.10	674.65	1.96	1.02	0.10	70.33
T4	96.23	3.23	635.01	1.93	0.98	0.05	49.67	T53	97.47	2.50	676.31	1.87	1.06	0.41	54.33
T5	98.57	3.10	686.21	1.97	1.04	0.06	84.00	T54	98.97	2.47	651.86	1.77	1.06	0.06	57.33
T6	99.63	3.27	697.30	1.99	0.97	0.04	92.33	T55	95.80	2.97	681.58	2.01	1.03	0.11	71.00
T7	97.63	2.63	674.49	1.87	0.96	0.04	38.00	T56	96.33	2.03	654.37	1.70	1.02	0.01	47.33
T8	95.47	2.40	656.42	1.54	0.98	0.00	60.00	T57	95.03	2.57	651.38	1.88	1.07	0.04	59.00
T9	97.67	3.27	674.55	1.99	1.04	0.06	66.33	T58	96.93	2.67	705.19	1.80	0.99	0.02	72.00
T10	94.40	3.17	683.70	1.90	1.02	-0.02	63.67	T59	95.40	2.33	668.70	1.76	1.07	0.00	79.67
T11	98.20	3.03	694.96	1.88	1.04	-0.02	79.67	T60	96.50	2.53	706.35	1.87	0.93	0.50	81.33
T12	99.13	3.27	692.21	1.87	0.94	0.10	90.33	T61	96.77	1.97	671.64	1.59	0.98	0.01	79.00
T13	99.43	3.30	673.31	1.87	1.08	-0.01	84.33	T62	95.77	2.70	715.31	1.88	0.98	0.05	66.67
T14	96.70	3.30	688.38	1.92	1.05	-0.02	79.00	T63	97.43	3.37	701.42	1.99	1.11	-0.02	91.33
T15	96.50	2.37	652.99	1.89	0.96	0.04	30.00	T64	92.53	2.63	691.60	1.80	0.97	0.06	47.00
T16	98.70	2.77	629.08	1.79	0.98	-0.02	52.67	T65	96.00	2.40	740.28	1.91	0.94	0.41	72.67
T17	95.70	2.83	672.20	1.95	1.06	0.00	75.67	T66	97.40	2.73	689.00	1.92	1.15	-0.02	58.33
T18	92.80	2.43	645.69	1.76	1.04	0.04	43.00	T67	96.23	2.77	694.04	1.91	1.03	0.03	79.33
T19	97.10	2.87	689.54	1.84	1.05	-0.02	89.00	T68	99.67	2.67	661.27	1.83	1.07	0.01	38.00
T20	98.47	2.17	665.47	1.81	1.06	0.04	51.33	T69	97.77	3.40	703.49	2.02	0.99	0.03	87.00
T21	96.07	2.87	686.19	1.84	0.98	0.03	67.00	T70	96.57	2.63	710.21	1.91	0.90	0.43	78.67
T22	93.03	2.90	640.80	1.76	1.00	0.00	62.67	T71	98.40	3.27	703.94	1.97	1.13	-0.02	86.33
T23	95.27	2.77	671.35	1.80	0.94	0.03	78.33	T72	97.87	3.23	698.86	1.97	1.10	0.05	72.67
T24	93.13	2.70	697.16	1.88	0.96	0.03	66.67	T73	97.53	3.37	699.86	1.98	1.10	-0.02	88.67
T25	98.93	3.53	665.61	1.95	0.99	0.07	61.00	T74	93.07	3.17	701.26	1.97	1.09	0.02	6.00
T26	95.43	2.77	690.58	1.81	0.93	0.03	51.67	T75	95.37	2.37	702.72	1.79	0.92	0.02	81.33

<b>T27</b>	97.00	3.10	680.01	1.89	1.04	0.01	67.00	<b>T76</b>	97.80	3.13	714.90	1.90	1.11	-0.02	90.67
<b>T28</b>	96.03	2.47	834.04	1.67	0.92	0.46	48.67	<b>T77</b>	92.70	1.73	664.79	1.56	0.95	0.02	38.00
<b>T29</b>	96.03	2.63	734.52	1.77	1.02	0.16	58.67	<b>T78</b>	97.57	3.17	826.88	1.98	1.02	0.07	73.00
<b>T30</b>	97.10	3.30	643.63	1.93	1.04	0.10	51.00	<b>T79</b>	96.40	3.28	721.92	2.02	1.09	-0.02	95.33
<b>T31</b>	92.27	1.70	587.02	1.58	0.97	0.09	16.67	<b>T80</b>	98.90	2.73	635.95	1.93	1.01	0.02	77.67
<b>T32</b>	92.73	3.00	699.82	1.86	1.07	-0.02	85.67	<b>T81</b>	97.13	2.57	725.60	1.85	0.97	0.03	36.67
<b>T33</b>	97.93	2.97	790.27	1.93	1.00	0.08	80.00	<b>T82</b>	97.70	2.90	703.63	1.91	1.02	0.11	83.33
<b>T34</b>	96.07	2.43	709.10	1.86	0.97	0.04	88.67	<b>T83</b>	98.17	3.33	676.34	1.94	1.02	0.09	69.67
<b>T35</b>	99.03	3.40	694.19	2.00	1.13	-0.02	87.33	<b>T84</b>	96.07	2.63	718.78	1.86	0.91	0.01	56.33
<b>T36</b>	97.63	3.23	660.85	1.90	1.07	-0.02	89.67	<b>T85</b>	97.07	1.90	684.95	1.60	0.97	-0.02	75.33
<b>T37</b>	98.63	2.90	655.91	1.94	0.96	0.11	86.00	<b>T86</b>	97.73	3.10	711.45	1.96	0.98	0.06	67.67
<b>T38</b>	93.73	3.30	701.76	1.95	1.09	0.00	82.33	<b>T87</b>	94.60	2.43	693.81	1.83	1.00	0.04	79.33
<b>T39</b>	95.27	2.33	678.02	1.84	0.96	0.08	73.33	<b>T88</b>	98.90	2.60	683.60	1.93	0.99	0.42	66.00
<b>T40</b>	95.70	2.57	674.04	1.89	1.02	0.20	44.67	<b>T89</b>	97.70	2.57	715.78	1.93	1.02	0.04	89.00
<b>T41</b>	94.10	1.77	734.13	1.52	0.99	-0.02	43.00	<b>T90</b>	97.63	3.17	705.51	2.00	1.01	0.07	87.67
<b>T42</b>	96.67	2.77	671.40	1.90	0.99	0.04	64.33	<b>T91</b>	95.80	2.73	728.23	1.88	0.98	0.02	73.00
<b>T43</b>	96.30	2.13	619.08	1.60	0.99	0.03	46.67	<b>T92</b>	93.83	2.63	717.24	1.75	0.91	0.41	68.67
<b>T44</b>	94.07	2.80	700.90	1.92	1.01	0.04	56.67	<b>T94</b>	93.80	2.53	687.52	1.83	0.96	0.26	65.00
<b>T45</b>	95.97	2.83	692.00	1.94	1.01	0.13	73.00	<b>T95</b>	96.20	2.40	712.19	1.85	0.86	0.06	69.33
<b>T46</b>	95.87	3.47	710.56	1.96	1.02	0.14	82.00	<b>T96</b>	96.87	2.43	685.78	1.78	0.93	0.29	71.00
<b>T47</b>	97.43	3.10	639.00	1.94	1.04	0.13	88.00	<b>T97</b>	99.40	3.93	681.39	2.04	1.03	0.01	95.33
<b>T48</b>	96.37	3.00	672.81	1.98	0.99	0.07	64.33	<b>T98</b>	98.40	2.23	635.60	1.78	0.98	0.01	92.67
<b>T49</b>	97.13	2.63	670.31	1.87	0.96	0.03	53.33								

Nota: P 1 000 S: Peso de 1 000 semillas, PH: Peso hectolítico, DS: Diámetro de semilla, ES: Espesor de semilla, CS: Contenido de saponina, PG: Porcentaje de germinación, IC: Índice de conversión.

## Fase de producción de germinados

**Tabla A.2:** Promedios generales de las variables evaluadas en la fase de producción de germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*). Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	PG	IC	LEE	T	PG	IC	LEE	T	PG	IC	LEE	T	PG	IC	LEE
<b>T1</b>	85.67	0.8267	0.60	<b>T24</b>	90.67	0.9028	2.07	<b>T47</b>	92.67	0.9299	1.49	<b>T70</b>	90.00	0.8553	0.30
<b>T2</b>	94.33	0.9192	1.69	<b>T25</b>	94.00	0.9311	0.61	<b>T48</b>	94.00	0.9103	2.96	<b>T71</b>	92.33	0.9240	1.27
<b>T3</b>	90.33	0.8763	3.46	<b>T26</b>	97.00	0.9400	1.85	<b>T49</b>	9.67	0.0850	0.16	<b>T72</b>	93.33	0.9711	3.25
<b>T4</b>	19.67	0.2058	0.19	<b>T27</b>	92.00	0.9296	3.13	<b>T50</b>	89.33	0.8652	0.64	<b>T73</b>	92.33	0.9243	0.43
<b>T5</b>	88.33	0.8468	0.80	<b>T28</b>	81.00	0.8102	0.55	<b>T51</b>	93.33	0.9038	1.82	<b>T74</b>	98.33	0.9720	1.71
<b>T6</b>	91.00	0.8844	1.97	<b>T29</b>	85.33	0.8573	1.73	<b>T52</b>	89.33	0.8331	0.33	<b>T75</b>	97.00	0.8870	3.46
<b>T7</b>	88.67	0.8641	0.49	<b>T30</b>	88.00	0.8393	3.05	<b>T53</b>	92.00	0.9144	1.19	<b>T76</b>	22.33	0.2343	0.17
<b>T8</b>	95.00	0.8980	1.77	<b>T31</b>	58.33	0.5663	0.23	<b>T54</b>	91.67	0.9697	2.58	<b>T77</b>	95.00	0.9521	0.65
<b>T9</b>	91.67	0.9065	3.61	<b>T32</b>	81.67	0.7958	0.89	<b>T55</b>	88.67	0.8859	0.47	<b>T78</b>	96.67	0.9737	1.78
<b>T10</b>	85.67	0.8838	0.53	<b>T33</b>	84.00	0.8052	2.31	<b>T56</b>	92.33	0.8981	1.68	<b>T79</b>	95.67	0.9616	0.29
<b>T11</b>	93.67	0.8796	1.62	<b>T34</b>	80.67	0.8229	0.66	<b>T57</b>	94.33	0.8764	3.05	<b>T80</b>	97.33	0.9807	1.23
<b>T12</b>	91.00	0.9032	3.29	<b>T35</b>	83.00	0.8144	1.78	<b>T58</b>	51.00	0.4701	0.21	<b>T81</b>	97.67	0.9454	2.74
<b>T13</b>	27.67	0.2923	0.19	<b>T36</b>	84.00	0.8456	3.16	<b>T59</b>	91.67	0.8770	1.01	<b>T82</b>	90.67	0.9009	0.56
<b>T14</b>	92.00	0.8944	0.84	<b>T37</b>	94.67	0.9599	0.57	<b>T60</b>	94.00	0.9120	1.74	<b>T83</b>	91.00	0.8840	1.68
<b>T15</b>	90.00	0.9182	2.03	<b>T38</b>	97.67	0.9691	1.46	<b>T61</b>	93.33	0.9048	0.43	<b>T84</b>	92.33	0.8835	3.41
<b>T16</b>	91.00	0.9100	0.51	<b>T39</b>	97.33	0.9134	3.10	<b>T62</b>	95.33	0.9330	1.60	<b>T85</b>	55.33	0.5414	0.30
<b>T17</b>	93.00	0.9310	1.75	<b>T40</b>	53.33	0.5392	0.23	<b>T63</b>	97.33	0.9818	2.77	<b>T86</b>	92.00	0.8454	0.95
<b>T18</b>	90.33	0.9602	3.33	<b>T41</b>	93.33	0.9118	0.87	<b>T64</b>	91.67	0.9619	0.45	<b>T87</b>	91.67	0.9605	1.93
<b>T19</b>	88.67	0.8711	0.57	<b>T42</b>	97.33	0.9602	1.91	<b>T65</b>	93.33	0.9167	1.42	<b>T88</b>	91.00	0.8957	0.59
<b>T20</b>	93.67	0.9397	1.64	<b>T43</b>	95.00	0.9605	0.56	<b>T66</b>	95.00	0.8889	3.19	<b>T89</b>	89.67	0.9230	1.83
<b>T21</b>	96.00	0.8761	4.19	<b>T44</b>	98.00	0.9706	1.21	<b>T67</b>	20.33	0.2064	0.19	<b>T90</b>	92.00	0.9804	3.34
<b>T22</b>	63.33	0.6836	0.25	<b>T45</b>	97.00	1.0000	2.71	<b>T68</b>	92.67	0.9062	0.75				
<b>T23</b>	90.67	0.8627	0.91	<b>T46</b>	82.00	0.8908	0.37	<b>T69</b>	95.33	0.8864	1.61				

Nota: PG: Porcentaje de germinación, IC: Índice de conversión, LEE: Longitud del eje embrionario.



**Tabla A.3:** Puntajes de la primera evaluación sensorial del sabor (S), olor (O) y color (C) de diferentes platillos con germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*). Huamanga-Ayacucho, 2 016.

Jurado	Platillo	S	O	C	Jurado	Platillo	S	O	C
1	CGBQ	2	2	1	1	BBQ	3	2	2
2	CGBQ	2	4	3	2	BBQ	2	3	1
3	CGBQ	1	2	2	3	BBQ	2	2	2
4	CGBQ	2	1	1	4	BBQ	2	2	1
5	CGBQ	2	4	2	5	BBQ	2	3	2
6	CGBQ	3	2	2	6	BBQ	1	1	1
7	CGBQ	2	3	2	7	BBQ	1	3	3
8	CGBQ	2	2	1	8	BBQ	2	3	2
9	CGBQ	3	5	3	9	BBQ	3	5	2
10	CGBQ	2	2	1	10	BBQ	1	2	1
1	REBQ	2	3	3	1	CCYEBQ	1	3	2
2	REBQ	1	3	2	2	CCYEBQ	4	5	1
3	REBQ	3	3	3	3	CCYEBQ	3	2	2
4	REBQ	1	2	3	4	CCYEBQ	1	2	1
5	REBQ	3	2	2	5	CCYEBQ	3	4	2
6	REBQ	1	3	1	6	CCYEBQ	2	2	1
7	REBQ	3	3	4	7	CCYEBQ	1	3	3
8	REBQ	2	4	3	8	CCYEBQ	4	4	2
9	REBQ	5	5	4	9	CCYEBQ	2	1	1
10	REBQ	5	5	5	10	CCYEBQ	1	4	1

Nota: CGBQ: croquetas de garbanzón con brotes de quinua, REBQ: rollitos de espinaca y brotes de quinua, BBQ: brusquetas con brotes de quinua, CCYEBQ: causitas crocantes de yuca en escabechado de brotes de quinua.

**Tabla A.4:** Puntajes de la segunda evaluación sensorial del sabor (S), olor (O) y color (C) de germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) producidas en tres tipos de iluminación (TI) y tres tiempos de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2 016.

Jurado	TI	TG	S	O	C	Jurado	TI	TG	S	O	C
1	LC	24	3	3	4	6	LC	24	2	2	1
1	LC	48	3	3	4	6	LC	48	1	1	1
1	LC	72	1	3	4	6	LC	72	1	1	1
1	OC	24	3	3	4	6	OC	24	1	1	1
1	OC	48	2	3	4	6	OC	48	2	2	2
1	OC	72	1	3	4	6	OC	72	1	1	1
1	12HL-12HO	24	3	3	4	6	12HL-12HO	24	3	2	3
1	12HL-12HO	48	3	3	4	6	12HL-12HO	48	2	2	2
1	12HL-12HO	72	2	3	4	6	12HL-12HO	72	1	1	1
2	LC	24	5	4	3	7	LC	24	1	4	2
2	LC	48	3	3	2	7	LC	48	1	4	2
2	LC	72	3	3	2	7	LC	72	1	2	1
2	OC	24	3	4	4	7	OC	24	1	4	1
2	OC	48	4	4	3	7	OC	48	1	4	2
2	OC	72	3	3	4	7	OC	72	1	3	2
2	12HL-12HO	24	4	4	4	7	12HL-12HO	24	1	4	2
2	12HL-12HO	48	5	3	2	7	12HL-12HO	48	1	4	2
2	12HL-12HO	72	3	4	2	7	12HL-12HO	72	1	3	1
3	LC	24	2	3	2	8	LC	24	2	2	2
3	LC	48	2	3	3	8	LC	48	2	2	2
3	LC	72	4	2	3	8	LC	72	1	2	2
3	OC	24	3	3	4	8	OC	24	3	3	2
3	OC	48	2	2	2	8	OC	48	3	2	2
3	OC	72	2	2	1	8	OC	72	2	2	2
3	12HL-12HO	24	2	2	2	8	12HL-12HO	24	3	2	3
3	12HL-12HO	48	3	2	3	8	12HL-12HO	48	1	2	2
3	12HL-12HO	72	1	3	4	8	12HL-12HO	72	3	2	2
4	LC	24	3	2	2	9	LC	24	3	2	2
4	LC	48	2	2	2	9	LC	48	1	2	2
4	LC	72	1	2	2	9	LC	72	1	2	2
4	OC	24	2	2	2	9	OC	24	2	2	2
4	OC	48	2	2	2	9	OC	48	2	2	2
4	OC	72	3	2	3	9	OC	72	1	2	2
4	12HL-12HO	24	2	2	2	9	12HL-12HO	24	2	2	2
4	12HL-12HO	48	3	2	3	9	12HL-12HO	48	1	2	2
4	12HL-12HO	72	1	2	3	9	12HL-12HO	72	2	2	2
5	LC	24	2	1	2	10	LC	24	2	4	4
5	LC	48	2	1	2	10	LC	48	3	3	2
5	LC	72	1	1	2	10	LC	72	2	3	2
5	OC	24	1	1	2	10	OC	24	4	3	2
5	OC	48	1	1	2	10	OC	48	3	3	2
5	OC	72	2	1	2	10	OC	72	3	2	3
5	12HL-12HO	24	1	1	2	10	12HL-12HO	24	1	2	2
5	12HL-12HO	48	1	1	2	10	12HL-12HO	48	4	2	2
5	12HL-12HO	72	1	1	1	10	12HL-12HO	72	2	3	1

Nota: TG (horas) .

## Fase de conservación

**Tabla A.5:** *Promedios generales de las variables evaluadas en la fase de conservación de germinados de quinua (Chenopodium quinoa). Huamanga-Ayacucho, 2 016.*

T	Peso inicial (g)	Peso final (g)
T1	8.77	4.34
T2	8.75	6.93
T3	8.74	1.42

## Anexo 5: Platos con germinados de quinua

### Croquetas de garbanzón con brotes de quinua



Ingredientes	Cantidad
Garbanzos secos	125 g
Cebolla	50 g
Ajos (picado)	1 cda
Perejil (picado)	1 cda
Culantro (picado)	1/4 cda
Polvo de hornear	0.5 cda
Comino	0.5 cda
Pimienta de cayena	1/4 cda
Sal	c.s
Aceite para freír	c.s
Brotes de quinua	10 g
Mayonesa	100 ml
Ketchup	75 ml

**Preparación:** remojar el garbanzo un día antes, molerlos y mezclar con la cebolla picada, ajos, perejil, culantro, comino, pimienta de cayena, brotes de quinua y polvo de hornear; amasar y darle la forma de croquetas, reposar en frío por una hora y luego freirlas en abundante aceite.

### Rollitos de espinaca y brotes de quinua



Ingredientes	Cantidad
Queso filadelfia	100 g
Tocino frito y triturado	100 g
Cebolla blanca salteada	25 g
Espinacas cocidas	200 g
Mayonesa	50 ml
Pan pulman	5 tajadas
Brotes de quinua	10 g

**Preparación:** estirar el pan pulman con rodillo; blanquear las espinacas y escurrir, luego mezclar con tocino frito, cebolla blanca, brotes de quinua, queso crema y mayonesa. Finalmente rellenar al pan y armar el enrollado.

### Brusquetas con brotes de quinua



Ingredientes	Cantidad
Pan baguette	1 und
Tomate maduro	3 und
Queso mozzarella	100 g
Orégano seco	5 g
Jamón inglés	200 g
Brotes de quinua	20 g
Aceite de oliva	50 ml

**Preparación:** cortar en sesgos el pan baguette, rellenar con tomates, jamón, mozzarella y brotes de quinua; luego rociar con aceite de oliva y llevar a gratinar al horno por tres minutos a 175 °C.

### Causitas crocantes de yuca en escabechado de brotes de quinua



Ingredientes	Cantidad
Yuca amarilla	200 g
Ají amarillo en pasta	2 cdas
Limón	1 und
Aceite	1 cda
Harina	100 g
Huevo	2 und
Panco	100 g
Cebolla mediana	0.5 und
Vinagre	1 cda
Brotes de quinua	30 g
Orégano seco	cs
Aceite	500 ml

**Preparación de causa crocante:** sancochar la yuca y pasar por el prensador, condimentar con pasta de ají amarillo, jugo de limón, sal y pimienta; darle forma y pasarlo por el huevo, harina y panco; finalmente freír en abundante aceite.

**Preparación de escabechado de brotes:** sofreír pasta de ajía amarillo, adicionar las cebollas, brotes de quinua; saltear y adicionar vinagre y orégano, dar un hervor y servir sobre la causa crocante.

## Anexo 6. Panel fotográfico